

# **UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA.**

**Carrera de Ingeniería Mecánica.**

**“ESTUDIO PARA LA CONSTRUCCIÓN, ADECUACIÓN E  
IMPLEMENTACIÓN DE UNA PLANTA PARA LA  
PRODUCCIÓN DE PREFABRICADOS DE HORMIGÓN DE LA  
EMPRESA CAZAL.”**

**TESIS DE GRADO PREVIO A LA  
OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO MECÁNICO.**

**AUTORES:**

**CHICAIZA MACHUCA DIEGO FERNANDO.**

**[\(dchicaiza.raster@gmail.com\)](mailto:dchicaiza.raster@gmail.com)**

**NASPUD VÁZQUEZ REMIGIO HOMERO.**

**[\(homeronaspud@gmail.com\)](mailto:homeronaspud@gmail.com)**

**DIRECTOR:**

**ING. NELSON JARA.**

**[njara@ups.edu.ec](mailto:njara@ups.edu.ec)**

**Cuenca, Mayo del 2013.**

## **DECLARACIÓN.**

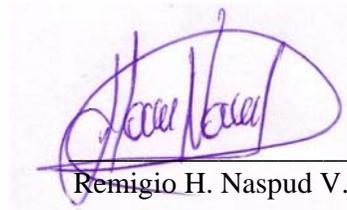
Diego Fernando Chicaiza Machuca y Remigio Homero Naspud Vázquez, declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración sedemos nuestros derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Universidad Politécnica Salesiana, según lo establecido por la Ley de la Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.

Cuenca, Mayo 15 de 2013.



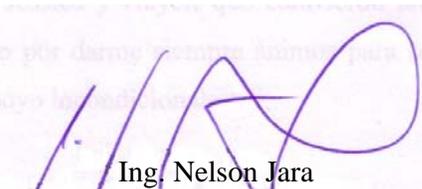
Diego F. Chicaiza M.



Remigio H. Naspud V.

## **CERTIFICACIÓN.**

Certifico que el presente trabajo fue realizado por Diego Fernando Chicaiza Machuca y Remigio Homero Naspud Vázquez, bajo mi supervisión.



Ing. Nelson Jara  
**DIRECTOR DEL PROYECTO**

## **DEDICATORIA.**

Dedico este trabajo a Dios por brindarme de sabiduría y paciencia en los momentos más difíciles. A mi madre por ser la persona que con su cariño y paciencia me ha brindado la fortaleza para seguir adelante con mis proyectos. A mi padre ya que sin sus palabras y valiosa ayuda este trabajo nunca hubiera visto la luz, nunca lo olvidare. A mis hermanas Jessica y Nayeli que estuvieron ahí para brindarme su apoyo. A mi primo Claudio por darme siempre ánimos para seguir adelante. A mi familia en general por su apoyo incondicional.

En especial esta tesis la dedico a mi esposa que me ha acompañado y apoyado siempre para convertirme en un profesional y también todo este trabajo es dedicado para mis hijos Fernanda y Sebastián que son la razón para seguir adelante.

*Diego*

## **DEDICATORIA.**

Con infinito amor dedico la realización de esta obra a mi mami Blanquita Vázquez, de quien todos los días recibo sus bendiciones y su apoyo aún en aquellos momentos cuando no soy el hijo ejemplar que intento ser para que se sienta orgullosa de mi, gracias por nunca dejar de creer en mi y empujarme siempre a seguir mis sueños y enseñarme que no existe nada imposible. Por todos esos momentos que me supiste escuchar, por animarme cuando estuve perdido, por hacerme sentir que mientras este a tu lado nunca estaré solo, por tu paciencia cuando te fallaba y por tu infinito amor que te hacen una gran madre, este trabajo es para ti.

Tu hijo:

*Homero*

## **AGRADECIMIENTOS.**

Primeramente agradezco a Dios y al Niño de Praga por cuidarme y haberme dado las fuerzas para seguir adelante en esta etapa de mi vida.

Agradezco de todo corazón a mi padre y madre por el apoyo brindado en los momentos difíciles.

A mi esposa Priscila, que durante todos estos años de carrera me ha sabido entender y apoyarme a nunca renunciar, gracias por su amor y ayuda en este trabajo.

A mi compañero y amigo Homero gracias por confiar y nunca desmayar en este proyecto el cual lo desarrollamos con todo el sacrificio y dedicación.

A mi prima Jenny por su apoyo generoso y desinteresado que me brindo para la mejor ejecución de este proyecto.

A mis amigos con quienes compartí grandes experiencias de la vida universitaria en las cuales estuvimos en las buenas y las malas por siempre gracias.

Al Ing. Nelson Jara por toda la colaboración prestada para la elaboración de este trabajo de tesis.

A la Arq. María Elena Zalamea porque con cada una de sus aportaciones hicieron posible el mejor desarrollo de este proyecto.

Finalmente siempre estaré agradecido al Ing. Fernando Zalamea por confiar en mí para de desarrollar esta tesis en sus instalaciones

***Diego.***

## **AGRADECIMIENTOS.**

Agradezco infinitamente y de todo corazón...

A Dios por otorgarme la paciencia, la sabiduría y la fortaleza para cada día esforzarme y ser un hombre de bien.

A mi mami Blanca por los valores inculcados en mi desde pequeño los cuales me sirvieron para llegar hoy donde estoy.

A mi papá Homero por apoyarme incondicionalmente durante toda mi vida universitaria y brindarme siempre todo su apoyo.

A mis hermanos Fernando, Patricio y Cristian por ser un gran apoyo moral y emocional, por estar siempre a mi lado y porque juntos hemos pasado los mejores momentos de mi vida.

A mi compañero de tesis y amigo Diego y a toda su familia por abrirme las puertas de su casa para la realización de este trabajo y brindarme momentos inolvidables de trabajo y amistad.

A mí enamorada Dianita porque siempre con tu amor me supiste entender y apoyar cuando más lo necesitaba.

Al Ing. Nelson Jara por todos sus conocimientos y apoyo brindados durante este trabajo.

Al Ing. Fernando Zalamea por abrirnos las puertas de su prestigiosa empresa ya que sin su ayuda no habiéramos llegado a nuestra meta.

A la Arquitecta María Elena Zalamea por su gran ayuda para la finalización de nuestro trabajo.

A todos mis amigos que siempre me apoyaron y me dieron grandes momentos, compartiendo la dicha de ser estudiante, viviendo y compartiendo recuerdos que siempre los atesoraré.

Finalmente a toda mi familia y cada una de las personas que de alguna manera estuvieron presentes para brindarme una manito y darme su confianza.

***Homero***

## **ÍNDICE.**

<b><u>CAPÍTULO 1. SITUACIÓN ACTUAL DE LA PRODUCCIÓN DE PREFABRICADOS Y SU PROCESO DE PRODUCCIÓN.....</u></b>	<b><u>1</u></b>
<b>1.1 ANÁLISIS GENERAL DE LA EMPRESA. ....</b>	<b>1</b>
1.1.1 ANTECEDENTES .....	1
1.1.2 DESCRIPCIÓN DE LA PLANTA. ....	1
1.1.2.1 UBICACIÓN.....	1
1.1.2.2 DISTRIBUCIÓN DE LAS ZONAS DE TRABAJO.....	2
1.1.2.3 CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN.....	7
1.1.2.4 MATERIA PRIMAS .....	7
1.1.2.5 MANO DE OBRA.....	12
1.1.2.6 MAQUINARIA Y EQUIPO.....	14
1.1.2.7 ASPECTOS QUE INTERVIENEN EN LA PRODUCCIÓN .....	18
1.1.3 DESCRIPCIÓN DE LOS PRODUCTOS ELABORADOS .....	21
1.1.3.1 LOSETAS PREFABRICADAS .....	21
1.1.3.2 PAREDES PREFABRICADAS.....	25
1.1.3.3 PRECIOS DE CONSTRUCCIÓN CON PREFABRICADOS.....	27
<b>1.2 INFORMACIÓN DEL PROCESO.....</b>	<b>28</b>
1.2.1 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO.....	28
1.2.1.1 MEZCLADO .....	28
1.2.1.2 MOLDEADO. ....	29
1.2.1.3 CURADO .....	30
1.2.1.4 ALMACENADO.....	31
1.2.2 DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO .....	31
1.2.2.1 DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DE MEZCLADO .....	36
1.2.2.2 DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO DEL MOLDEADO Y SECADO .....	37
1.2.2.3 DIAGRAMA DE PROCESO DE LA SECCIÓN DE CURADO Y ALMACENADO. ....	40
1.2.3 DIAGRAMA DE RECORRIDO PARA LA ELABORACIÓN DE PREFABRICADOS .....	41
1.2.3.1 ANÁLISIS DE RECORRIDOS. ....	42
<b>1.3 CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO.....</b>	<b>43</b>

## **CAPÍTULO 2. DISEÑO DE LA NUEVA PROPUESTA DE LA NAVE PARA LA EMPRESA. 45**

<b>2.1</b>	<b>CONSIDERACIONES DE DISEÑO .....</b>	<b>45</b>
2.1.1	DIAGRAMA DE RECORRIDOS PARA LA PROPUESTA DE MEJORAMIENTO.....	45
2.1.2	ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS.....	48
<b>2.2</b>	<b>PARÁMETROS DE DISEÑO .....</b>	<b>48</b>
2.2.1	ÁREA QUE OCUPA LA NAVE INDUSTRIAL .....	49
2.2.2	GEOMETRÍA DEL PÓRTICO .....	49
2.2.3	FORRO METÁLICO PARA EL TECHO.....	51
2.2.4	RESUMEN DE LOS PARÁMETROS DE DISEÑO.....	52
<b>2.3</b>	<b>DETERMINACIÓN DE LAS CARGAS.....</b>	<b>52</b>
2.3.1	CARGAS VIVAS DE CUBIERTA ( $L_R$ ).....	53
2.3.2	CARGA MUERTA (D) .....	54
2.3.3	CARGAS POR VIENTO (E).....	56
2.3.4	CARGA DE SISMO (E) .....	59
2.3.5	CARGAS DEL PUENTE GRÚA ( $C_{PG}$ ).....	65
2.3.6	COMBINACIONES DE CARGA PARA EL DISEÑO DEL PÓRTICO .....	66
2.3.7	REPRESENTACIÓN DE CARGAS EN EL SAP 2000.....	66
2.3.8	COMBINACIONES DE CARGA EN EL SAP 2000.....	69
<b>2.4</b>	<b>DISEÑO DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES .....</b>	<b>72</b>
2.4.1	DISEÑO DE LAS CORREAS DEL TECHO .....	72
2.4.2	DISEÑO DEL PÓRTICO .....	75
2.4.2.1	DISEÑO DE LAS COLUMNAS PRINCIPALES .....	80
2.4.2.2	DISEÑO DE LAS COLUMNAS SECUNDARIAS.....	91
2.4.2.3	DISEÑO DE LA VIGA DE CUBIERTA.....	99
2.4.2.4	DISEÑO DE LA MENSULA PARA EL PUENTE GRUA.....	109
2.4.3	DISEÑO DE LOS ELEMENTOS COMPLEMENTARIOS.....	110
2.4.3.1	DISEÑO DE LA PLACA BASE.....	110
2.4.3.2	DISEÑO DE LOS PERNOS DE ANCLAJE.....	114
2.4.3.3	DISEÑO DE SOLDADURA.....	116
2.4.3.4	DISEÑO DE LAS ZAPATAS DE CIMENTACIÓN.....	119
<b>2.5</b>	<b>CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO.....</b>	<b>129</b>

### **CAPÍTULO 3. DISEÑO DEL SISTEMA DE TRANSPORTE PARA LOS PREFABRICADOS. .... 131**

<b>3.1</b>	<b>CONSIDERACIONES DE DISEÑO. ....</b>	<b>131</b>
3.1.1	PESO DE IZAJE. ....	131
3.1.2	TIPO DE VIGA DE CARGA. ....	132
<b>3.2</b>	<b>CARGAS DEL PUENTE GRÚA ..... 134</b>	<b>134</b>
3.2.1	CARGA DE OPERACIÓN $C_o$ . ....	134
3.2.2	IMPACTO VERTICAL $C_i$ . ....	134
3.2.3	PESO DEL PUENTE GRÚA SIN CARGA $W_{PG}$ . ....	135
3.2.4	CARGA VERTICAL DE DISEÑO PARA LA VIGA CARRILERA $C_{VS}$ . ....	136
3.2.4.1	INFLUENCIA DE LA CARGA VERTICAL EN LAS RUEDAS DEL POLIPASTO. ....	136
3.2.5	EMPUJE LATERAL $C_{SS}$ . ....	138
3.2.6	EMPUJE AXIAL $C_{IS}$ . ....	139
3.2.7	CARGA DE IMPACTO EN LOS FINES DE CARRERA $C_{BS}$ . ....	139
<b>3.3</b>	<b>DISEÑO DE LOS ELEMENTOS DEL PUENTE GRÚA ..... 140</b>	<b>140</b>
3.3.1	DISEÑO DE LA VIGA CARRILERA ..... 140	140
3.3.1.1	CONSIDERACIONES DE DISEÑO ..... 140	140
3.3.1.2	PREDISEÑO DE LA VIGA CARRILERA. .... 140	140
3.3.1.3	PROCEDIMIENTO DE DISEÑO. .... 143	143
3.3.2	DISEÑO DE VIGA PUENTE. .... 149	149
3.3.2.1	DETERMINACIÓN DE CARACTERÍSTICAS DE VIGA PUENTE. .... 149	149
3.3.2.2	DETERMINACIÓN DE CARGAS. .... 150	150
3.3.2.3	PROPUESTA DE PERFIL. .... 155	155
3.3.2.4	CÁLCULO DE ESFUERZO MÁXIMO PERMISIBLE DE LA VIGA. .... 156	156
3.3.3	CONEXIÓN ENTRE LOS CARROS TESTEROS Y LA VIGA DE CARGA. .... 161	161
<b>3.4</b>	<b>CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO. .... 162</b>	<b>162</b>

### **CAPÍTULO 4. DISEÑO DE LA CÁMARA DE CURADO PARA CONCRETO. .... 164**

<b>4.1</b>	<b>CARACTERÍSTICAS DEL PRODUCTO A CURAR. .... 164</b>	<b>164</b>
4.1.1	BENEFICIOS DEL HORMIGÓN LIVIANO ESTRUCTURAL. .... 164	164
4.1.2	CURADO. .... 166	166
4.1.2.1	HUMEDAD. .... 166	166
4.1.2.2	TEMPERATURA. .... 166	166

4.1.2.3	ACELERACIÓN ARTIFICIAL DE ENDURECIMIENTO.....	166
<b>4.2</b>	<b>AMBIENTES PARA PROCESO DE CURADO.....</b>	<b>167</b>
4.2.1	CURADO EN CÁMARA DE VAPOR.....	167
4.2.2	CURADO EN AUTOCLAVE.....	168
<b>4.3</b>	<b>SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS.....</b>	<b>168</b>
<b>4.4</b>	<b>CRITERIO DE DISEÑO DEL SISTEMA PARA CURADO.....</b>	<b>168</b>
4.4.1	CONDICIONES INTERIORES DEL DISEÑO.....	168
4.4.2	CONDICIONES EXTERNAS DEL DISEÑO.....	169
4.4.3	DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE TRABAJO.....	169
4.4.4	REQUERIMIENTOS.....	169
4.4.4.1	GEOMETRÍA.....	170
4.4.4.2	AISLAMIENTO TÉRMICO.....	170
4.4.4.3	TEMPERATURA INTERIOR.....	171
4.4.4.4	HUMIDIFICACIÓN DE LA CÁMARA.....	171
4.4.4.5	GENERACIÓN DE ENERGÍA.....	171
<b>4.5</b>	<b>DISEÑO DE LA CÁMARA DE CURADO.....</b>	<b>171</b>
4.5.1	ELEMENTOS QUE CONSTITUYEN LA CÁMARA DE CURADO.....	171
4.5.2	AISLAMIENTO TÉRMICO.....	172
4.5.3	SELECCIÓN DEL MATERIAL AISLANTE.....	172
4.5.4	PAREDES.....	173
4.5.5	PUERTAS.....	174
4.5.6	TECHO.....	174
4.5.7	PISO.....	176
4.5.8	IDEALIZACIÓN DEL MODELO DE LA CÁMARA DE CURADO.....	177
<b>4.6</b>	<b>CÁLCULO DE CARGAS TÉRMICAS.....</b>	<b>177</b>
4.6.1	CALOR GENERADO.....	177
4.6.2	CALOR PERDIDO.....	179
4.6.2.1	CALOR PERDIDO EN LAS PAREDES.....	179
4.6.2.2	CALOR PERDIDO POR EL TECHO.....	187
4.6.2.3	CALOR PERDIDO POR EL SUELO.....	188
4.6.2.4	CALOR PERDIDO POR LA PUERTA.....	190
4.6.3	CALOR APORTADO.....	191
4.6.3.1	CALOR APORTADO POR LAS PERSONAS.....	191
4.6.3.2	CALOR APORTADO POR LA ILUMINACIÓN.....	192
4.6.4	POTENCIA CALORIFICA TOTAL.....	192

4.6.5	DISEÑO DE LOS RADIADORES.....	192
<b>4.7</b>	<b>DISEÑO DEL SISTEMA TÉRMICO DE LA CÁMARA.....</b>	<b>196</b>
4.7.1	CÁLCULO DE POTENCIA NECESARIA:.....	196
4.7.2	HUMIDIFICACIÓN.....	198
4.7.3	SISTEMA AUXILIAR.....	198
<b>4.8</b>	<b>CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO.....</b>	<b>201</b>
 <b><u>CAPÍTULO 5. ANÁLISIS COSTO BENEFICIO .....</u></b>		<b><u>202</u></b>
<b>5.1</b>	<b>DEFINICIÓN DE COSTO-BENEFICIO.....</b>	<b>202</b>
<b>5.2</b>	<b>PRESUPUESTOS.....</b>	<b>202</b>
5.2.1	PRESUPUESTO NAVE INDUSTRIAL.....	202
5.2.2	RESUMEN DE PRESUPUESTO DE LA NAVE INDUSTRIAL.....	214
5.2.3	PRESUPUESTO CÁMARA DE CURADO.....	214
5.2.4	RESUMEN DE PRESUPUESTO DE LA CÁMARA DE CURADO.....	246
<b>5.3</b>	<b>COSTO DEL PROYECTO.....</b>	<b>246</b>
<b>5.4</b>	<b>ANÁLISIS COSTO-BENEFICIO.....</b>	<b>247</b>
5.4.1	CÁLCULO DEL PRECIO DE VENTA AL PÚBLICO (PVP).....	247
5.4.2	GANANCIA DE PRODUCCIÓN.....	247
5.4.3	TIEMPO DE AMORTIZACIÓN.....	248
<b>5.5</b>	<b>CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO.....</b>	<b>248</b>
 <b><u>BIBLIOGRAFÍA.....</u></b>		<b><u>250</u></b>
<b><u>ANEXO 1.1. PROPIEDADES DEL HORMIGÓN LIVIANO ESTRUCTURAL .....</u></b>		<b><u>252</u></b>
<b><u>ANEXO 2.2. CATÁLOGO DE PERNOS DE ANCLAJE.....</u></b>		<b><u>273</u></b>
<b><u>ANEXO 2.3. PLANOS DE NAVE INDUSTRIAL.....</u></b>		<b><u>275</u></b>
<b><u>ANEXO 3.1. PLANO GENERAL DEL PUENTE GRÚA.....</u></b>		<b><u>276</u></b>
<b><u>ANEXO 3.2. COMPONENTES DEL PUENTE GRÚA.....</u></b>		<b><u>278</u></b>
<b><u>ANEXO 3.3. CATÁLOGO DE PERFIL LAMINADO TIPO HEB.....</u></b>		<b><u>282</u></b>

<b><u>ANEXO 3.4. CATÁLOGO DE POLIPASTO R&amp;M</u></b> .....	<b>284</b>
<b><u>ANEXO 3.5. DATOS TÉCNICOS DEL POLIPASTO</u></b> .....	<b>288</b>
<b><u>ANEXO 4.1. TABLA DE PARAMETROS CLIMATICOS EN LA CIUDAD DE CUENCA.....</u></b> .....	<b>290</b>
<b><u>ANEXO 4.2. PANEL TERMOACÚSTICO KUBIEC.....</u></b> .....	<b>292</b>
<b><u>ANEXO 4.3. CATÁLOGO DE ARMADURAS VIGA-COLUMNA.</u></b> .....	<b>295</b>
<b><u>ANEXO 4.4. PLANOS DE CÁMARA DE CURADO.</u></b> .....	<b>297</b>
<b><u>ANEXO 4.5. HOJA DE CÁLCULO PARA TUBOS RADIADORES.</u></b> .....	<b>298</b>
<b><u>ANEXO 4.6. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL CALDERO</u></b> .....	<b>300</b>
<b><u>ANEXO 4.7. CATÁLOGO DE MICRO-ASPERSORES.....</u></b> .....	<b>305</b>
<b><u>ANEXO 4.8. TABLA DE DENSIDADES DEL AGUA A DIFERENTES TEMPERATURAS</u></b> .....	<b>307</b>
<b><u>ANEXO 5.1. SALARIOS MÍNIMOS POR LEY 2013 (CONTRALORIA GENERAL DEL ESTADO).</u></b> .....	<b>309</b>

## **ÍNDICE DE IMÁGENES.**

Figura 1.1 Fabrica de prefabricados “CAZAL” .....	1
Figura 1.2 Ubicación de la Fábrica. ....	1
Figura 1.3 Bodega de áridos .....	2
Figura 1.4 Distribución de zonas de trabajo.....	3
Figura 1.5 Bodega de áridos 2 .....	4
Figura 1.6 Bodega de Materiales 1. ....	4
Figura 1.7 Bodega de Materiales 2 .....	4
Figura 1.8 Bodega de Maquinaria y herramientas .....	4
Figura 1.9 Bodega de Aditivos y Silo .....	5
Figura 1.10 Zona de mezclado .....	5
Figura 1.11 Zona de fabricación de paredes. ....	5
Figura 1.12 Zona de fabricación de losas.....	6
Figura 1.13 Sección de corte y doblado .....	6
Figura 1.14 Zona de fabricación de moldes.....	6
Figura 1.15 Zona de curado y almacenamiento .....	7
Figura 1.16 Zona de tráfico .....	7
Figura 1.17 Cemento Holcim.....	9
Figura 1.18 Varillas de refuerzo.....	10
Figura 1.19 Organigrama .....	12
Figura 1.20. Silo.....	15

Figura 1.21. Parihuelas.....	15
Figura 1.22. Mezclador.....	16
Figura 1.23. Concretera.....	16
Figura 1.24. Cizalla.....	16
Figura 1.25. Soldadora.....	16
Figura 1.26. Vibradora.....	17
Figura 1.27. Puente Grúa.....	17
Figura 1.28. Carretilla de una rueda.....	17
Figura 1.29. Carretilla de dos ruedas.....	18
Figura 1.30. Estructura del techo.....	18
Figura 1.31. Apoyo de la cubierta.....	19
Figura 1.32. Suelo de la fábrica.....	19
Figura 1.33. Acceso de materia prima.....	19
Figura 1.34. Acceso zona de mezclado.....	20
Figura 1.35. Iluminación de la fábrica.....	21
Figura 1.36. Losetas Prefabricadas.....	22
Figura 1.37. Losetas Prefabricadas.....	22
Figura 1.38. Losa Maciza 1.....	23
Figura 1.39. Losa Maciza 2.....	23
Figura 1.40 Alivianamientos.....	24
Figura 1.41. Colocación de las losetas.....	24

Figura 1.42. Vista inferior de las losetas.....	25
Figura 1.43. Vista superior de las losetas.....	25
Figura 1.44. Pared Fija.....	26
Figura 1.45. Pared Desmontable.....	26
Figura 1.46. Pared Desmontable Terminada.....	26
Figura 1.47 Resumen de presupuestos.....	28
Figura 1.48. Encofrado inicial.....	29
Figura 1.49. Encofrado final.....	30
Figura 1.50. Curado de los elementos.....	30
Figura 1.51. Almacenado de los elementos.....	31
Figura 1.52. Rutas de Movimiento.....	31
Figura 1.53. Diagrama de flujo de proceso.....	33
Figura 1.54. Sistema de presión en fabricación de prefabricados.....	35
Figura 1.55 Diagrama de flujo de proceso sección mezclado.....	36
Figura 1.56. Diagrama de flujo de proceso sección moldeado y secado.....	38
Figura 1.57. Diagrama de flujo de proceso curado y almacenado.....	40
Figura 1.58. Diagrama de recorridos.....	42
Figura 2.1 Propuesta de mejoramiento de los puestos de trabajo.....	46
Figura 2.2. Diagrama de recorridos para la propuesta mejoramiento.....	47
Figura 2.3 Gráfico comparativo de recorridos.....	48
Figura 2.4 Área de la nave industrial.....	49

Figura 2.5. Pórtico con perfiles en alma llena.....	51
Figura 2.6. Pórtico con perfiles en celosía.....	51
Figura 2.7. Características del DIPANEL DP5.....	51
Figura 2.8. Área cooperante.....	53
Figura 2.9 Ancho cooperante entre correas.....	54
Figura 2.10. Presiones por efecto del viento.....	58
Figura 2.11. Espectro sísmico elástico de aceleraciones que representa el sismo de diseño.....	59
Figura 2.12. Parámetros de ingreso para obtener el espectro de diseño en la hoja electronica.....	60
Figura 2.13. Ecuador, zonas sísmicas para propósitos de diseño y valor del factor de zona Z.....	61
Figura 2.14. Espectro de diseño para la edificación.....	65
Figura 2.15 Reacciones generadas por el puente grúa.....	65
Figura 2.16 Definición de lo estados de carga.....	66
Figura 2.17 Cargas vivas de cubierta Lr.....	67
Figura 2.18 Carga Muerta D.....	67
Figura 2.19 Cargas de viento W.....	68
Figura 2.20 Cargas del puente grúa.....	68
Figura 2.21 Espectro sísmico.....	68
Figura 2.22 Combinación 1.....	69
Figura 2.23 Combinación 2.....	69

Figura 2.24 Combinación 3.....	69
Figura 2.25 Combinación 4.....	70
Figura 2.26 Combinación 5.....	70
Figura 2.27 Combinación 6.....	70
Figura 2.28 Combinación 7.....	71
Figura 2.29 Combinación 8.....	71
Figura 2.30 Combinación 9.....	71
Figura 2.31 Combinación 10.....	72
Figura 2.32 Diagrama de momento flector sobre las correas eje x.....	74
Figura 2.33 Diagrama de momento flector sobre las correas eje y.....	74
Figura 2.34 Deflexión en correas.....	75
Figura 2.35 Secciones del pórtico.....	79
Figura 2.36 Identificación del pórtico con mayor sollicitación.....	80
Figura 2.37 Identificación de los elementos tipo frame.....	80
Figura 2.38 Partes de la columna principal.....	81
Figura 2.39 Partes de la columna secundaria.....	92
Figura 2.40 Partes de la viga de cubierta.....	99
Figura 2.41 Deflexión en pórtico.....	109
Figura 2.42 Resultados de momento máximo.....	110
Figura 2.43 Diagrama momentos.....	110
Figura 2.44. Ejemplo de anclaje de placa.....	111

Figura 2.45. Tamaño de placa base y columna. ....	112
Figura 2.46. Resultante vertical máximo. ....	113
Figura 2.47. Medidas de la placa. ....	113
Figura 2.48. Fuerza actuante sobre perno de anclaje. ....	114
Figura 2.49. Máxima fuerza cortante horizontal. ....	115
Figura 2.50. Pernos en placa base. ....	116
Figura 2.51 Fuerzas que actúan sobre la soldadura de la columna .....	117
Figura 2.52 Unión soldada de la celosía con el canal .....	118
Figura 2.53 Tipos de Zapatas .....	120
Figura 2.54 Ubicación de zapatas de cimentación .....	120
Figura 2.55 Reacción vertical en la base de la columna .....	121
Figura 3.1 Viga de carga monorriel .....	133
Figura 3.2 Viga de carga birriel .....	133
Figura 3.3 Partes de un puente grúa monorriel .....	134
Figura 3.4 Patrones de Carga .....	140
Figura 3.5 Carga del peso del riel .....	141
Figura 3.6 Cargas ejercidas por el puente grúa .....	142
Figura 3.7 Cortante, Momento y Deflexión máxima. ....	143
Figura 3.8. Diagrama de cortante y momentos. ....	143
Figura 3.9. Polipasto R&M .....	150
Figura 3.10. Cargas verticales. ....	151

Figura 3.11. Resultados de las reacciones verticales en la viga puente. ....	152
Figura 3.12. Resultado de cortante y momentos máximos verticales. ....	152
Figura 3.13. Cargas Horizontales. ....	154
Figura 3.14. Resultados de las reacciones horizontales en la viga puente. ....	154
Figura 3.15. Resultado de cortante y momentos máximos horizontal. ....	154
Figura 3.16. Propuesta de perfil tipo cajón. ....	155
Figura 3.17. Prueba 1 de esfuerzo máximo. ....	156
Figura 3.18. Esfuerzo máximo prueba 2. ....	157
Figura 3.19. Cargas para perfil seleccionado prueba 2. ....	158
Figura 3.20. Resultados de reacciones prueba 2. ....	158
Figura 3.21. Deformación máxima prueba 2. ....	159
Figura 3.22. Esfuerzo máximo prueba 3. ....	159
Figura 3.23. Cargas para perfil seleccionado prueba 3. ....	160
Figura 3.24. Resultados reacciones prueba 3. ....	160
Figura 3.25. Deformación máxima prueba 3. ....	161
Figura 3.26 Conexión entre carros testers y viga de carga .....	162
Figura 4.1. Vista superior de geometría interna de cámara de curado. ....	169
Figura 4.2. Disposición de los prefabricados en la cámara. ....	170
Figura 4.3. Pared de cámara. ....	173
Figura 4.4. Opciones de fijación de techo según distribuidor. ....	174
Figura 4.5. Puertas para ingreso de cámara. ....	174

Figura 4.6. Modelo de cubierta de cámara.....	175
Figura 4.7. Estructura metálica Tipo C 150x50x2mm.....	175
Figura 4.8. Deflexión máxima de cubierta.....	176
Figura 4.9. Aislamiento de suelo .....	176
Figura 4.10. Modelo de armadura de la cámara de curado .....	177
Figura 4.11. Pared de Cámara.....	179
Figura 4.12. Panel solar.....	199
Figura 4.13. Funcionamiento de colector solar.....	200

## **ÍNDICE DE TABLAS.**

Tabla 1.1. Especificaciones técnicas del cemento hidráulico para uso general tipo GU .....	8
Tabla 1.2. Sustancias en el agua y sus efectos .....	9
Tabla 1.3. Tipo de agregados .....	10
Tabla 1.4. Propiedades mecánicas de varillas de refuerzo.....	10
Tabla 1.5 Principales aditivos, efectos y campos de aplicación. ....	11
Tabla 1.6. Maquinaria y Equipo.....	14
Tabla 1.7. Losetas Prefabricadas.....	21
Tabla 1.8. Peso de Losa Alivianada .....	24
Tabla 1.9 Peso de Loseta Prefabricada. ....	24
Tabla 1.10. Paredes Prefabricadas .....	26
Tabla 1.11. Presupuesto referencial para losas prefabricadas.....	27
Tabla 1.12. Presupuesto referencial losa aliviana .....	28
Tabla 1.13. Distancia de recorridos entre puntos para traslado de material .....	41
Tabla 2.1. Propuesta de recorrido entre puntos para el traslado de material .....	47
Tabla 2.2. Análisis de resultados .....	48
Tabla 2.3. Comparativo en peso para celosía y alma llena. ....	50
Tabla 2.4. Características de la nave industrial.....	52
Tabla 2.5. Área cooperante de carga.....	53
Tabla 2.6 Total de cargas muertas.....	56

Tabla 2.7. Coeficiente de corrección, $\sigma$ .....	56
Tabla 2.8. Factor de forma $cf$ .....	57
Tabla 2.9 Cargas de viento .....	59
Tabla 2.10. Poblaciones ecuatorianas y valor del factor $Z$ .....	60
Tabla 2.11. Clasificación de los perfiles del suelo .....	61
Tabla 2.12. Tipo de suelo y factores de sitio $F_A$ .....	62
Tabla 2.13. Tipo de suelo y factores de sitio $F_D$ .....	62
Tabla 2.14. Tipo de suelo y factores del comportamiento inelástico del subsuelo $F_S$ .....	62
Tabla 2.15. Coeficiente de reducción de respuesta estructural $R$ .....	63
Tabla 2.16. Tipo de uso, destino e importancia de la estructura .....	64
Tabla 2.17. Datos de ingreso de los parámetros de sismo .....	64
Tabla 2.18 Límites de periodo .....	64
Tabla 2.19 Cargas del puente grúa .....	66
Tabla 2.20 Propiedades del perfil G 200x50x15x3mm .....	73
Tabla 2.21 Fuerza internas en la columna principal .....	81
Tabla 2.22 Propiedades del perfil C 200x50x4mm .....	81
Tabla 2.23 Propiedades del perfil C 200x50x3mm .....	84
Tabla 2.24 Propiedades del perfil L 40x40x4mm .....	88
Tabla 2.25 Propiedades del perfil L 40x40x3mm .....	90
Tabla 2.26 Fuerza internas en la columna secundaria .....	92
Tabla 2.27 Fuerza internas en la viga de cubierta .....	99

Tabla 2.28 Propiedades del perfil C 200x50x2mm.....	100
Tabla 2.29 Propiedades del perfil L 40x40x5mm.....	103
Tabla 2.30 Especificaciones técnicas de los materiales.....	120
Tabla 3.1 Porcentaje adicional de carga.....	134
Tabla 3.2. Peso de accesorios del puente grúa.....	135
Tabla 3.3 Coeficientes de compensación y choque según tipo de puente grúa .....	135
Tabla 3.4. Propiedades del perfil laminado HEB 180.....	145
Tabla 3.5. Resultados de cargas verticales.....	152
Tabla 3.6. Resultados de cargas horizontales.....	155
Tabla 4.1. Elección de tubos radiadores.....	196
Tabla 5.1. Resumen de cantidades de obra de nave industrial.....	202
Tabla 5.2. Resumen de cantidades de obra para cámara de curado.....	214
Tabla 5.3. Costo total de inversión.....	246
Tabla 5.4. Determinación de PVP.....	247
Tabla 5.5. Ganancia de producción.....	247
Tabla 5.6. Tabla comparativa para producción.....	248
Tabla 5.7. Relación para amortización.....	248

## INTRODUCCIÓN

Dentro del campo de la construcción de edificaciones, la utilización de productos no tradicionales se ha venido dando en nuestro medio de una forma cada vez más progresiva, es así que el hormigón liviano estructural, por sus características, actualmente tiene una aplicación en crecimiento en el mercado local, de tal forma que estas están reemplazando a la mampostería que hoy en día se utiliza en la construcción.

Dadas estas circunstancias y teniendo en cuenta la visión de crecimiento que se necesita para el abastecimiento de la demanda del producto, nace la necesidad de contar con una fábrica en la que se pueda cubrir con dicha demanda, por lo que se propone una serie de mejoras en la actual planta, en las que se pueda contar con procesos en los cuales se garantice un producto de fabricación con estándares de calidad que compita y remplace a los productos tradicionales.

De acuerdo a lo expuesto anteriormente, en el capítulo 1 se realiza un análisis general de la empresa el cual conlleva a describir los diversos elementos que forman parte de la estructura de la fábrica.

Posteriormente con un estudio más profundo basándonos en un análisis descriptivo desplegamos el proceso de fabricación de los elementos prefabricados para luego dejar asentado en los respectivos diagramas de proceso y de recorrido la forma en cómo se manipula la producción en la fábrica.

El capítulo 2 desemboca en obtener una optimización en el recorrido y ubicación de los puestos de trabajo por lo que conlleva a mejorar y ampliar las instalaciones de la fábrica por lo que se presenta el diseño de una nave industrial acorde a las necesidades que se generan en la producción de la planta y conforme a las normas y fundamentos teóricos establecidas para el diseño en acero por factores de carga y resistencia (LFRD).

Como consecuencia para agilizar los procesos productivos y minimizar los tiempos de recorrido en capítulo 3 se plantea el diseño de un puente grúa como el mejor método de transporte de los elementos prefabricados. A partir de la elección del

sistema se procede a determinar todas las cargas que se producen por la utilización de este sistema de transporte y que finalmente nos llevaran al diseño de los elementos principales que forman parte de un puente grúa.

En lo que respecta al desarrollo del capítulo 4 el cual consiste en diseñar una cámara de curado, se ha visto la necesidad de realizar un enfoque y análisis de las características más importantes del hormigón liviano estructural de esta manera ubicar las respectivas variables que nos permitan diseñar un ambiente térmico adecuado para el curado de los mismos.

El diseño de la cámara de curado fue motivada por los requerimientos que el gerente de la fábrica nos ha solicitado, sumadas a las necesidades de concientizar el uso de herramientas que dirijan a conservar la calidad de nuestro ecosistema, planteando un sistema auxiliar para el calentamiento del agua para la cámara de curado, el sistema elegido tendría que ser amigable con el medio ambiente, para lograr este fin se ha diseñado el sistema con paneles solares.

Finalmente el capítulo 5 se basa en el estudio del costo para la ejecución del proyecto en el cual han sido calculados los respectivos precios unitarios de cada elemento que forma parte de la restructuración de la fábrica. Con el propósito de visualizar la factibilidad del proyecto se ha desarrollado un análisis cuantificativo de las ganancias de producción actuales y posteriormente proyectándolas con las mejoras propuestas a buscar mejores beneficios, es por esto que al final del proyecto se determina que el proyecto es viable técnica y económicamente y que solamente dependerá de los personeros de Cazal de implementarlo y ejecutarlo.

## **CAPÍTULO 1. SITUACIÓN ACTUAL DE LA PRODUCCIÓN DE PREFABRICADOS Y SU PROCESO DE PRODUCCIÓN.**

### **1.1 ANÁLISIS GENERAL DE LA EMPRESA.**

#### **1.1.1 ANTECEDENTES**

La fábrica de prefabricados CAZAL (Figura 1.1) se encuentra establecida en el mercado local desde el año 2006, inició sus actividades en fase de pruebas con la producción de elementos de mampostería en hormigón liviano estructural.



**Figura 1.1** Fábrica de prefabricados “CAZAL”

Actualmente la empresa se encuentra con una producción de hormigón de 3m<sup>3</sup> diarios, de esta producción se espera realizar un incremento de hasta 5m<sup>3</sup> en un futuro a mediano plazo que es la visión que se tiene, considerando el incremento de la demanda en los productos, tales como las losas y paredes prefabricadas que ha aumentado en 50% en relación a años anteriores<sup>1</sup>

#### **1.1.2 DESCRIPCIÓN DE LA PLANTA.**

##### **1.1.2.1 UBICACIÓN.**

La Fábrica CAZAL se encuentra ubicada en el barrio El Ejecutivo de la parroquia Ricaurte, perteneciente a la ciudad de Cuenca. En la Figura 1.2 se puede observar una vista obtenida por satélite mediante el software “Google Earth”.



**Figura 1.2** Ubicación de la Fábrica.

<sup>1</sup> Datos proporcionados por la Empresa CAZAL

### 1.1.2.2 DISTRIBUCIÓN DE LAS ZONAS DE TRABAJO

La fábrica cuenta con un terreno aproximadamente de 1000m<sup>2</sup>(Figura 1.3) de los cuales está distribuido en 4 secciones, las mismas que se encuentran subdivididas en zonas o locales; a continuación se puede observar con precisión dicha información.

#### 1. Sección Bodegas.

- a) Bodega de áridos 1
- b) Bodega de áridos 2.
- c) Bodega de materiales 1-2
- d) Bodega de maquinaria y herramientas.
- e) Bodega de aditivos y cemento

#### 2. Sección de mezclado

- a. Zona de mezclado

#### 3. Sección de moldeado y secado.

- b. Zona de fabricación de losas prefabricadas
- c. Zona de producción de paredes prefabricadas
- d. Sección de corte y doblado
- e. Zona de fabricación de moldes.

#### 4. Sección de Curado en el medio ambiente y almacenamiento

#### 5. Zona de Tráfico

### 1) SECCIÓN BODEGAS

a) *BODEGAS DE ÁRIDOS*: En la Figura 1.4 se observa la zona de bodega de áridos 1, la cual se encuentra ubicada en la parte posterior de la planta (Figura 1.3.).

En esta zona serán descargados los áridos que servirán de materia prima para la conformación del hormigón liviano.



**Figura 1.3 Bodega de áridos**

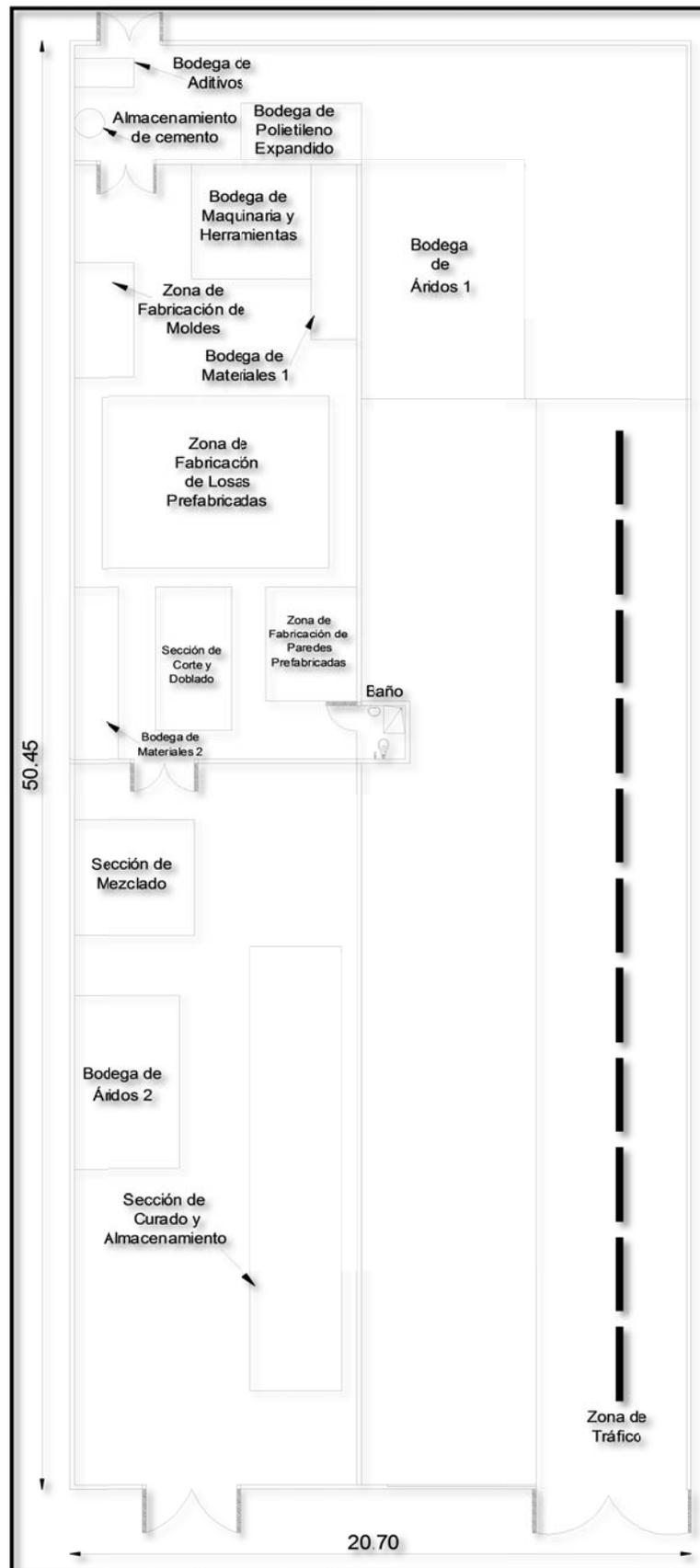


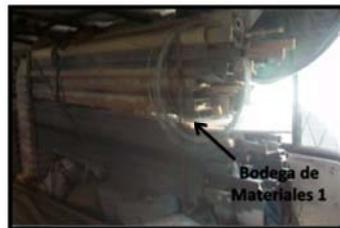
Figura 1.4 Distribución de zonas de trabajo.

b) *BODEGA DE ÁRIDOS 2*: En la sección de áridos 2, (Figura 1.5) se realiza un depósito temporal del árido, ya que se lo apila en grandes cantidades para humedecerlo cuando se va a realizar el mezclado de los elementos.



**Figura 1.5 Bodega de áridos 2**

c) *BODEGA DE MATERIALES 1-2*: En la Figura 1.6 y 1.7, se observan las bodegas de materiales 1 y 2 respectivamente, en las cuales, se encuentran almacenados materiales metálicos y de madera, que servirán para la elaboración de los moldes y encofrados de los elementos prefabricados.



**Figura 1.6 Bodega de Materiales 1.**



**Figura 1.7 Bodega de Materiales 2**

d) *BODEGA DE MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS*: Se observa en la Figura 1.8 el espacio destinado para almacenar las máquinas y herramientas que son utilizadas en la fábrica.



**Figura 1.8 Bodega de Maquinaria y herramientas**

e) *BODEGA DE ADITIVOS Y CEMENTO*: En la parte trasera de la fábrica se encuentran depositados el silo para el almacenamiento de cemento y también los aditivos que son necesarios para la realización de la mezcla (Figura 1.9).



**Figura 1.9 Bodega de Aditivos y Silo**

## 2) SECCIÓN DE MEZCLADO

a) *ZONA DE MEZCLADO*: En la zona de mezclado, se tiene designada una pequeña área, (Figura 1.10) en la cual se tiene una concretera, la cual será la responsable de realizar el mezclado de los elementos que actúan para formar el hormigón, la medición de la mezcla se la realizará en cantidades ya determinadas por el fabricante por medio de parihuelas.



**Figura 1.10 Zona de mezclado**

## 3) SECCIÓN DE MOLDEADO Y SECADO

a) *ZONA DE FABRICACIÓN DE LOSAS Y PAREDES*: En esta sección se cuentan con dos zonas para el moldeado de paredes (Figura 1.11) y de losas (Figura 1.12) de forma independiente, esto debido a las características geométricas que requieren cada uno de estos productos.



**Figura 1.11 Zona de fabricación de paredes.**



**Figura 1.12 Zona de fabricación de losas.**

En esta parte del proceso el hormigón llega para ser colocado en los moldes previamente armados los cuales nos garantizarán dar la forma correcta del producto deseado.

*b) SECCIÓN DE CORTE Y DOBLADO:* El corte y doblado de las varillas de refuerzo de los elementos prefabricados se lo realiza en esta sección, con la ayuda de herramientas y utillajes básicos como observamos en la Figura 1.13.



**Figura 1.13 Sección de corte y doblado**

*c) ZONA DE FABRICACIÓN DE MOLDES:* En la Figura 1.14 se puede apreciar la sección en la cual se construyen los moldes para los diferentes tipos de prefabricados que se producen en la fábrica.



**Figura 1.14 Zona de fabricación de moldes**

#### **4) SECCIÓN DE CURADO EN EL MEDIO AMBIENTE Y ALMACENAMIENTO**

En la zona de curado y almacenamiento (Figura 1.15) se colocarán los productos que han sido fundidos anteriormente en la zona de producción, para que se realice el

curado de forma natural, esta zona también es usada como bodega de producto terminado, debido al ordenamiento físico con la que cuenta la fábrica.



**Figura 1.15 Zona de curado y almacenamiento**

Los productos se mantendrán aquí de 6 a 7 días aproximadamente y se realizarán los despachos del producto terminado a los clientes.

### **5) ZONA DE TRÁFICO**

La zona de tráfico (Figura 1.16) está destinada para que los camiones desembarquen los materiales necesarios para la construcción de los elementos.



**Figura 1.16 Zona de tráfico**

#### **1.1.2.3 CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN**

La capacidad de producción con la que cuenta la planta actualmente es aproximadamente de  $3\text{m}^3$  diarios, es decir, la producción se divide en este volumen para la elaboración de losetas prefabricadas, paredes prefabricadas y otros elementos en los que se utiliza el hormigón liviano. Esta capacidad de producción está basada en un horario de trabajo de 8 horas diarias, sin incluir el tiempo de curado y desmoldado.

#### **1.1.2.4 MATERIA PRIMAS**

La materia prima utilizada para la producción de los productos prefabricados son los siguientes:

- a) Cemento hidráulico tipo GU.

- b) Agua.
- c) Agregados Inertes.
- d) Varillas de refuerzo.
- e) Aditivos.

a). *CEMENTO HIDRÁULICO TIPO GU*: El cemento hidráulico tipo GU (Figura 1.17) es un cemento de uso general, este es empleado en trabajos en los cuales no se requieren características especiales y es capaz de ser resistente a los diferentes ataques químicos como sulfatos y cloruros, además de soportar cambios de temperaturas originados por el calor de hidratación cuando el cemento fragua.

Sus usos son variados y van desde la construcción de pisos, pavimentos, estructuras hasta elementos prefabricados. En la Tabla 1.1 observamos algunas especificaciones técnicas del cemento hidráulico para uso general tipo GU de la compañía Holcim.

**Tabla 1.1. Especificaciones técnicas del cemento hidráulico para uso general tipo GU**

ESPECIFICACIONES	INEN 2380	VALOR HOLCIM
Cambio de longitud por autoclave, % máximo	0.80	-0.038
Tiempo de fraguado, método de Vicat		
Inicial, no menos de, minutos	45	222
Inicial, no más de, minutos	420	323
Contenido de aire del mortero, en volumen, %	A	3.0
Resistencia a la compresión, mínimo Mpa		
1 día	A	3.0
3 días	13	17
7 días	20	22
28 días	28	31
Expansión en barras de mortero 14 días, % máx.	0.02	0.006
<p><b>Notas:</b></p> <p>La información que consta en el certificado corresponde al promedio de los datos obtenidos en el periodo indicado. Los datos son del cemento típico despachado por Holcim; los despachos individuales pueden variar.</p> <p>La resistencia a 28 días corresponde al promedio del mes anterior</p> <p>(A) Límite no especificado por la NTE INEN 2380. Resultado reportado sólo como información.</p>		

**Fuente:** Compañía Holcim



**Figura 1.17 Cemento Holcim**

b) **AGUA:** El agua es fundamental ya que por sus características permite que las materias primas se mezclen. En la tabla 1.2 se describen algunas sustancias en el agua que inciden en la calidad del concreto.

**Tabla 1.2. Sustancias en el agua y sus efectos**

Sustancias en el agua	Efectos
Libre de impurezas.	Incide directamente en la calidad del concreto y en su dureza
Con menos de 2000 p.p.m. de solidos disueltos.	Son aptas, pero al tener más de esta cantidad deben ser ensayadas para determinar sus efectos.
Al tener carbonatos y bicarbonatos de sodio o de potasio.	Pueden provocar fraguado rápido, en altas cantidades disminuyen la resistencia del concreto.
Al tener alto contenido de cloruros	Puede producir corrosión en el acero de refuerzo.
Si contiene hasta 10000 p.p.m. de sulfato de sodio.	Es usado sin problemas
Las aguas acidas con pH por debajo de 3.	Pueden crear problemas en el manejo u deben ser evitadas en lo posible.

**Fuente:** <http://elconcreto.blogspot.com/2009/01/el-agua-del-concreto.html>

c). **AGREGADOS INERTES:** Los agregados que se incorporan en la mezcla son de tipo grueso (chasqui) y también agregado fino (arena de río). En la Tabla 1.3 se describe algunas de las características más relevantes de cada uno.

d). **VARILLAS DE REFUERZO:** Las varillas de refuerzo (Figura 1.18) son elementos de acero de sección circular, con resaltes transversales que asegura una alta adherencia con el concreto. En la Tabla 1.4. se identifican las características de las varillas de acero antisísmico.

**Tabla 1.3. Tipo de agregados**

Tipo de Agregados	Características
Agregados Gruesos	El tamaño de las partículas esta en rango de 9.5-19.0mm
	Presenta alta porosidad
	Color marrón claro de forma redondeada
	Material duro de superficie rugosa
	No es corrosivo ni se pudre
	No produce gases
	Densidad 1700kg/m3
	Masa unitaria suelta 430kg/m3
	Masa unitaria compactada 470kg/m3
	Absorción del 17%
Agregados Finos	El tamaño de las partículas esta en rango de 0.075-4.8mm
	Densidad d 2600kg/m3
	Absorción de 2.2%
	Masa unitaria suelta 1570kg/m3
	Masa unitaria compacta 1680kg/m3

**Fuente:** Hormigón liviano con agregado de origen volcánico y aditivo incorporador de aire, Darwin Iván Iza Manobanda.

**Tabla 1.4. Propiedades mecánicas de varillas de refuerzo**

PROPIEDADES MECÁNICAS	kgf/cm <sup>2</sup>
Límite de fluencia mínimo	4200
Límite de fluencia máximo	5500
Resistencia a la tracción mínima	5600

**Fuente:** Catálogo de productos ADELCA



**Figura 1.18 Varillas de refuerzo**

e) **ADITIVOS:** Los aditivos son la materia prima que se mezcla con el hormigón y que permite transformar sus propiedades de manera controlada y de acuerdo a las proporciones en la mezcla pueden mejorarlas o modificarlas.

En la Tabla 1.5 identificamos los aditivos que se utilizan, dosis recomendadas y propiedades a obtener en el hormigón.

**Tabla 1.5 Principales aditivos, efectos y campos de aplicación.**

ADITIVO Y DOSIS USUAL	PROPIEDAD QUE CONFIERE AL HORMIGON	APLICACIONES RECOMENDADAS	LIMITACIONES
<p><b><u>Incorporador de Aire</u></b></p> <p>0.03% a 0.05% del peso del cemento</p>	<p>Incorpora microporos al hormigón produciendo:</p> <p>Resistencia al hielo-deshielo. Mayor docilidad Menor permeabilidad Eventual exudación</p>	<p>Protección al hielo-deshielo.</p> <p>Pavimentos. Protección contra agentes químicos.</p>	<p>Menor resistencia mecánica</p>
<p><b><u>Plastificantes o reductores de agua</u></b></p> <p>0.1% a 0.4% del peso del cemento</p>	<p>Mejorar la lubricación entre partículas, obteniéndose:</p> <p>Mayor docilidad con agua constante.</p> <p>Menor cantidad de agua para docilidad constante.</p> <p>Mayor facilidad de colocación y compactación.</p>	<p>Hormigones bombeados y premezclado.</p> <p>Hormigonado de elementos estrechos o prefabricados.</p> <p>Hormigones de alta resistencia.</p>	
<p><b><u>Fluidificantes</u></b></p> <p>Para aumentar docilidad 0.5% a 1.0% del peso del cemento.</p> <p>Para reducir agua a 1.0% A 3.0% del peso del cemento.</p>	<p>Aumentan fuertemente la docilidad, permitiendo:</p> <p>Reducir el agua de amasado para docilidad constante, con alto incremento de resistencia.</p>	<p>Hormigonado de piezas estrechas y difícilmente accesibles.</p> <p>Hormigonado en tiempo caluroso.</p> <p>Hormigones bombeados.</p> <p>Hormigones de alta resistencia.</p> <p>Hormigones para prefabricados.</p> <p>Reparaciones.</p>	<p>Su efecto dura un plazo breve.</p>
<p><b><u>Superplastificantes</u></b></p> <p>Las dosis dependiendo del fabricante fluctúan desde 0.5% a 2% del peso del cemento.</p> <p>Aumentan las resistencias como reductores de agua, y como fluidificantes, aumentan la docilidad.</p>	<p>En general, actúan como reductores de agua o fluidificantes otorgando:</p> <p>Consistencia fluida sin disminución de resistencias. Calidad homogénea, mínima segregación y exudación. Disminución de retracciones y fisuración.</p> <p>Facilidad de colocación y mayor rendimiento de la faena de hormigonado.</p>	<p>Hormigón bombeado.</p> <p>Hormigón pretensado.</p> <p>Hormigón alta resistencia.</p> <p>Hormigón de buena terminación.</p> <p>Hormigón bajo agua.</p> <p>Morteros y lechadas de inyección.</p> <p>Hormigón para elementos esbeltos, con alta densidad de armaduras.</p>	<p>En sobredosis puede provocar segregación.</p>

Fuente: [www.icc.ucv.cl/hormigon/aditivos.doc](http://www.icc.ucv.cl/hormigon/aditivos.doc)

### 1.1.2.5 MANO DE OBRA

La mano de obra con la que cuenta la fábrica de prefabricados CAZAL es la siguiente:

#### 1. Mano de Obra Indirecta.

- a) Gerente General.
- b) Jefe de Producción.

#### 2. Mano de Obra Directa.

- a) Subjefe de Producción.
- b) Obreros.

En la Figura 1.19 se describe la estructura del personal de la fábrica.

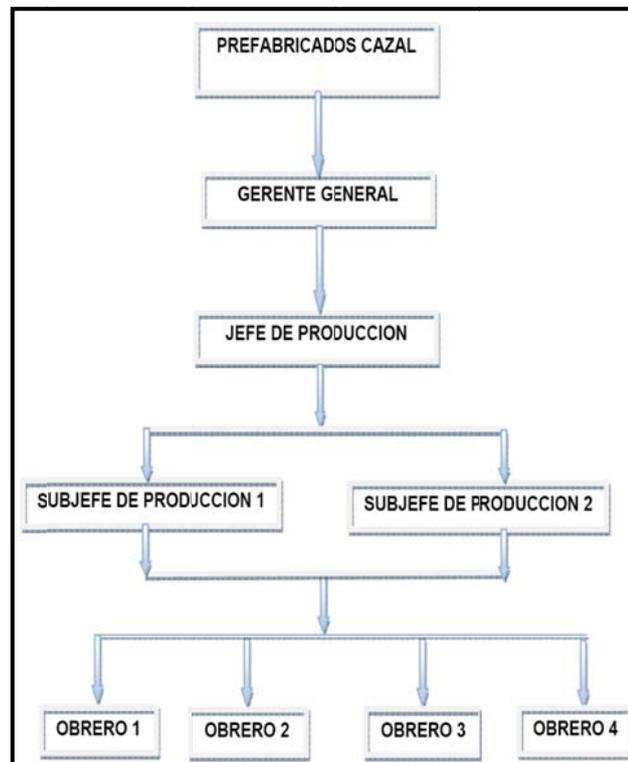


Figura 1.19 Organigrama

#### 1. MANO DE OBRA INDIRECTA.

a). *GERENTE GENERAL*: Es la persona encargada de dirigir controlar y planificar todas las actividades que se realizan en las instalaciones de la fábrica.

*DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO QUE REALIZA.*

- Desarrolla y planifica los trabajos a realizarse en la fábrica.

- Busca mejorar el crecimiento de la fábrica en base a las exigencias y tendencias del mercado para mantenerla en altos niveles de competitividad.
- Se mantiene al tanto de los resultados de producción y desempeño de personal y propone planes de mejoramiento.
- Propone y autoriza mejoramiento en las instalaciones de la fábrica.
- Diseña y autoriza las diferentes operaciones de fabricación y de ingeniería además de verificar los costos y calidad de productos.
- Inspecciona las operaciones administrativas y de contabilidad, costos, facturación y funciones de oficina.
- Asigna perfil de personal, sueldos y despidos.

*b). JEFE DE PRODUCCIÓN:* Es la persona que depende del Gerente General. Dirige, supervisa y trabaja directamente con los Subjefes de Producción. Debe manejar personal, conoce a cabalidad los oficios de la construcción.

#### *DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO QUE REALIZA.*

- Interpreta planos y saber transmitir respuestas referentes a éstos a sus subalternos.
- Supervisa trabajos y actividades dentro de la fábrica.
- Entrega las dosificaciones del hormigón que se prepararán en la fabricación de los elementos prefabricados.
- Controla los stocks de materiales e insumos existentes en la bodega, para evitar paralización de la jornada laboral por falta de los mismos.
- Lleva un cuadro de avance diario de la producción.
- Controla y exige reglas de higiene, seguridad y prevención de riesgos.
- Informa diariamente al Gerente General sobre las novedades ocurridas en la fábrica del avance de las actividades y cumplimiento del programa de fabricación.

## **2. MANO DE OBRA DIRECTA.**

*a). SUBJEFES DE PRODUCCIÓN.* Son dirigidos y supervisados directamente por el Jefe de Producción, trabajan y dirigen a los obreros en planta.

**DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO QUE REALIZA.**

- Elaboran y dirigen junto con los obreros los distintos cofres para elaborar los elementos prefabricados.
- Instalan las armaduras en conjunto con los ayudantes para elaborar las losas y paredes prefabricadas.
- Maneja al personal y comprende la terminología empleada en la construcción.
- Sabe distinguir los trabajos y tareas de los obreros de acuerdo a la capacidad de cada uno.
- Comprueba con anticipación la existencia de los materiales que se van a utilizar.

b). **OBREROS:** Es dirigido por los Subjefes de Producción, Jefe de Producción y por el Gerente. Trabaja con los Subjefes de Producción y otros obreros, son personas resistentes y capaces de levantar elementos pesados y efectuar movimientos constantes de todo el cuerpo y tener habilidad manual.

**DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO QUE REALIZA.**

- Acarrea materiales y pasa herramientas a los Subjefes de Producción.
- Elabora junto con el subjefe de producción los encofrados de los prefabricados.
- Arma e instala las armaduras en conjunto con los subjefes y realiza los respectivos amarres.
- Transporta y almacena los productos prefabricados
- Mantiene limpio el lugar de trabajo, equipos y herramientas.

**1.1.2.6 MAQUINARIA Y EQUIPO**

Para realizar la producción de los elementos prefabricados, la fábrica cuenta con los siguientes elementos:

**Tabla 1.6. Maquinaria y Equipo**

ITEMS	ELEMENTOS
Silo	1
Parihuelas	5

Mezclador	1
Concreteira	1
Cizalla	2
Soldadora	1
Esmeril	1
Taladro manual	1
Vibradora	1
Carretillas	4
Puente Grúa manual	1

*SILO*: Es una estructura diseñada para almacenar cemento (Figura 1.20), tiene una forma cilíndrica en la parte superior, donde se introduce el cemento y en la parte inferior tiene una forma cónica en el despacho del mismo. Tiene una capacidad de almacenamiento de aproximadamente 5m<sup>3</sup>.



**Figura 1.20. Silo**

*PARIHUELAS*: Son elementos que permiten la medición de los agregados tanto finos como gruesos. El cajón metálico o parihuela (Figura 1.21) tiene una dimensión de 30cm de lado, provisto de asas para levantarlo. La medición para la mezcla se basa en cantidades establecidas por el volumen de posee esta.



**Figura 1.21. Parihuelas**

*MEZCLADOR*: En la Figura 1.22 se identifica un mezclador, esta máquina tiene por objeto realizar la preparación del hormigón. Al iniciar los procesos productivos de la fábrica en el año 2006, este fue un prototipo que sirvió para producir algunos

elementos en hormigón liviano. Actualmente por las características de producción de los prefabricados esta máquina se encuentra inactiva.



**Figura 1.22. Mezclador.**

*CONCRETERA*: Es una máquina la cual tiene por objetivo realizar la mezcla de los diferentes materiales para obtener el hormigón. Tiene un motor de 9HP y la capacidad del tambor es de 350lts (Figura 1.23).



**Figura 1.23. Concretera**

*CIZALLA*: La herramienta que se utiliza para el corte de las varillas es una cizalla, que tiene como característica su uso manual (Figura 1.24).



**Figura 1.24. Cizalla**

*SOLDADORA*: Como características importantes podemos recalcar que es de marca TRUPER, trabaja con corriente alterna de 100A y funciona con una conexión a 110V (Figura 1.25).



**Figura 1.25. Soldadora**

**VIBRADORA:** Es una máquina que produce oscilaciones con una frecuencia elevada dentro del hormigón, para que este pase de estar amontonada y heterogénea a una masa compacta (Figura 1.26). Las características técnicas son las siguientes:

- Motor HONDA 6.5HP.
- Manguera de 6m.
- Trabaja con una potencia de 4kW.
- Velocidad de salida de 12000rpm (Figura 1.26).



**Figura 1.26. Vibradora**

**PUENTE GRÚA MANUAL:** Es una estructura formada por cajas metálicas, el cual se desplaza en una sección de la fábrica para trasladar los elementos prefabricados (Figura 1.27). El levantamiento de los elementos se lo realiza por medio de un tecla manual.



**Figura 1.27. Puente Grúa.**

**CARRETILLAS:** Las carretillas utilizadas en CAZAL son de una rueda y dos ruedas. La carretilla de una sola rueda (Figura 1.28) tiene una capacidad de 70 litros y tiene como finalidad la trasportación de los áridos y posteriormente del hormigón hacia los distintos puestos de trabajo respectivamente.



**Figura 1.28. Carretilla de una rueda.**

La carretilla de dos ruedas (Figura 1.29) es utilizada para transportar los prefabricados desde la entrada de la nave hacia la zona de almacenamiento.



Figura 1.29. Carretilla de dos ruedas.

### 1.1.2.7 ASPECTOS QUE INTERVIENEN EN LA PRODUCCIÓN

Las condiciones y el ambiente del trabajo son aspectos importantes que se deben analizar ya que de esto dependerá el proceso productivo de la fábrica. En los siguientes puntos se analizarán los aspectos que intervienen en la planta

- a) Nave Industrial.
- b) Transporte.
- c) Accesos de la fábrica.
- d) Iluminación.
- e) Servicios Básicos.

a). *NAVE INDUSTRIAL*: La estructura de la nave consiste en una planta de 21m de largo por 9.55m de ancho. El techo (Figura 1.30) tiene una pendiente del 7% y está constituida por vigas de madera de un diámetro de 10cm, largueros con tiras de madera de 7cm y tiene un recubrimiento con planchas de fibrocemento.



Figura 1.30. Estructura del techo

La cubierta está apoyada en un extremo con una pared de mampostería de bloque, en la parte central de la nave tiene apoyo en columnas de madera de diámetro de 20cm, finalmente la cubierta se asienta en el otro extremo en columnas de 50x50cm formadas por mampostería de bloque (Figura 1.31).



**Figura 1.31. Apoyo de la cubierta.**

*b). TRANSPORTE:* El transporte de la materia prima que va desde el exterior hacia el interior de la nave se lo realiza por medio de carretillas de una sola rueda (Ver 1.1.2.6) en un suelo con demasiadas irregularidades (Figura 1.32) provocando dificultad al momento de movilizar el material hacia al interior de la nave. En el aspecto de los elementos ya conformados, el traslado de estos hasta la zona de almacenamiento se lo realiza por medio de un tecele (Ver 1.1.2.6) construido de forma artesanal hasta la entrada de la nave, luego los obreros se encargan de trasladar el producto finalizado a la zona de almacenamiento por medio de carretillas de dos ruedas y/o en ocasiones entre dos personas.



**Figura 1.32. Suelo de la fábrica.**

*c). ACCESOS DE LA FÁBRICA:* El acceso para la entrada de materias primas (Figura 1.33) tienen una longitud de 42 m y se encuentra identificada en la Figura 1.3 como zona de tráfico, este acceso es de muy poca calidad ya que el terreno no es plano y esta cubierto de pasto, lo que dificulta la entrada del transporte y recepción de materiales para las distintas bodegas como son las de áridos, polietileno expandido, aditivos, maquinaria y herramientas, materiales 1 y 2 explicados anteriormente (Ver 1.1.2.2.).



**Figura 1.33. Acceso de materia prima.**

El acceso principal de la fábrica es usado para el ingreso de materiales hacia la zona de mezclado, además sirve como puerto de despacho de los prefabricados, tiene como características principales una puerta de entrada de 3 m de ancho y una altura de 2.20 m de alto (Ver Figura 1.34.), al encontrarse cercana a la zona de mezclado el terreno se ha compactado debido al traslado y riego accidental de áridos y tiene cierta regularidad en su recorrido (Figura 1.34.).

Los accesos para el ingreso hacia el interior de la fábrica cuentan con puertas normales de construcción civil (1.8m de ancho x 2m de alto), siendo estas las principales entradas de material hacia el interior de la fábrica en donde se realizarán las actividades de manufactura de los prefabricados.



**Figura 1.34. Acceso zona de mezclado.**

*d). ILUMINACIÓN:* La iluminación de la fábrica garantiza que el operador realice sus actividades con normalidad y así garantizar el producto, en la fábrica se usa una iluminación natural dada por 3 ventanas de 5.7m de ancho por 1.20m de alto además de 2 luces cenitales de 1.05m de ancho por 1.50 de largo.

Para que la luminosidad sea correcta se recomienda “que las ventanas y la luz cenital ocupen una superficie igual por lo menos a la sexta parte del suelo”<sup>2</sup>.

A continuación se calcula el área de iluminación natural que cubre la superficie de la nave.

$$A = (\#de\ ventanas \times ancho\ de\ ventana \times alto\ de\ ventana) + (\# luz\ cenital \times ancho\ de\ ventana \times largo\ de\ ventana)$$

$$A = (3 \times 5.7m \times 1.2m) + (2 \times 1.05m \times 1.50m)$$

$$A = 23.7m^2$$

El área que cubre la superficie de iluminación es de 23.7m<sup>2</sup>.

<sup>2</sup> Introducción al estudio del trabajo, George Kanawaty Pág. 47.



**Figura 1.35. Iluminación de la fábrica.**

### 1.1.3 DESCRIPCIÓN DE LOS PRODUCTOS ELABORADOS

La construcción de cualquier edificación con el sistema de elementos prefabricados con los que se produce en la fábrica CAZAL busca ser la tarea más fácil, rápida, duradera, confortable y económica del mercado. Las losetas y las paredes prefabricadas son elementos que son fabricados con un hormigón estructural liviano. Las características más importantes de este tipo de hormigón se lo puede observar en el ANEXO 1.1

#### 1.1.3.1 LOSETAS PREFABRICADAS

Las losetas prefabricadas son elementos elaborados en forma de prisma cuadrangular dejando en su interior un agujero (Figura 1.36.).

En la Tabla 1.7 se describe los tipos de losetas que se fabrican; la geometría de los elementos se diferencia para cada tipo, de acuerdo a la luz de trabajo (distancia entre apoyos) en la cual van a estar colocadas las losetas.

**Tabla 1.7. Losetas Prefabricadas**

TIPO	SECCION	LUCES
LS 1		hasta 3.2m
LS 2		hasta 3.6m
LS 3		hasta 4.05m

LS 4		hasta 3.2m
LS 5		hasta 3.6m



**Figura 1.36. Losetas Prefabricadas.**

**CARACTERISTICAS DEL PRODUCTO:** Las losetas prefabricadas tienen la característica de ser elementos livianos por lo que al hacer el diseño estructural de cualquier edificación (Figura 1.37.) se busca proponer vigas de hormigón o metálicas que no sean robustas y que soporten las cargas de los elementos prefabricados que en ellas va a estar soportadas. Además el consumo de acero de refuerzo por metro cuadrado brinda una ventaja al sistema ya que proporciona mayor uso de carga viva por el reducido peso de la carga muerta.



**Figura 1.37. Losetas Prefabricadas**

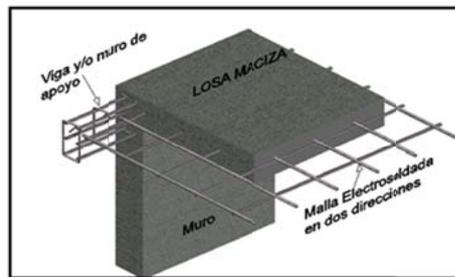
Estos productos tienen por finalidad sustituir la construcción tradicional de losas tales como:

- a) Losa Maciza
- b) Losa Aliviada

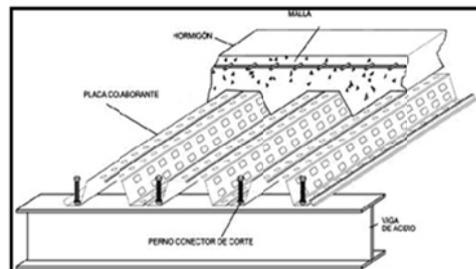
a) *LOSA MACIZA*: Este tipo de losa (Figura 1.38.) consta de una sección de concreto reforzada con varillas de acero.

Otra opción para elaborar una losa maciza es utilizar un elemento de apoyo como la placa colaborante (Figura 1.39), ésta es utilizada cuando en la construcción de edificaciones, se utilizan elementos metálicos como las vigas, en ellas la placa colaborante se asienta y por medio de un perno conector se sujetan la viga metálica.

Posteriormente se coloca una malla electrosoldada y se procede a vaciar el hormigón, de esta manera se forma la losa.



**Figura 1.38. Losa Maciza 1**



**Figura 1.39. Losa Maciza 2<sup>3</sup>**

b) *LOSA ALIVIANADA*: Este tipo de construcción se realiza cuando parte del volumen de la losa es ocupada por materiales livianos o espacio vacíos. Las losas alivianadas son las más populares en nuestro país “Los alivianamientos se pueden conseguir mediante mampuestos aligerados de hormigón (son los de mayor uso en nuestro medio), cerámica aligerada, formaletas plásticas recuperables o formaletas de madera. (Figura 1.40).”<sup>4</sup>

A continuación se realizara una diferenciación entre los diferentes tipos de losa que se producen en nuestro medio con las losetas prefabricadas.

<sup>3</sup> <http://www.diproin.cl/contenido/productos/Revestimiento/PV3-RX.html>

<sup>4</sup> <http://publiespe.espe.edu.ec/academicas/hormigon/hormigon07-a.htm>

**Tabla 1.8. Peso de Losa Alivianada**

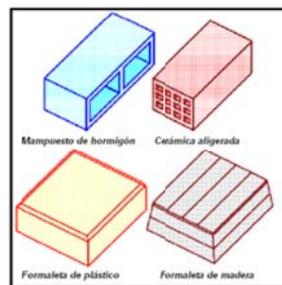
<b>PESO LOSA ALIVIANADA</b>	
Descripción	Peso (Kg)
Hormigón $f'c=240\text{kg/cm}^2$	225.00
Malla $d=4\text{mm}$ , $c/15\text{cm}$	1.62
Acero de refuerzo $f_y=4200\text{kg/cm}^2$	4.19
Bloque $40\times 20\times 20$	8.00
<b>TOTAL</b>	<b>238.82</b>

\*Estimado para  $1\text{m}^2$  de construcción

**Tabla 1.9 Peso de Loseta Prefabricada.**

<b>PESO LOSA PREFABRICADA</b>	
Descripción	Peso (Kg)
Hormigón $f'c=280\text{kg/cm}^2$	80.73
Acero de Refuerzo $f_y=4200\text{kg/cm}^2$	3.43
<b>TOTAL</b>	<b>84.17</b>

\*Estimado para  $1\text{m}^2$  de construcción.



**Figura 1.40 Alivianamientos**

Como se observa en la Tabla 1.8. y Tabla 1.9. existe una notable diferencia entre la construcción de una losa alivianada con respecto a la losa prefabricada tomando en cuenta que ambos procesos han sido calculados para  $1\text{m}^2$  de construcción, esto se debe a la enorme influencia que ejerce la densidad del hormigón estructural liviano utilizado en las losetas, con respecto al hormigón utilizado en la construcción tradicional de losas. Habitualmente para la ejecución de una losa con prefabricados se requiere un número de personas menor que el del sistema tradicional para que sitúe las losas en su respectivo lugar, con la utilización de un mortero de cemento para su fijación (Figura 1.41.).



**Figura 1.41. Colocación de las losetas**

La elaboración de las losas con este sistema brinda la posibilidad de dar un acabado en la parte inferior con un empaste (Figura 1.42.) y en la parte superior se utilizaría un revestimiento directo con cerámica, porcelanato, o piso flotante de acuerdo a las necesidades de los clientes (Figura 1.43).



**Figura 1.42. Vista inferior de las losetas**



**Figura 1.43. Vista superior de las losetas**

Como características especiales describimos lo siguiente:

- Excelente impermeabilidad térmica
- Excelente impermeabilidad acústica
- Alta expectativa de vida

### **1.1.3.2 PAREDES PREFABRICADAS**

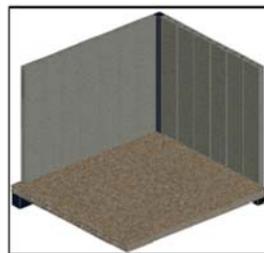
Las paredes en prefabricado ofrecen la flexibilidad a los cambios de uso, así mismo encuentra en las divisiones las mejores soluciones a la hora de distribuir espacios interiores o exteriores. Las paredes prefabricadas que se producen en CAZAL tienen características similares en su estructura a las losetas prefabricadas. La variación entre unas y otras es la sección (Tabla 1.10) ya que por su aplicación requiere otra geometría.

*CARACTERISTICAS DEL PRODUCTO:* La utilización de este tipo de elemento da la posibilidad de realizar paredes fijas y desmontables. El grupo de los fijos (Figura 1.44) está formado por los que buscan sustituir el tabique de obra tradicional,

mientras que los desmontables (Figura 1.45) tienen un uso en los edificios de oficinas.

**Tabla 1.10. Paredes Prefabricadas**

TIPO	SECCIÓN	ALTURA
PS1		hasta 3m
PS2		hasta 3m



**Figura 1.44. Pared Fija**



**Figura 1.45. Pared Desmontable**

La realización de las paredes fijas o desmontables con la utilización de prefabricados nos brinda la característica de hacer un empaste y el proceso queda terminado como se observa en la Figura 1.46.



**Figura 1.46. Pared Desmontable Terminada**

Entre las grandes ventajas de la construcción de paredes con prefabricados de hormigón están las siguientes:

- El montaje con prefabricados es rápido y se lo puede realizar en la mitad de tiempo con relación a una construcción tradicional.
- Son resistentes al sol, la lluvia, los vientos, además de ser inoxidable.
- Los elementos prefabricados pueden ser desmontados y colocados en una nueva edificación en caso de traslado.
- Los elementos prefabricados tendrían un mantenimiento mínimo ya que los materiales con los que están contruidos son de excelente calidad.

### 1.1.3.3 PRECIOS DE CONSTRUCCIÓN CON PREFABRICADOS

De los análisis de precios unitarios con las que cuenta la fábrica, el costo de una losa prefabricada es de \$ 26.00/m<sup>2</sup>, mientras tanto que para paredes prefabricadas es de \$12.00/m<sup>2</sup>.

Como ejemplo y para tener mayor objetividad en el estudio de los precios de construcción se va cuantificar y diferenciar los volúmenes de materiales para la construcción de una losa con elementos prefabricados y en losa alivianada en un proyecto de construcción de 235 m<sup>2</sup>.

Se analiza en la Tabla 1.11 un presupuesto referencial con losetas prefabricadas para el área de construcción descrita como ejemplo.

**Tabla 1.11. Presupuesto referencial para losas prefabricadas**

<b>PRESUPUESTO REFERENCIAL PARA LOSAS PREFABRICADAS.</b>		
<b>CANTIDAD (m<sup>2</sup>)</b>	<b>VALOR UNITARIO (\$)</b>	<b>VALOR TOTAL (\$)</b>
235	26.00	6110.00
	<b>TOTAL</b>	<b>6110.00</b>

En la Tabla 1.12. se observan los materiales utilizados para la construcción de una losa alivianada del área descrita en el ejemplo, con un espesor de 25cm y un presupuesto referencial, los precios unitarios son tomados de acuerdo a los valores usados en el mercado local.

**Tabla 1.12. Presupuesto referencial losa aliviana**

<b>PRESUPUESTO REFERENCIAL LOSA ALIVIANADA.</b>				
<b>DESCRIPCION</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>VALOR UNITARIO</b>	<b>VALOR TOTAL</b>
Hormigón, $f'c=240\text{kg/cm}^2$	$\text{m}^3$	26.99	145.63	3929.83
Acero de Refuerzo, $f_y=4200\text{kg/cm}^2$	kg	1956.5	2.69	5262.98
Encofrado recto	$\text{m}^2$	235	9.84	2312.40
Bloque 40x20x20cm	un	1525	0.85	1296.25
Malla electro soldada ( $\phi 4,5\text{mm}$ , c/15cm)	kg	381.89	3.32	1267.87
			<b>TOTAL</b>	<b>14069.33</b>



**Figura 1.47 Resumen de presupuestos**

El precio de construcción con el empleo de losa alivianada se determina en \$14069.33, mientras que utilizando losas prefabricadas el costo se reduce a \$6110.00, obteniendo una diferencia significativa de \$7959.33, dándonos un ahorro del 43%.

## **1.2 INFORMACIÓN DEL PROCESO.**

### **1.2.1 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO**

Las losas y paredes prefabricadas de hormigón celular son producidas mediante el proceso de manufactura que se explica a continuación.

#### **1.2.1.1 MEZCLADO**

El hormigón estructural liviano no tiene normas específicas para realizar el mezclado, por lo tanto se realiza algunas pruebas para determinar las cantidades

ideales de cada material, de manera que se obtengan propiedades óptimas del hormigón tales como la densidad, trabajabilidad y resistencia. El hormigón que vamos a obtener es una mezcla de cemento hidráulico, agua, agregados inertes y los aditivos la cual se realiza en la concreteira (Figura 1.23). La cantidad de agregados y cemento son medidos por parihuelas (Figura 1.21), mientras tanto que la cantidad de agua de mezclado y los aditivos son colocados en recipientes o baldes.

Antes de empezar la rotación en la concreteira primero se coloca el agregado grueso. Se pone en funcionamiento la mezcladora al cabo de un tiempo se coloca el agregado fino, posteriormente se agrega el cemento hasta llegar a tener una mezcla homogénea de estos materiales, luego se agrega el agua las dos terceras partes de lo pesado. Finalmente se añade el aditivo simultáneamente con la última parte de agua. El mezclado se completara hasta obtener el grado de uniformidad deseado.

### 1.2.1.2 MOLDEADO.

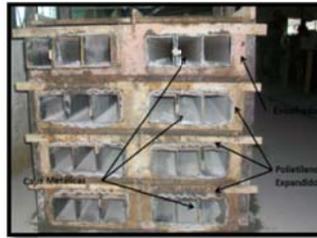
Para realizar el proceso de moldeado se procede a limpiar los cofres de madera luego se ubican los moldes (Figura 1.48) en las secciones correspondientes ya sea para producir paredes o losas prefabricadas.



**Figura 1.48. Encofrado inicial**

Posteriormente se coloca cajas metálicas al interior de los cofres de madera para obtener la geometría requerida de acuerdo a las medidas que se describieron en las secciones 1.1.3.1 y 1.1.3.2. Las cajas metálicas tienen que estar cubiertas por una lámina de espuma de polietileno cuyo espesor es de 1mm (Figura 1.49). La espuma posee características de aislante que permite que el hormigón no quede adherido a los elementos metálicos. Para finalizar el proceso se ensamblan en el molde las varillas de refuerzo que han sido cortadas y dobladas. Finalmente se procede a vaciar el hormigón en el encofrado.

El desmolde o desencofrado se lo realiza después que hayan transcurrido 48 horas; en ese lapso de tiempo el hormigón fragua tomando así forma y consistencia para luego realizar el proceso de curado.



**Figura 1.49. Encofrado final.**

### 1.2.1.3 CURADO

El tratamiento de curado del hormigón debe seguir después que este haya fraguado en los moldes como se explicó en la sección 1.2.1.2. Este tratamiento se realiza en el hormigón estructural liviano debido a su menor resistencia a la difusión del vapor de agua, ya que si se realiza un curado rápido perjudica su hidratación favoreciendo la aparición de grietas de retracción. Para evitar esto, debe conservarse la humedad de amasado cubriendo la superficie del hormigón con láminas de plástico, como las de polietileno (Figura 1.50) aproximadamente por 7 días



**Figura 1.50. Curado de los elementos**

Las películas de plástico son livianas y se extienden fácilmente en superficies horizontales. Debe tener un espesor mínimo de 0.1mm. “El curado con láminas de polietileno puede causar manchas por decoloración si las láminas no se mantienen bien extendidas sobre la superficie del hormigón.”<sup>5</sup> Las láminas que se utilizan son de color claro o blanco cuando el clima tiene un estado caluroso para reflejar los rayos del sol, mientras tanto que el color negro se lo utiliza cuando las condiciones climáticas son frías.

<sup>5</sup> Informaciones técnicas ICPA, Curado del hormigón Pg. 8.

### 1.2.1.4 ALMACENADO

El almacenamiento de los elementos prefabricados se lo realiza de tal manera que queden agrupados en bloques (Figura 1.51), es decir cada elemento esta uno sobre el otro formando una hilera de prefabricados, los cuales están asentados en el suelo.

Para que el producto quede listo para su despacho se verifica que no existan fisuras o grietas en los elementos que pueden producirse por la retracción.

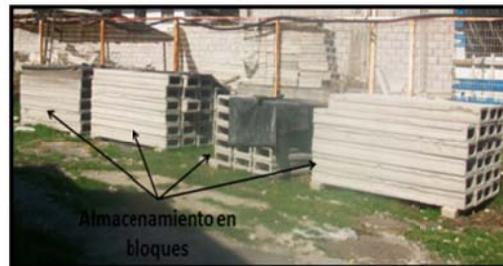


Figura 1.51. Almacenado de los elementos.

### 1.2.2 DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO

Con este tipo de diagramas es posible analizar el recorrido de actividades. En la Figura 1.52 se tiene el lay out de la planta actual con sus diferentes zonas de trabajo y las rutas usadas para el movimiento del material, partiendo de éste, se desarrollarán los diagramas de flujo y análisis de actividades en la planta. En líneas interpuntadas se observa el recorrido que realiza el material desde el punto 1, hasta su última actividad en el punto 21.

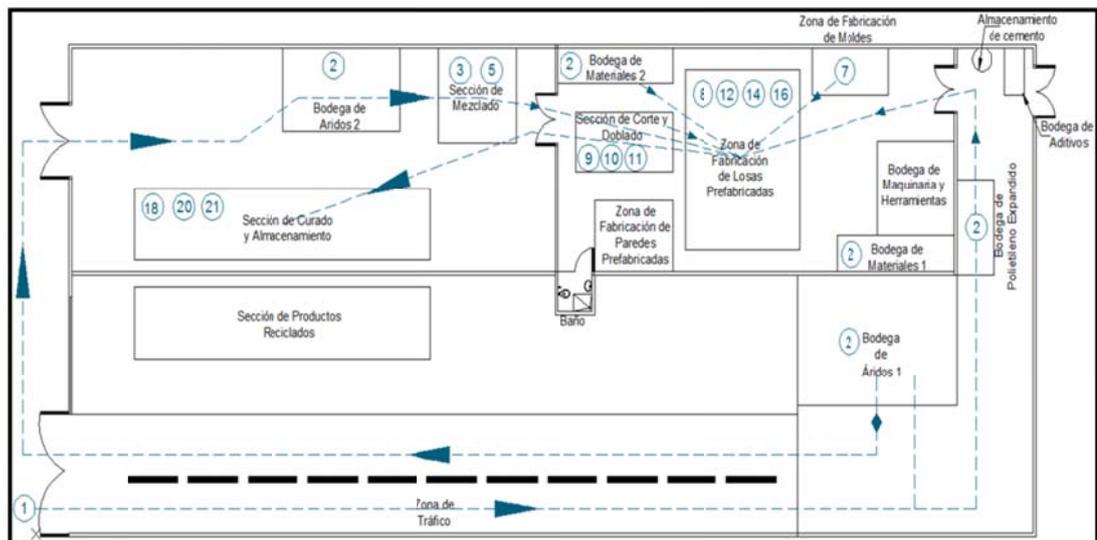


Figura 1.52. Rutas de Movimiento

En la Figura 1.53 se muestra el diagrama de flujo de la planta de prefabricados misma que se encuentra dividido en columnas que indica el tipo de procedimiento y/o actividad que se realiza, la descripción de dicho procedimiento, el material que se usa durante el proceso, observaciones, características especiales que tienen los materiales con los que se trabaja y por último el personal requerido para realizar dicha actividad.

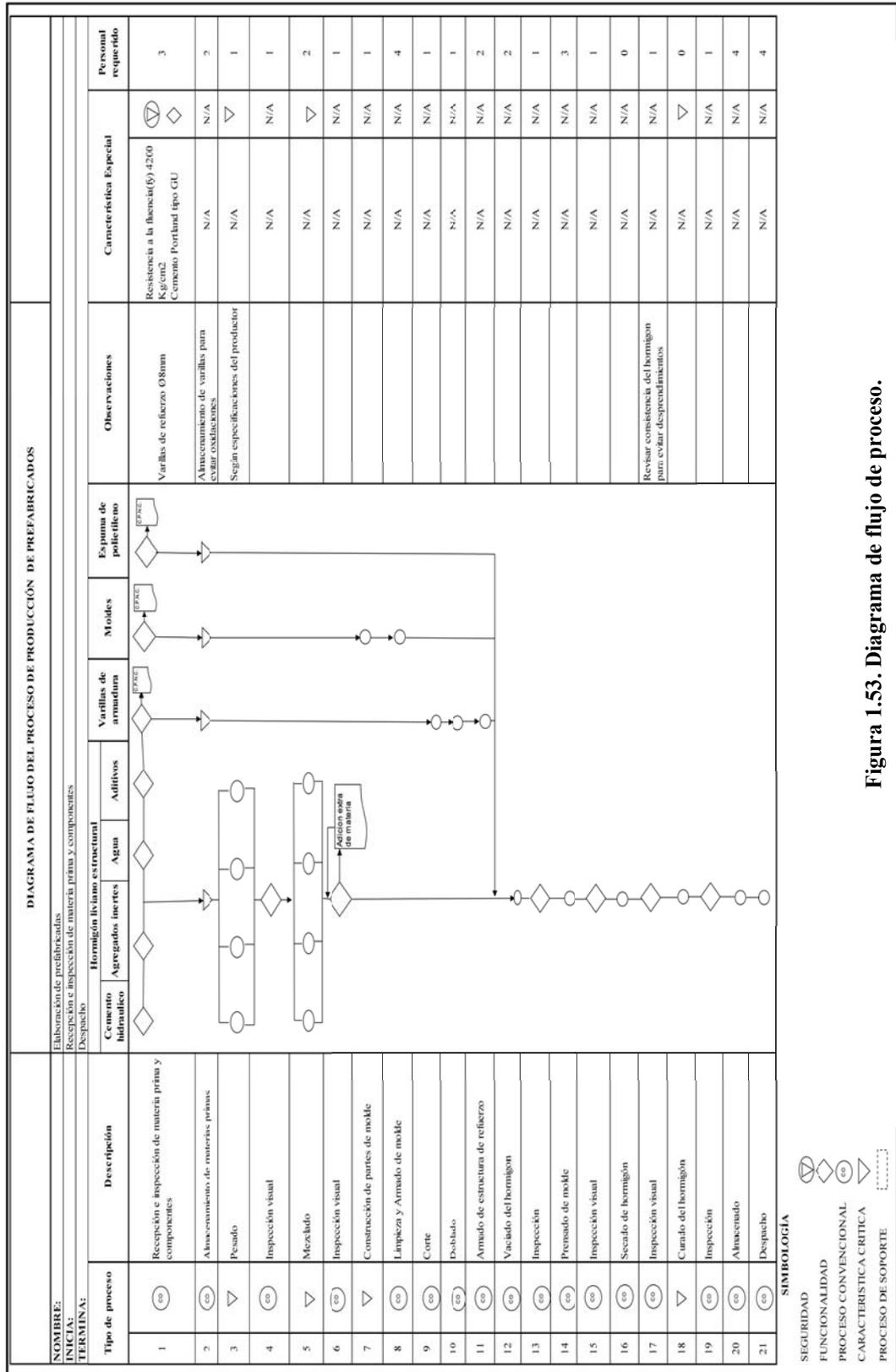
Al ser este el diagrama de flujo equivalente a todo el proceso de transformación de los prefabricados, los elementos que intervienen son:

- a. Cemento hidráulico Tipo GU.
- b. Agregados inertes
- c. Agua
- d. Aditivos
- e. Varillas de armadura
- f. Moldes
- g. Espuma de polietileno

Así mismo el diagrama se dividen en filas las cuales muestran la ubicación de cada actividad por orden de proceso que se realiza actualmente y los cuales serán explicados a continuación:

*RECEPCIÓN E INSPECCIÓN DE MATERIA PRIMA Y COMPONENTES, ALMACENAMIENTO DE MATERIAS PRIMAS:* Se realizará la recepción de la materia prima tanto en cemento, agregados, agua, aditivos, varillas, madera para moldes y polietileno expandido, los cuales deberán ser inspeccionados garantizando que sean aptos para realizar el trabajo.

Como observación resaltamos que la resistencia a la fluencia de las varillas de refuerzo es de  $4200\text{kg/cm}^2$  (Ver Tabla 1.4) los cuales nos garantizarán seguridad y funcionalidad. El personal requerido para cada una de las actividades es de 3 personas. Para el almacenamiento de los elementos las bodegas deberán estar secas para así evitar deterioros de los mismos, esto debido a que son materiales de construcción.



**Figura 1.53. Diagrama de flujo de proceso.**



*PESADO, INSPECCIÓN VISUAL:* Se realiza el pesado de los distintos materiales que intervienen en la mezcla que son el cemento, agregados inertes y aditivos todo esto bajo las especificaciones dadas por la fábrica de acuerdo a las características mecánicas que se desee obtener, el pesado de los elementos se los realizará por medio de las denominadas parihuelas (Ver 1.1.2.6). El pesado es realizado por dos personas.

*MEZCLADO, INSPECCIÓN VISUAL:* Una vez que los elementos han sido pesados se los colocará en la concretera para ser mezclados, luego se adiciona el agua y se procederá a encender la concretera, la cantidad de agua a ser colocada en la concretera es determinada de acuerdo a las especificaciones de la fábrica ya que la consistencia de la mezcla es de acuerdo a las características mecánicas que se deseen.

Se realizará una inspección de la mezcla y su consistencia, este procedimiento es realizado por dos personas.

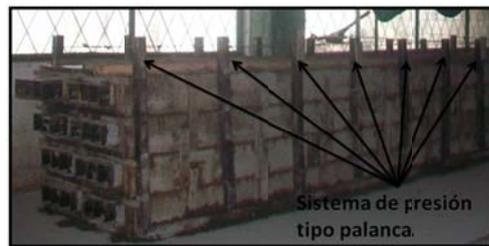
*CONSTRUCCIÓN DE PARTES DE MOLDE:* Siguiendo con el diagrama de flujo se tiene la construcción de las partes de los moldes, este procedimiento se realiza según el tipo de geometría que se desee del molde (Tabla 1.7.) y (Tabla. 1.10), éstos se los construirá en la zona de fabricación de moldes mostrado en el lay out (Figura 1.3), estas partes serán trasladadas hacia la zona de fabricación de prefabricados, esta actividad es realizada por una persona.

*LIMPIEZA Y ARMADO DE MOLDE:* En algunos casos se tiene las partes de los moldes usados en otros prefabricados por lo que estos son reutilizados, si se utiliza moldes usados, estos deben estar limpios de hormigón para garantizar que la mezcla tenga uniformidad en el acabado, las partes deben ser armadas y estar listas para verter la mezcla en ellos, esta actividad es realizada entre 4 personas.

*CORTE, DOBLADO, ARMADO DE ESTRUCTURA DE REFUERZOS:* Con las varillas de refuerzo se realizará el corte y doblado de la armadura de refuerzo que serán colocadas en los moldes para los prefabricados, estos serán colocados antes de verter la mezcla. Para el corte y doblado de los refuerzos metálicos se necesitará un solo operador y para el armado de los refuerzos se requerirán 2 personas.

**VACIADO DEL HORMIGÓN, INSPECCIÓN:** Una vez que los moldes se encuentran armados con los respectivos refuerzos metálicos y cubiertos por la lámina de polietileno expandido se realiza el vaciado del hormigón que será transportado desde la concreteira hacia los moldes, los cuales deben ser taqueados para cubrir cualquier espacio en el cual no entre el concreto dentro del molde, primero se dará una capa de hormigón hasta el nivel en el que irán las cajas metálicas para ser colocados en los moldes, el hormigón será transportado en carretillas hacia la zona de fabricación de prefabricados. Para esta actividad se necesitan de 2 personas.

**PRENSADO DE MOLDE, INSPECCIÓN VISUAL:** Se cierran los moldes y se realiza el prensado por medio de un sistema de palanca (Figura 1.49) el cual consiste en la utilización de tensores el cual permite estabilidad en las paredes del molde,



**Figura 1.54. Sistema de presión en fabricación de prefabricados**

Terminado con el prensado de los moldes se procede a una inspección la cual consiste en verificar que todos los elementos que actúan en el proceso garanticen la seguridad de evitar derrames de hormigón. En esta actividad se necesitarán de 3 personas.

**SECADO DE HORMIGÓN, INSPECCIÓN VISUAL:** Reposar el hormigón durante 48 horas hasta que este fragüe, luego se realiza el desencofrado para que los prefabricados sean llevados para su curado al natural, se realizará una inspección visual de la consistencia del prefabricado ya que esto ayudará para que en el momento del traslado hacia el curado no haya desprendimiento de hormigón, la inspección debe ser realizada por una persona.

**CURADO DEL HORMIGÓN, INSPECCIÓN:** Una vez chequeado que el fraguado del prefabricado es correcto se deberá transportar el mismo hacia la zona de curado, (Figura 1.15) donde será colocado para que por medio de un curado al medio ambiente este obtenga las propiedades necesarias, el tiempo de curado del

prefabricado aproximadamente será de 6 a 7 días, durante este tiempo no debe moverse de su lugar y se inspeccionará que el prefabricado no tenga ningún desprendimiento ni fisuramiento. Esta actividad es realizada por 4 personas.

**ALMACENADO, DESPACHO:** Terminado el tiempo de curado este será trasladado al lugar requerido para la construcción. En caso de que el prefabricado no sea requerido este se mantendrá en el mismo lugar hasta ser despachado. Esta actividad será realizada por 4 personas.

### 1.2.2.1 DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DE MEZCLADO

Como se indicó en la sección 1.2.1.1 en la sección de mezclado se reunirán todos los componentes que actúan en el producto a excepción de los refuerzos metálicos, los cuales serán colocados en la concretera para su posterior mezclado, en la Figura 1.3 se observa la ubicación de esta zona. Las actividades que aquí se realizan se encuentran en el diagrama de flujo de la zona de mezclado (Figura 1.55) que inicia con la recepción e inspección de materia prima y componentes y termina con el traslado de hormigón a sección de moldeado y secado.

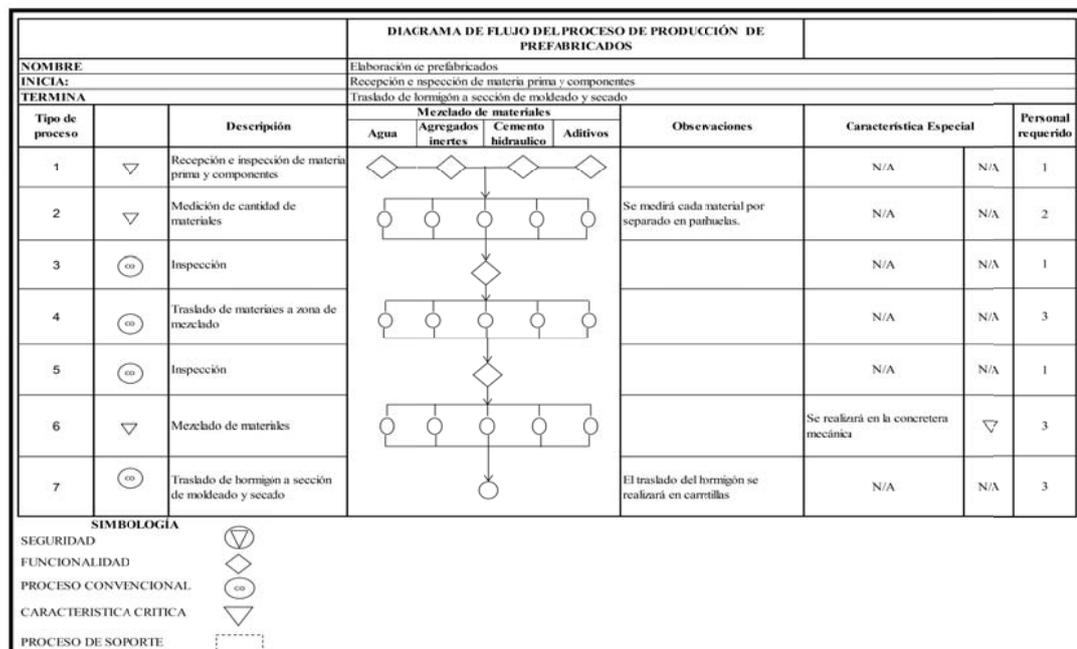


Figura 1.55 Diagrama de flujo de proceso sección mezclado

A continuación se procederá a describir la información que contiene el diagrama de flujo de esta sección.

*RECEPCIÓN E INSPECCIÓN DE MATERIA PRIMA Y COMPONENTES:* Se realiza la recepción e inspección de las materias primas para ser colocadas en las distintas bodegas de la planta esta actividad puede ser realizada por 4 personas que serán los encargados de llevarlos a cada una de las bodegas para su posterior uso.

*MEDICIÓN DE CANTIDAD DE MATERIALES, INSPECCIÓN:* En este punto se tiene el ítem de crítico, debido a que una mezcla incorrecta de los elementos deriva en malas características mecánicas y físicas del prefabricado. La medición se la realiza por medio de parihuelas tal como se explicó en el pesado de la sección 1.2.2., esta actividad es realizada por 2 personas.

*TRASLADO DE MATERIALES A ZONA DE MEZCLADO, INSPECCIÓN:* Se realiza el traslado de los elementos ya pesados a la zona de mezclado por medio de carretillas para su posterior proceso. Esta actividad es realizada por 3 personas.

*MEZCLADO DE MATERIALES, TRASLADO DE HORMIGÓN A SECCIÓN DE MOLDEADO Y SECADO.* Teniendo todos los elementos pesados y en la zona para mezclado, se los colocará en la concretera para su proceso de transformación y se inspeccionará de manera visual la mezcla hasta que el operador estime que todos los elementos se encuentren homogéneos.

#### **1.2.2.2 DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO DEL MOLDEADO Y SECADO**

En la zona de moldeado y secado se tienen zonas aledañas que interfieren directamente con la fabricación de las losas y de las cuales se obtendrán los diferentes componentes como son las partes de los moldes y los refuerzos metálicos, además de las bodegas de almacenamiento de maquinarias y herramientas, bodega de cemento y bodegas de materiales para el armado de los refuerzos. En la sección 1.1.2.2.se explicó de manera breve esta zona

Las actividades que se realizan en esta zona inician con armado y finaliza con el traslado de prefabricados a sección de curado, al igual que en las diferentes zonas se tiene un diagrama de flujo (Figura 1.56).

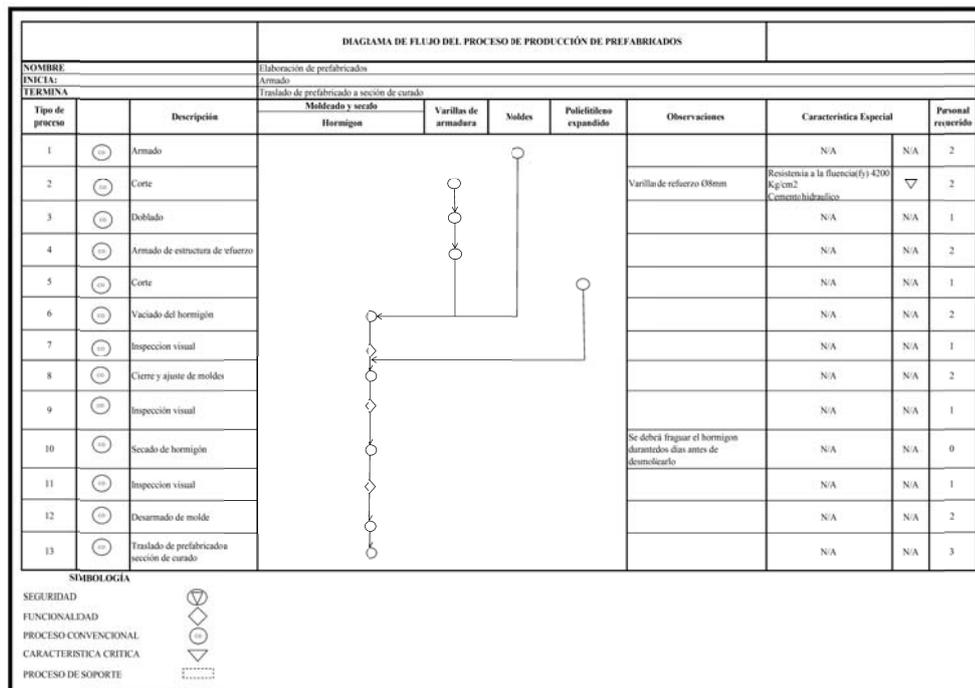


Figura 1.56. Diagrama de flujo de proceso sección moldeado y secado

Los elementos que intervienen en la zona de moldeado y secado son:

- Hormigón
- Varillas de armadura
- Moldes
- Polietileno expandido

El diagrama de flujo de esta sección es analizado a continuación:

**ARMADO:** Se inicia con el armado de los moldes para el prefabricado a producirse, teniendo en cuenta que ya deben estar listas las partes de los moldes a fabricarse. Para esta operación se necesitan 2 personas.

**CORTE, DOBLADO:** En estas actividades se realizan el corte y el doblado de los refuerzos metálicos en la zona de corte y doblado (Figura 1.3.), que son de un diámetro de 8mm, para el corte se necesitan 2 personas y para el doblado una sola persona..

**ARMADO DE ESTRUCTURA DE REFUERZO:** En esta actividad se realiza el armado y colocación del armazón que irá en el prefabricado, una vez terminado el

armazón dependiendo de la longitud del prefabricado a producirse, este será colocado en el molde para luego verter la mezcla. En este mismo punto se incluye la colocación de las cajas metálicas en el encofrado los cuales forman el agujero del producto, para esta actividad se necesitarán de 2 personas.

*CORTE:* Se realiza el corte de la lámina de polietileno expandible el cual sirve como aislante entre el hormigón y las cajas metálicas que forman el molde. Se necesitará de una persona para realizar esta actividad.

*VACIADO DEL HORMIGÓN, INSPECCIÓN VISUAL:* Se realizará el vaciado del hormigón de tal manera que la mezcla quede uniforme y se encuentre homogénea en todo el molde, para esto se deberá taquear la mezcla para que lo cubra en su totalidad. Se inspeccionará que el molde no tenga ninguna fuga en sus uniones por donde pueda escapar el hormigón. Para el vaciado del hormigón son necesarias 2 personas.

*CIERRE Y AJUSTE DE MOLDES, INSPECCIÓN VISUAL:* Teniendo los moldes llenos, estos se cerrarán y serán presionados para evitar que partes del molde caigan y para garantizar la forma del prefabricado, se presionarán los moldes por medio de tensores (Figura 1.54) para evitar derrames del hormigón. Este procedimiento será inspeccionado de manera visual, para esta actividad se necesitan de 2 personas.

*FRAGUADO DEL HORMIGÓN, INSPECCIÓN VISUAL:* Con el hormigón listo se necesitarán de aproximadamente 2 días para que este fragüe, una vez secado será inspeccionado para garantizar que al ser transportado no existan desprendimientos de hormigón.

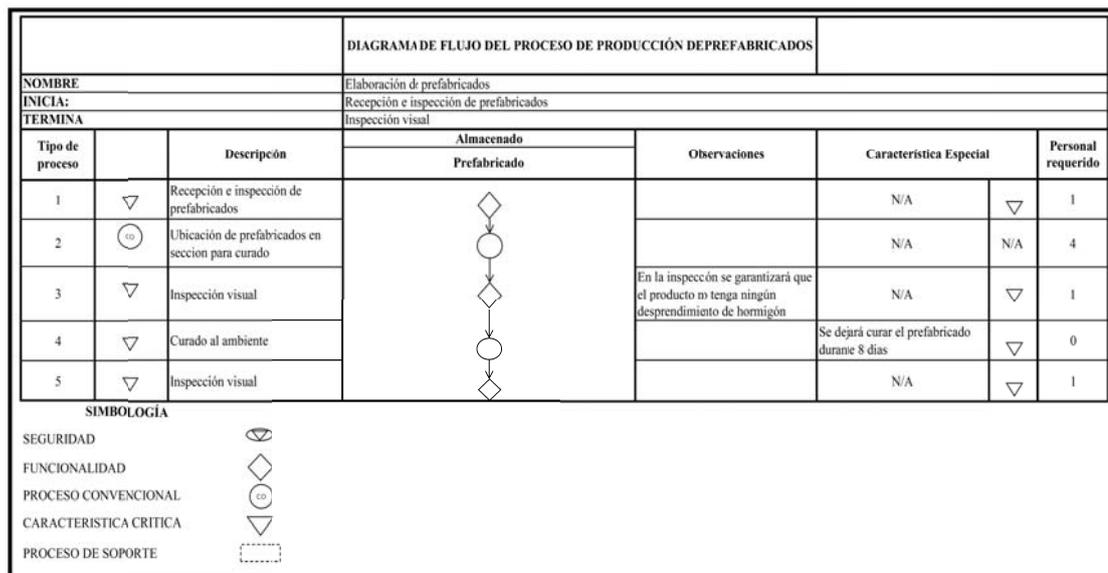
*DESARMADO DE MOLDE:* Una vez verificado que el hormigón se encuentra seco el molde será desarmado y sus componentes serán ubicados de tal manera que no afecten la manipulación del prefabricado. Esta actividad se la realiza con 2 personas.

*TRASLADO DE PREFABRICADO A SECCIÓN DE CURADO:* Desarmado el molde, el prefabricado será transportado por medio de carretillas de dos ruedas (Figura 1.29) hacia la zona de curado, esta actividad se realizará con 3 personas.

### 1.2.2.3 DIAGRAMA DE PROCESO DE LA SECCIÓN DE CURADO Y ALMACENADO.

De la misma manera que en los diagramas de flujo anteriormente vistos se dio una breve explicación de la zona de curado en la sección 1.1.2.2. la cual está formada por la zona de almacenamiento y curado, aquí se tiene la particularidad de que el producto una vez que termina su fase de curado es despachado al consumidor final, de lo contrario permanecerá en el mismo lugar en el cual se realizó el curado. Las actividades para la zona de curado y almacenamiento (Figura 1.3) inician con la recepción e inspección de prefabricados y finaliza con una inspección visual, el único elemento que interviene en esta actividad es el prefabricado.

A continuación se realizará una explicación de los puntos del diagrama (Figura 1.57.):



**Figura 1.57. Diagrama de flujo de proceso curado y almacenado**

**RECEPCIÓN E INSPECCIÓN DE PREFABRICADOS:** Se dará una inspección de los prefabricados antes de llevarlos al lugar designado para su curado, esta actividad se considera crítica ya que se debe visualizar el acabado del mismo y garantizar que no tenga despostillamientos ni fisuras. Esta actividad es realizada por una persona.

**UBICACIÓN DE PREFABRICADOS EN SECCIÓN PARA CURADO, INSPECCIÓN VISUAL:** Se transportará el prefabricado desde la zona de fabricación hasta la zona de curado, el prefabricado será ubicado en el espacio disponible en ese momento ya

que conforme la producción avanza serán ubicados los mismos, la inspección se considera crítica ya que se debe garantizar que el prefabricado no haya sufrido daño de ningún tipo.

*CURADO AL AMBIENTE, INSPECCIÓN VISUAL:* Colocado el prefabricado para su curado se dejará a este por aproximadamente 7 días para ser despachado o caso contrario se lo mantendrá en el mismo lugar, como punto crítico se tiene la inspección visual ya que no debe presentar desprendimientos, fisuras o alguna anomalía en el acabado.

### 1.2.3 DIAGRAMA DE RECORRIDO PARA LA ELABORACIÓN DE PREFABRICADOS

De acuerdo al lay out actual de la fábrica CAZAL se analizará el recorrido (Figura 1.58) de los materiales para la elaboración de los prefabricados, iniciando desde el punto “a” que inicia con la recepción de materia prima hasta el punto “l” que corresponde a curado y almacenamiento.

El diagrama nos proporciona las distancias de recorrido y tiempo del material, los cuales tenemos en la Tabla 1.13.

**Tabla 1.13. Distancia de recorridos entre puntos para traslado de material**

Rutas	Distancia (m)	Tiempo (m)
a b	51.4	1.12
a c	59.5	1.29
d e	75.8	1.64
e f	9.4	0.2
f g	13.8	0.29
i g	4.14	0.09
h g	5.7	0.12
j g	7.6	0.16
k g	16.9	0.36
g l	24.4	0.52
<b>TOTAL</b>	<b>268.64</b>	<b>5.82</b>

Los resultados son de acuerdo al “tiempo de ciclo”<sup>6</sup> efectuado por el personal, estos datos son obtenidos desde que se toma el elemento a ser transportado hasta ubicarlo en la siguiente zona de trabajo.

<sup>6</sup>Reducción del tiempo de ciclo, P. Reyes

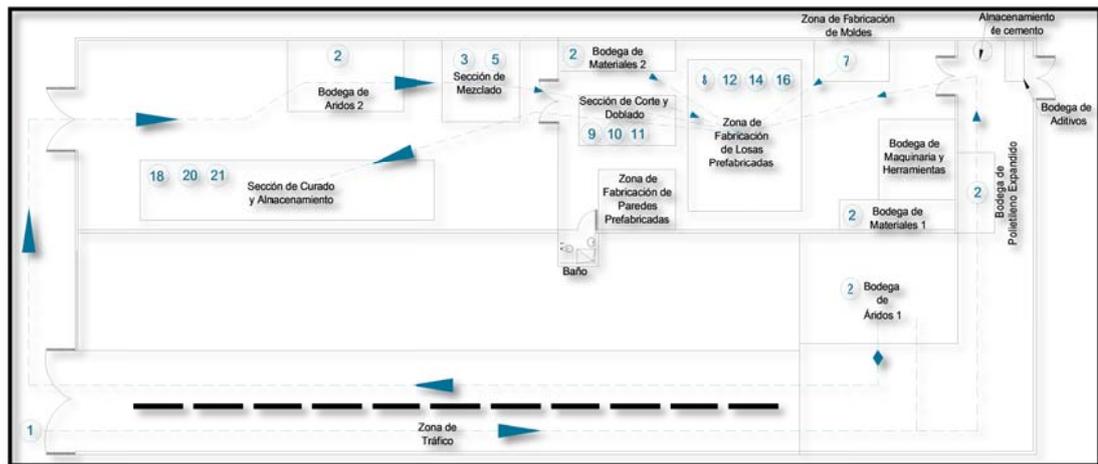


Figura 1.58. Diagrama de recorridos

### 1.2.3.1 ANÁLISIS DE RECORRIDOS.

A continuación se analizarán los recorridos que tiene actualmente la fábrica, estos serán descritos por:

- a) Recepción y almacenamiento de materia prima.
- b) Mezclado.
- c) Moldeado.
- d) Curado

a). *RECEPCIÓN DE MATERIA PRIMA*: Como se observa en la Figura 1.58, en la recepción de la materia prima intervienen los puntos a, b, c, d, e, h, j, k, siendo el punto “a” la entrada para el transporte pesado de todos los áridos y productos metálicos, en “b, d, e” se tiene el almacenamiento de áridos 2, en “c, k” el almacenamiento de polietileno expandido, en “h” todo lo que se refiere a madera para fabricación de moldes, en “j” se almacena material en acero.

Para esta actividad, en los puntos “a b” y “a c” se tiene el conflicto de cruce ya que se tienen que recibir el material desde el punto “a” por lo tanto se deberán recorrer más de 50 m para colocarlos en la bodega, además que la distancia a recorrer es muy larga ya que por las condiciones del suelo en muchas de las ocasiones no es posible que el cargamento sea llevado directamente hacia la bodega. Otra de las desventajas que se tiene es que para llevar los materiales como cemento, varillas, tubos de acero entre otros elementos que actúan en la fabricación de los prefabricados, se debe de

cruzar toda la planta hasta su lugar de almacenamiento en los puntos “h, j, e” por citar algunos.

*MEZCLADO:* De la misma manera que en la recepción de materia prima en la Figura 1.58 se observa la zona de mezclado que corresponde al punto “f”. La gran desventaja de esta zona es que hay que llevar la materia prima desde el punto “d” hasta el punto “e” recorriendo algo más de 75 m, además que podrían darse cruces de recorridos en caso de que exista recepción de materia prima. Recorrida esta distancia se almacena para realizar el mezclado en el punto “f”, al finalizar el mezclado se llevará la mezcla hasta el punto “g” en donde también pueden ocurrir cruces de recorrido en caso de que se realice el traslado de los prefabricados en el punto “g l”.

*FABRICACIÓN DE PREFABRICADOS:* De acuerdo a la Figura 1.58 los puntos g, i, corresponden a la fabricación de prefabricados, esta zona se encuentra rodeada de zonas de almacenamiento explicadas en la recepción de materia prima y de las cuales se toman todos los elementos para la fabricación de estos, además que desde la zona de mezclado se trae el hormigón para ser vaciado. Esta zona es la más conflictiva ya que se dan los cruces de recorridos entre los puntos “i g” cuando se da armado de los refuerzos metálicos, “j g” cuando se tienen que llevar los separadores o cajas metálicas hasta la zona de fabricación, “h g” cuando se trasladan las partes de los moldes hasta la zona de fabricación, “k g” cuando se lleva el polietileno expandible a la zona de fabricación, todas estas zonas se encuentran en conflicto ya que de ocurrir una alta demanda de producción se tendría caos por los cruces de recorridos.

*CURADO:* Finalmente el punto “l” (Figura 1.58) forma la sección de curado en donde se apilarán todos los prefabricados. Para esta zonas se tiene el cruce de recorridos anteriormente mostrado entre la zona de mezclado y el curado de prefabricados que corresponden a los puntos “f g” y “g l” respectivamente.

### **1.3 CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO.**

La instalaciones del edificio industrial tienen problemas, partiendo que el diseño del mismo no fue manejado desde el inicio para realizar procesos de manufactura como en nuestro caso la producción de elementos prefabricados.

La geometría en la cual está construida la nave tiene complicaciones, ya que por factores tales como el crecimiento de la producción, la mala distribución de los puestos de trabajo y la falta de espacio han ocasionado que dentro de esta se produzca aglomeraciones de material y maquinaria que no permite que la producción de los prefabricados se lleve de una manera que facilite el proceso.

En el transporte de los elementos prefabricados existen inconvenientes ya que al producirlos en volúmenes altos, éstos se vuelven pesados por lo que se requiere que se modifique la forma de trasportarlos a los distintos puntos de la planta, sin que esto conlleve a una obstaculización al normal proceso de fabricación.

Con respecto a la iluminación natural partiendo que el área a iluminar tiene que cubrir 1/6 del área del terreno, tenemos inconvenientes, ya que la superficie a iluminar es de  $34\text{m}^2$  y en la actualidad cubre un área de  $25\text{m}^2$  por lo que al interior de la fábrica la iluminación es deficiente y se necesita un adecuamiento para cubrir esta necesidad importante para el normal desenvolvimiento de las actividades.

Los accesos al interior de la nave presentan problemas debido a que no tiene ningún tipo de recubrimiento en su superficie provocando dificultades para trasladarse sobre ésta.

Como se demostró en la sección 1.2.3 existen demasiados cruces de recorrido de los materiales que se trasladan a las diferentes zonas de la fábrica, ocasionando congestionamientos en los distintos puntos del proceso. Lo que se recomienda realizar es un readecuamiento de los puestos de trabajo para evitar estos problemas.

## **CAPÍTULO 2. DISEÑO DE LA NUEVA PROPUESTA DE LA NAVE PARA LA EMPRESA.**

### **2.1 CONSIDERACIONES DE DISEÑO**

Las consideraciones que se debe tomar para realizar el diseño de la nave industrial parten del diagnóstico realizado en el Capítulo 1. Es decir para poder realizar el dimensionamiento del área y adecuamiento de la nave, partiremos del análisis y mejoramiento de la disposición de los puestos de trabajo, además de la ampliación del área de la planta.

La idea principal se basará en realizar un cambio de la producción por medio de traslado de máquinas y equipos, además de incorporar una zona para el curado de prefabricados que será diseñada en un capítulo posterior, todo esto sin cambiar la metodología de trabajo que se usa actualmente para disminuir el impacto en el proceso de fabricación que llevan los obreros en cada puesto de trabajo.

Basado en los conceptos mostrados en el ANEXO 2.1 se realiza un análisis de cambio y optimización de los puestos de trabajo, por lo que se utiliza una disposición por producto en línea. En la Figura 2.1 se muestra el nuevo lay out de la planta partiendo del proceso de trabajo utilizado actualmente en la fábrica.

#### **2.1.1 DIAGRAMA DE RECORRIDOS PARA LA PROPUESTA DE MEJORAMIENTO**

De acuerdo a un análisis de la forma en que se procesan los prefabricados se ha llegado a definir los recorridos (Fig. 2.2) de tal forma que no exista intersecciones en el momento de la transportación ya sea de la materia prima o de los instrumentos para el procesamiento de los elementos. En la Tabla 2.1, se definen las distancias de los recorridos con su respectivo tiempo de traslación de los elementos para la fabricación, estos tiempos son estimaciones según lo analizado en la Tabla 1.13 del Capítulo 1, debido a que no se pueden realizar pruebas físicas con el lay out propuesto, se tomó a estos como referencia para valorar el tiempo de traslado de las personas por metro lineal en jornada laboral. De esta manera se presentan los tiempos de recorrido estimados para el traslado de materiales.

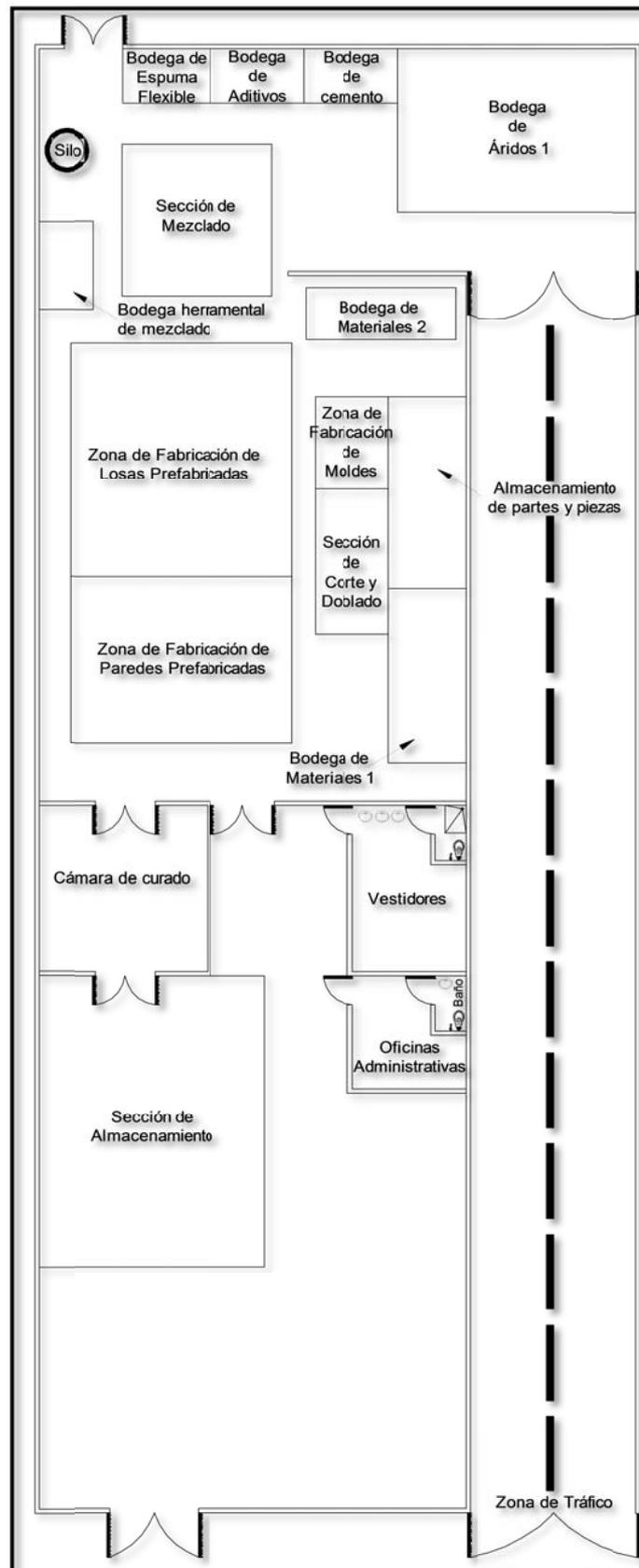
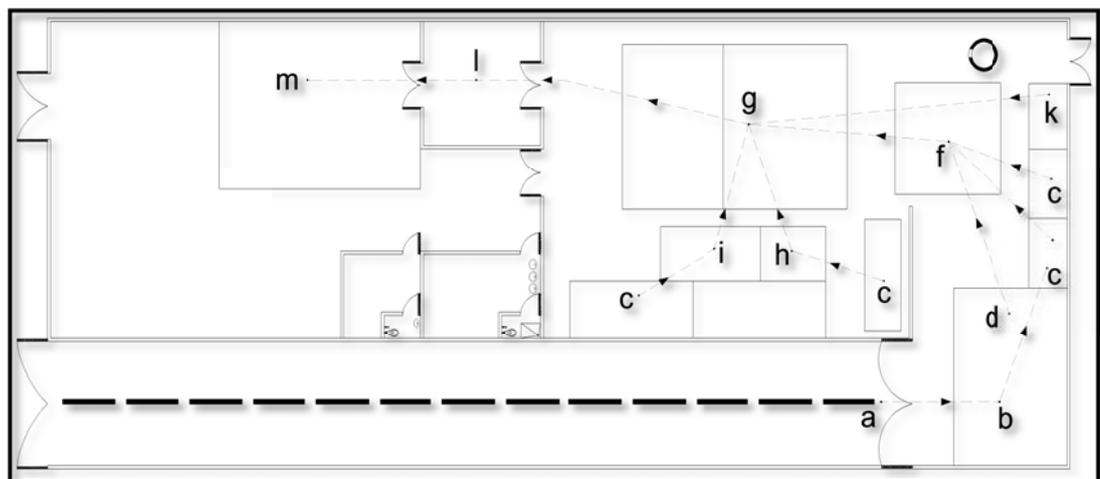


Figura 2.1 Propuesta de mejoramiento de los puestos de trabajo.

**Tabla 2.1. Propuesta de recorrido entre puntos para el traslado de material**

Rutas	Distancia (m)	Tiempo (seg)
a b	5,8	7,54
a c	12,3	15,99
c f	12,1	15,73
c h/c i	9,3	12,09
f g	9,8	12,74
i g	5,9	7,67
h g	6,1	7,93
g l	13,6	17,68
k g	14,8	19,24
l m	8,3	10,79
<b>TOTAL</b>	<b>98</b>	<b>127,4</b>



**Figura 2.2. Diagrama de recorridos para la propuesta mejoramiento.**

De acuerdo a la Figura 2.2. la recepción de los materiales se realizará en el punto “a” y se trasladarán hacia las diferentes bodegas identificadas en los puntos “c”, siguiendo el esquema se ubica la sección de mezclado “f” donde se unirán todos los elementos necesarios para esta actividad desde las bodegas de áridos, luego seguirán las zonas de fabricación de losas y paredes prefabricadas (punto “g”), en donde se recibirán los elementos desde los puntos “f, c, h, i, k”

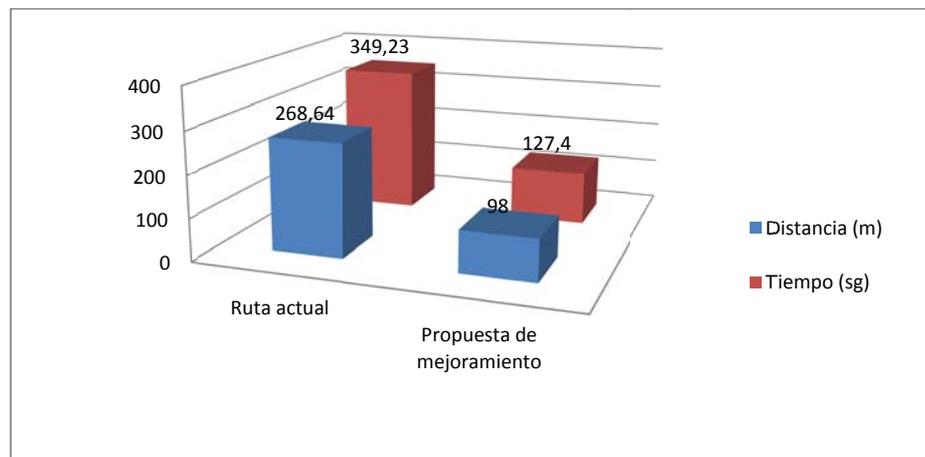
Los puntos “h, i”, son la zona de fabricación de moldes y sección de corte y doblado respectivamente, el curado de los prefabricados se lo realizará en la cámara de curado en el punto “l” y estos serán recibidos desde el punto “g”, la sección de almacenamiento está denominada con la letra “m” y los prefabricados serán recibidos desde la cámara de curado (punto “l”).

### 2.1.2 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS.

De acuerdo a los análisis se han obtenido los diferentes resultados, los cuales los presentamos a continuación en la Tabla 2.2.

**Tabla 2.2. Análisis de resultados**

Rutas	Distancia (m)	Tiempo (s)
Actual	268,64	349,23
Mejorada	98	127,40



**Figura 2.3 Gráfico comparativo de recorridos**

La propuesta de mejoramiento en la disposición de los puestos de trabajo nos brinda una disminución del recorrido de aproximadamente 170.6 m lo que representará una reducción significativa de tiempo de producción, tiempos muertos, aumento en la eficiencia de los operadores y del espacio físico de la planta, además de una disminución del tiempo de recorrido de 221.8 segundos, equivalente a 3min 41s.

## 2.2 PARÁMETROS DE DISEÑO

Los parámetros de diseño que servirán como base para nuestro estudio se detallan a continuación:

- Área que ocupa la nave industrial.
- Geometría del Pórtico.
- Forro metálico para el techo.

### 2.2.1 ÁREA QUE OCUPA LA NAVE INDUSTRIAL

Este es el punto de partida para el diseño de la nueva propuesta, ya que nos basaremos en el lay out del análisis realizado en la sección 2.1.1. para dimensionar la estructura, de esta manera, el área donde se va a construir la nueva nave es de 42m de largo por 14.85m de ancho, es decir, con una superficie total de 624 m<sup>2</sup> (Figura 2.4) dejando en consideración espacio para una posible ampliación en el futuro.

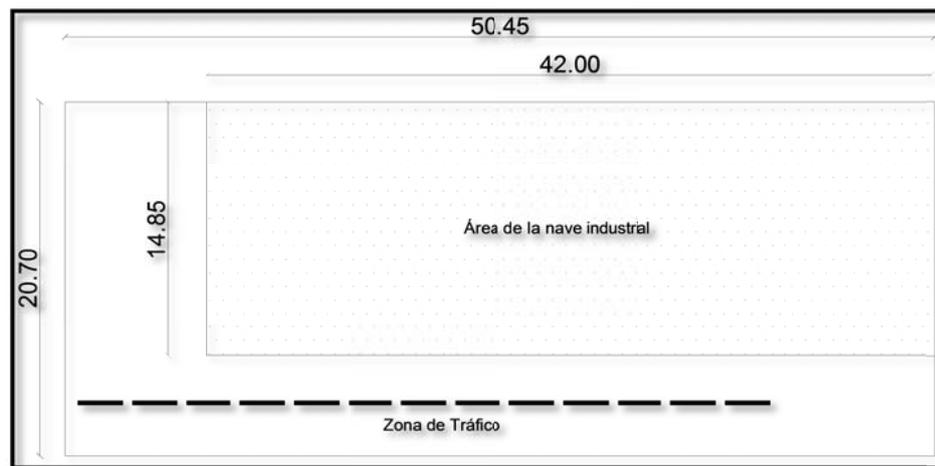


Figura 2.4 Área de la nave industrial

### 2.2.2 GEOMETRÍA DEL PÓRTICO

Para el análisis y diseño de la estructura se ha elegido vigas en celosía, siendo la principal razón que este tipo de estructura es más económica que una viga en alma llena. Para justificar este criterio se va a realizar un prediseño de dichas estructuras para una luz de 14.85 m y una altura de 6.48 m medidas que corresponden a nuestro proyecto.

Para definir la pendiente óptima de la cubierta nos basaremos en el manual de arquitectura de Neufert<sup>7</sup>, donde se establece que para la construcción de edificios industriales, con pórticos de 2 vertientes de 15 a 30 metros de luz, se debe usar una inclinación de 10 a 30%. Por lo tanto se establece que la pendiente para nuestro proyecto será del 20%.

Las columnas del pórtico estarán divididas en columna principal y columna secundaria, en la principal va a estar apoyada la viga carrilera para el puente grúa,

<sup>7</sup> NEUFERT; El arte de proyectar en arquitectura, p. 343.

mientras tanto que las columnas secundarias servirán de apoyo para la cubierta del techo. Para el diseño de la viga de cubierta “es necesario dar a la cercha una altura adecuada, del orden de 1/15 a 1/10 de la luz. Con esta altura (en el centro) se debe controlar la longitud de pandeo del cordón superior, sujeta a compresión”<sup>8</sup>. Por lo tanto la altura mínima de la celosía en centro del vano para nuestro prediseño va a ser de 1.00m.

La inclinación de las diagonales se coloca generalmente entre “45° a 60°”<sup>9</sup>. En la Tabla 2.3 se explica un comparativo de los pesos de los diferentes tipos de perfiles para el prediseño del pórtico más adecuado. Estos datos fueron calculados con el software SAP 2000 en donde solamente fueron considerados el peso de los perfiles para darnos un total del pórtico.

Sabiendo que los dos tipos de pórticos son capaces de soportar las cargas en ellas ejercidas de acuerdo a la luz establecida, la elección más viable para nuestro diseño se basará de acuerdo al pórtico más económico.

Hemos establecido un prediseño en el cual se utiliza un pórtico de alma llena (Figura 2.5) y en celosía (Figura 2.6), de tal manera que nos ayuden a comparar el peso de los mismos y que al mismo tiempo compartan medidas similares.

**Tabla 2.3. Comparativo en peso para celosía y alma llena.**

Tipo de perfil	Peso pórtico en celosía (kg)	Peso pórtico en alma llena (kg)
IPE330	-	254.83
IPE450	-	1825.66
2L 30x30x3mm	139.32	-
C 150x50x15x3mm	347.29	-
<b>TOTAL</b>	<b>486.21</b>	<b>2080.49</b>

Como se observa en la Tabla 2.3 el peso del pórtico más liviano es el que utiliza perfiles para celosía y contrario a esto el más pesado es de perfil para alma llena. Tomando en consideración que en el mercado local el precio del acero por kilogramo es de \$2.35, el precio para el pórtico en alma llena es de \$4748.15 y para el pórtico

<sup>8</sup> Tipología del Acero Estructural, Ingeniero Germán Urdaneta H, Pág. 4

<sup>9</sup> Diseño de Estructura metálicas. Estados Límites LRFD, Dra Ing. María Graciela Fratelli, Pág. 270.

en celosía es de \$1142.59. Por lo tanto el pórtico de celosía nos ahorra 4 veces el coste de material en comparación con el pórtico en alma llena.

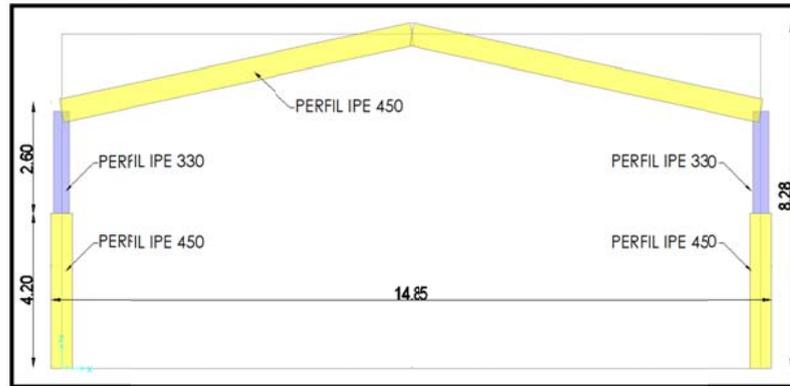


Figura 2.5. Pórtico con perfiles en alma llena.

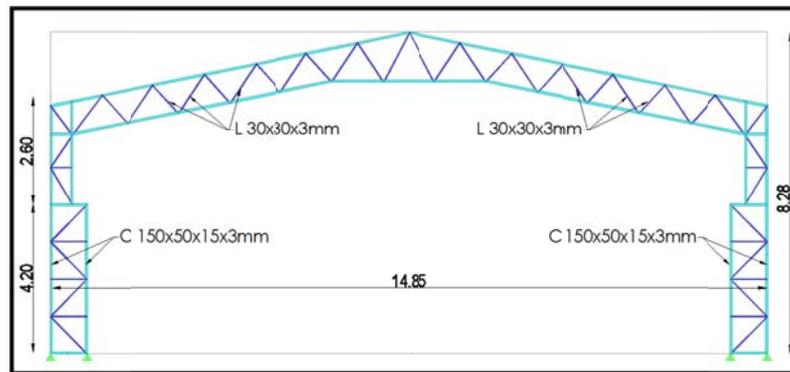


Figura 2.6. Pórtico con perfiles en celosía.

### 2.2.3 FORRO METÁLICO PARA EL TECHO.

La opción más adecuada para la elección de este parámetro es la proporcionada por la empresa DIPAC. El DIPANEL DP5 es un producto que se emplea para el recubrimiento de techos metálicos en galpones industriales. Fabricado en galvalume prepintado, es una cubierta de acero que viene en una gama de espesores desde 0.25mm hasta 0.7mm (Fig. 2.7), y está revestido con una aleación de aluminio-zinc, que garantiza un techo resistente, impermeable y durable.

Distancia de correas								
Espesores	0.25	0.30	0.35	0.40	0.45	0.50	0.60	0.70
ml	1.0	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0
Pesos Dipanel								
Espesores	0.25	0.30	0.35	0.40	0.45	0.50	0.60	0.70
Kg/m <sup>2</sup>	2.40	2.87	3.35	3.83	4.31	4.79	5.75	6.71

**Ancho útil:** 1000 mm  
**Largo:** Estándar y a medida  
**Espesores:** Desde 0.25 hasta 0.9mm  
**Acabados:** Galvalume, prepintado

Figura 2.7. Características del DIPANEL DP5<sup>10</sup>

<sup>10</sup> Catalogo DIPAC DIPANEL DP5

El producto que emplearemos como recubrimiento metálico será la plancha de 0.35mm de espesor, debido a que esta plancha nos da la posibilidad de resistir mayores cargas con un número menor de correas. Las correas donde serán soportados los forros son generalmente largueros de perfil tipo “G” que se colocarán a una distancia que no supere los 1.50 m como lo recomienda el catálogo de DIPAC (Figura 2.7).

#### 2.2.4 RESUMEN DE LOS PARÁMETROS DE DISEÑO.

Tomando en cuenta los aspectos estructurales y dimensionales de selección discutidos en los puntos anteriores, a continuación resumimos en la Tabla 2.4 en un esquema general el pórtico característico de la nave industrial.

**Tabla 2.4. Características de la nave industrial.**

NAVE INDUSTRIAL	
ITEM	CARACTERÍSTICA
Tipo de pórtico	2 aguas; sección variable.
Luz del pórtico	14.85 m
Ancho entre pórticos	6m
Inclinación	20%°
# de pórticos	7
Longitud de la nave industrial	42 m
Perfiles para el pórtico	Perfil C con celosía en perfil L A36
Largueros de techo	Perfil G A36
Forro metálico de techo	Dipanel DP5
Material de aporte para primer pase	E 6011

#### 2.3 DETERMINACIÓN DE LAS CARGAS.

La tarea más importante es determinar las posibles cargas que soportará la estructura durante su vida útil, además de establecer las combinaciones más desfavorables para que ésta pueda soportarlas. Las cargas que utilizaremos en el diseño serán los siguientes:

- Carga viva ( $L_r$ )
- Carga muerta (D)
- Cargas por viento (W)
- Sismo(E)
- Cargas del puente grúa ( $C_{PG}$ )

### 2.3.1 CARGAS VIVAS DE CUBIERTA ( $L_r$ )

A este tipo de cargas se las define como “aquellas que pueden cambiar de lugar y magnitud”<sup>11</sup>. Las cargas vivas son provocadas para nuestro caso por el mantenimiento y montajes sobre la cubierta metálica y los efectos climáticos tal como la lluvia y el granizo, estas cargas se especifican en la Tabla 2.5 que se distribuyen uniformemente por unidad de área según el UBC-Structural Engineering Design Provisions.

Tabla 2.5. Área cooperante de carga.

Inclinación del techo	Área cooperante de carga “At” [m <sup>2</sup> ] para cualquier miembro estructural		
	$0 < At \leq 19$	$19 < At \leq 56$	$At > 56$
	Mínima carga viva uniforme para techo ‘Lr’ [kN/m <sup>2</sup> ]		
Plano <sup>(1)</sup> o Inclinación 33% (1:3)	0.96	0.77	0.57
Inclinación > 33% (1:3) a Inclinación ≤ 100% (1:1)	0.77	0.67	0.57
Inclinación > 100% (1:1)	0.57	0.57	0.57

Notas: (1) Un techo plano es cualquier techo con inclinación menor a 2% (1:50). La carga viva para techos planos es adicional a la carga UBC, Section 1611.7.

Fuente: UBC-Structural Engineering Design Provisions, Tabla 16-C

A continuación se determina el valor del área colaborante a partir de las dimensiones establecidas en la Figura 2.8.

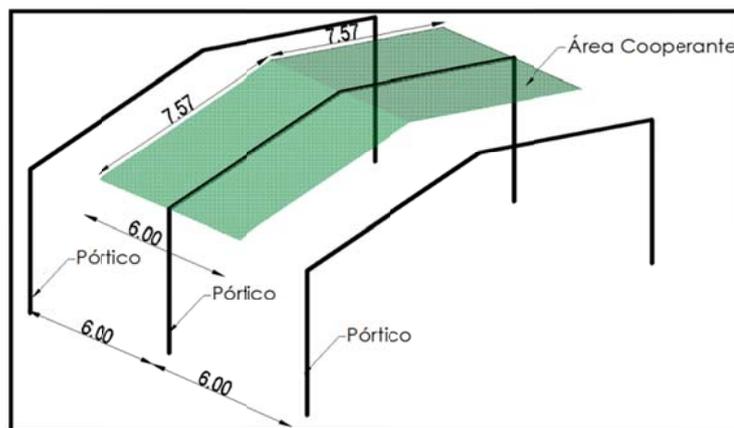


Figura 2.8. Área cooperante.

Por lo tanto el área cooperante esta definida por:

$$\text{Área cooperante} = (7.57 \text{ m} * 6 \text{ m}) * 2 = 90.84 \text{ m}^2$$

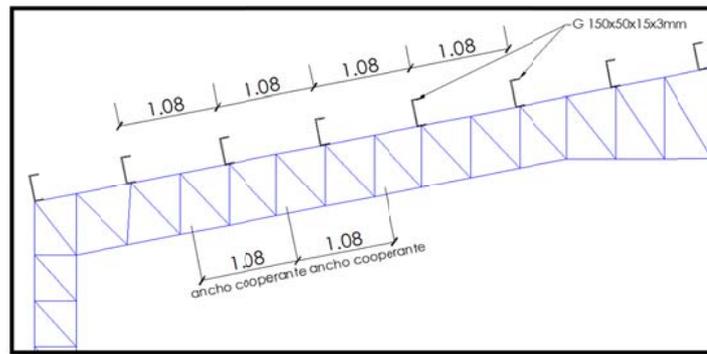
<sup>11</sup> MC CORMAC, Jack, Diseño de Estructuras de Acero Método LRFD, 2a Edición, 2002 ALFAOMEGA GRUPO EDITO, S.A. de C.V, p.41

Tomando en consideración que la pendiente para nuestro proyecto se definió de 20% y nuestra área cooperante de acuerdo a las dimensiones del prediseño de la nave es de 90.84m<sup>2</sup> la carga viva según lo que recomienda la Tabla 2.5 será de 0.57kN/m<sup>2</sup> equivalente a 58kg/m<sup>2</sup>.

Con este resultado se procede a obtener la carga viva sobre la cubierta del pórtico de la siguiente forma:

$$L_r = 58 \frac{kg}{m^2} * \text{Ancho cooperante entre correas}$$

Se ha optado en distribuir las correas en primera instancia a una distancia de 1.08m con una cantidad de 16 perfiles tipo G cómo se puede observar en la Figura 2.9.



**Figura 2.9 Ancho cooperante entre correas**

$$L_r = 58 \frac{kg}{m^2} * 1.08m$$

$$L_r = 62.64 \frac{kg}{m}$$

### 2.3.2 CARGA MUERTA (D)

Las cargas muertas son “cargas de magnitud constante que permanecen fijas en un mismo lugar. Éstas son el peso propio de la estructura y otras cargas permanentemente unidas a ella.”<sup>12</sup> Dentro de las cargas muertas consideraremos las siguientes:

- a) Peso propio de los elementos del pórtico
- b) Instalaciones en general

<sup>12</sup>MC CORMAC, Jack, Diseño de Estructuras de Acero Método LRFD, 2a Edición, 2002 ALFAOMEGA GRUPO EDITO, S.A. de C.V, p.40

c) Forro metálico

a). *PESO PROPIO*. Para nuestro diseño, la carga originada se determinará con la ayuda del programa SAP2000, el programa calcula el peso propio de los perfiles que conforman el pórtico de la nave.

b). *INSTALACIONES EN GENERAL*. Se asume un valor del peso de las instalaciones que van al interior de la nave industrial de “20kg/m<sup>2</sup> como mínimo”<sup>13</sup> en las cuales pueden constar instalaciones eléctricas, de plomería, ventilación etc.

Considerando que el área cooperante que tiene la estructura se obtiene:

$$W_{IG} = 20 \text{ kg/m}^2 * \text{Area cooperante}$$

$$W_{IG} = 20 \text{ kg/m}^2 * 90.84\text{m}^2$$

$$W_{IG} = 1816.80\text{kg}$$

La carga muerta en el diseño del pórtico se lo determina de manera distribuida en relación a la luz de la estructura.

$$D_1 = \frac{1816\text{kg}}{14.85\text{m}}$$

$$D_1 = 122.28 \text{ kg/m}$$

c). *FORRO METÁLICO*. Como carga permanente para el forro metálico del techo se escoge el panel metálico DIPANEL DP5 (Ver 2.2.6) con un espesor de 0.35mm, los paneles con estas características tienen un peso de 3.35kg/m<sup>2</sup>. Por lo tanto la carga de este parámetro queda determinada de la siguiente manera:

$$D_2 = 3.35 \text{ kg/m}^2 * \text{Ancho cooperante entre correas}$$

$$D_2 = 3.35 \text{ kg/m}^2 * 1.08\text{m}$$

$$D_2 = 3.61 \text{ kg/m}$$

En la Tabla 2.6 se resume la carga muertas a considerarse en la estructura:

<sup>13</sup>Diseño estructural 2009-1, Facultad de Ingenierías UABC, Dr. Ing. Joel Martínez, Pág. 1.

**Tabla 2.6 Total de cargas muertas**

CARGAS	CARGA MUERTA (kg/m)
Instalaciones en general	122.28
Forro metálico	3.61

### 2.3.3 CARGAS POR VIENTO (E)

Las cargas de viento se determinarán a partir de lo que establece la Norma Ecuatoriana de la Construcción del 2011 en donde indica que la velocidad de diseño para viento hasta 10 m de altura, no será menor a 75 Km/h. Este valor, será corregido aplicando el factor de corrección  $\sigma$  indicado en la Tabla 2.7, que considera la altura del edificio y las características topográficas y /o de edificación del entorno, mediante la siguiente ecuación

$$Vh = V * \sigma$$

Siendo:

- $Vh$  = la velocidad corregida del viento en km/h;
- $V$  = la velocidad instantánea máxima del viento en km/h, registrado a 10m de altura sobre el terreno;
- $\sigma$  = el coeficiente de corrección

**Tabla 2.7. Coeficiente de corrección,  $\sigma$**

Altura (m)	Sin obstrucción (Categoría A)	Obstrucción Baja (Categoría B)	Zona Edificada (Categoría C)
5	0.91	0.86	0.80
10	1.00	0.90	0.80
20	1.06	0.97	0.88
40	1.14	1.03	0.96
80	1.21	1.14	1.06
150	1.28	1.22	1.15

Nota: Categoría A: Edificios frente al mar, zonas rurales o espacios abiertos sin obstáculos topográficos.  
Categoría B: Edificios en zonas suburbanas con edificación de baja altura, promedio hasta 10m.  
Categoría C: Zonas urbanas con edificios de altura.

**Fuente:** NEC-11.

Se tiene un altura del pórtico 6.48 m, por lo tanto de la Tabla 2.7 se escoge el coeficiente de corrección  $\sigma = 0.9$  correspondiente a la categoría B.

$$Vh = V * \sigma$$

$$Vh = 21 \text{ m/s} * 0.9$$

$$Vh = 18.9 \text{ m/s}$$

La presión del viento viene determinada por la siguiente expresión:

$$W = \frac{1}{2} * \rho * v^2 * c_e * c_f$$

Dónde:

- $W$  = presión de cálculo expresada en  $N/m^2$
- $\rho$  = densidad del aire expresada en  $kg/m^3$
- $v$  = velocidad básica del viento en  $m/s$
- $c_e$  = coeficiente entorno/altura
- $c_f$  = coeficiente de forma

El coeficiente de forma  $c_f$ , es un factor de corrección que tiene en cuenta la situación del elemento dentro de la fachada, ver Tabla 2.8. La densidad del viento se puede adoptar un valor de  $1.25kg/m^3$  y la velocidad básica del viento se determinó en un valor de  $18.9 m/s$  según lo que determina la norma en mención.

**Tabla 2.8. Factor de forma  $c_f$ .**

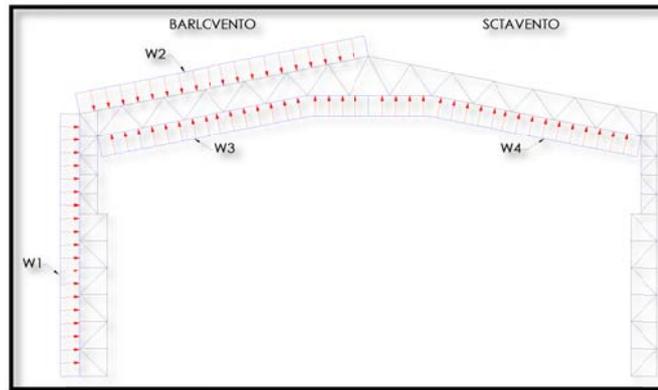
CONSTRUCCIÓN	Barlovento	Sotavento
Superficies verticales de edificios	+0.8	
Anuncios, muros aislados, elementos con una dimensión corta en el sentido del viento	+1.5	
Tanques de agua, chimeneas y otros de sección circular o elíptica	+0.7	
Tanques de agua, chimeneas y otros de sección cuadrada o rectangular	+2.0	
Arcos y cubiertas cilíndricas con un ángulo de inclinación que no exceda los $45^\circ$	+0.8	-0.5
Superficies inclinadas a $15^\circ$ o menos	+0.3-0.7	-0.6
Superficies inclinadas entre $15^\circ$ y $60^\circ$	+0.7-0.3	-0.6
Superficies inclinadas entre $60^\circ$ y la vertical	+0.8	-0.6
El signo positivo (+) indica presión		
El signo negativo (-) indica succión		

**Fuente:** NEC-11

El coeficiente de forma  $c_f$  dados en la Tabla 2.8 es:

- 0.8 para presión en paredes a barlovento
- 0.3 para presión en el techo a barlovento
- 0.7 para succión en el techo a barlovento
- 0.6 para succión en el techo a sotavento

En la Figura 2.10 se observa la forma en que se dan las presiones por el efecto del viento en la cubierta de dos vertientes.



**Figura 2.10. Presiones por efecto del viento**

- Cálculo de  $W_1$

$$W_1 = \frac{1}{2} * 1.25 \frac{kg}{m^3} * (18.9 \frac{m}{s})^2 * 0.9 * 0.8$$

$$W_1 = 160.7 \frac{N}{m^2} = 16.4 \frac{kg}{m^2}$$

El resultado obtenido es afectado por la distancia del ancho cooperante determinada en 6m por lo que la carga distribuida del viento es la siguiente:

$$W_1 = 16.4 \frac{kg}{m^2} * 6m$$

$$W_1 = 98.4 \frac{kg}{m}$$

- Cálculo de  $W_2$

$$W_2 = \frac{1}{2} * 1.25 \frac{kg}{m^3} * (18.9 \frac{m}{s})^2 * 0.9 * 0.3$$

$$W_2 = 60.28 \frac{N}{m^2} = 6.15 \frac{kg}{m^2}$$

$$W_2 = 6.15 \frac{kg}{m^2} * 6m$$

$$W_2 = 36.9 \frac{kg}{m}$$

- Cálculo de  $W_3$

$$W_3 = \frac{1}{2} * 1.25 \frac{kg}{m^3} * (18.9 \frac{m}{s})^2 * 0.9 * 0.7$$

$$W_3 = 140.7 \frac{N}{m^2} = 14.35 \frac{kg}{m^2}$$

$$W_3 = 14.35 \frac{kg}{m^2} * 6m$$

$$W_3 = 86.1 \frac{kg}{m}$$

- Cálculo de  $W_4$

$$W_4 = \frac{1}{2} * 1.25 \text{ kg/m}^3 * (18.9 \text{ m/s})^2 * 0.9 * 0.6$$

$$W_4 = 120.6 \text{ N/m}^2 = 12.3 \text{ kg/m}^2$$

$$W_4 = 12.3 \text{ kg/m}^2 * 6 \text{ m}$$

$$W_4 = 73.8 \text{ kg/m}$$

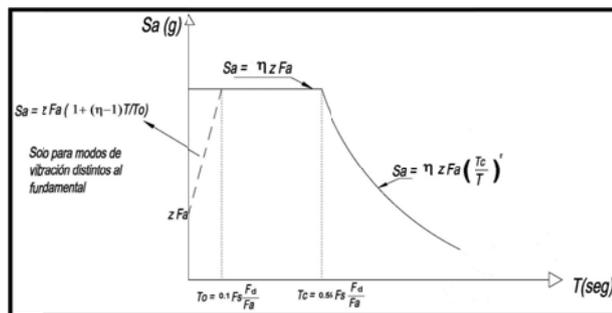
En la Tabla 2.9 se resume las cargas de viento a considerarse en la estructura:

**Tabla 2.9 Cargas de viento**

	<b>CARGA DE VIENTO</b>
<b>CARGAS</b>	(kg/m)
$W_1$	98.4
$W_2$	36.9
$W_3$	86.1
$W_4$	73.8

### 2.3.4 CARGA DE SISMO (E)

Para la determinación de la carga de sismo se establecerá de acuerdo a espectros elásticos del suelo, estipulados en el Código Ecuatoriano de la Construcción del 2011. El espectro de respuesta elástico de aceleraciones expresado como fracción de la aceleración de la gravedad ( $S_a$ ), para el nivel de sismo de diseño, se proporciona en la Figura 2.11



**Figura 2.11. Espectro sísmico elástico de aceleraciones que representa el sismo de diseño<sup>14</sup>.**

Con la ayuda de una hoja electrónica de Excel proporcionada por la Consultora Raster Ingeniería de Proyectos, establecemos el espectro elástico de acuerdo a una

<sup>14</sup> Norma ecuatoriana de la construcción, NEC-11, Capítulo 2, Pág. 45.

serie de parámetros que son necesarios para dicha determinación. Los parámetros de ingreso son los que se observan en la Figura 2.12.

ESPECTRO DE DISEÑO	
DETERMINACIÓN DEL ESPECTRO DE DISEÑO	
DATOS DE INGRESO	
Z =	
F <sub>A</sub> =	
F <sub>D</sub> =	
F <sub>S</sub> =	
Φ <sub>p</sub> =	
Φ <sub>e</sub> =	
R =	
I =	
Tipo de Suelo (r) =	
Región (n) =	
η =	
r =	
SIMBOLOGÍA	
Z:	Factor de zona.
F <sub>A</sub> , F <sub>D</sub> , F <sub>S</sub> :	Coefficientes de amplificación dinámica
I:	Factor de importancia.
R:	Coefficiente de reducción de respuesta estructural.
Φ <sub>p</sub> :	Factor por irregularidades en planta.
Φ <sub>e</sub> :	Factor por irregularidades en elevación.
η:	Relación de amplificación espectral (Sa/Z) (depende de la región)
T <sub>a</sub> , T <sub>c</sub> , T <sub>l</sub> :	Límites del período
r:	Factor de tipo de Suelo

Figura 2.12. Parámetros de ingreso para obtener el espectro de diseño en la hoja electrónica.

Los parámetros necesarios para el ingreso de los datos en la hoja electrónica se enumeran a continuación:

- **Z:** Factor de zona
- **r:** Tipo de suelo
- **F<sub>A</sub>, F<sub>D</sub>, F<sub>S</sub>:** Coeficientes de amplificación dinámica.
- **Φ<sub>p</sub>:** Factor por irregularidades en planta.
- **Φ<sub>e</sub>:** Factor por irregularidades en elevación.
- **R:** Coeficiente de reducción de respuesta estructural.
- **I:** Factor de importancia.

El valor Z correspondiente al factor de tipo de suelo se determina de acuerdo a la Tabla 2.10, la cual esta basada en el mapa para diseño sísmico según la “Norma Ecuatoriana para la construcción 2011” (Figura 2.13)

Tabla 2.10. Poblaciones ecuatorianas y valor del factor Z

POBLACION	PARROQUIA	CANTÓN	PROVINCIA	Z
CUENCA	CUENCA	CUENCA	AZUAY	0.25
CHORDELEG	CHORDELEG	CHORDELEG	AZUAY	0.25
GUALACEO	GUALACEO	GUALACEO	AZUAY	0.25
SEVILLA DE ORO	SEVILLA DE CRO	SEVILLA DE ORO	AZUAY	0.25
EL PAN	EL PAN	EL PAN	AZUAY	0.25
PAUTE	CHICAN (GULLERMO ORTEGA)	PAUTE	AZUAY	0.25

Fuente: NEC-11

La planta está ubicada en el cantón Cuenca como se estableció en el punto 1.1.2.1, para lo cual el factor “Z” queda determinado por el valor **0.25**. El tipo de perfil del suelo se establecerá a partir de la Tabla 2.11.

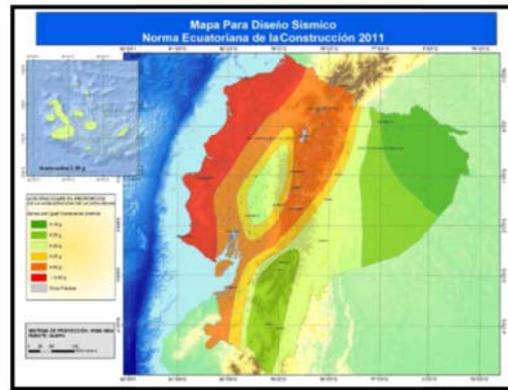


Figura 2.13. Ecuador, zonas sísmicas para propósitos de diseño y valor del factor de zona Z.<sup>15</sup>

Como podemos observar en la Tabla 2.11 existe una clasificación de los tipos de perfil del suelo con una descripción de las mismas desde el Tipo A que posee excelentes características en la calidad del suelo hasta un Tipo F el cual posee características limitadas en su calidad. Por lo tanto para establecer el tipo de perfil para nuestro estudio se seleccionará un perfil tipo **D**. La elección de este parámetro nos sirve de referencia ya que la calidad del suelo para fines de este estudio busca establecer un análisis tolerable para la selección de los coeficientes de amplificación dinámica ( $F_A$ ,  $F_D$ ,  $F_S$ ).

Tabla 2.11. Clasificación de los perfiles del suelo

Tipo de perfil	Descripción	Definición
A	Perfil de roca competente	$\bar{V}_s \geq 1500 \text{ m/s}$
B	Perfil de roca de rigidez media	$1500 \text{ m/s} > \bar{V}_s \geq 760 \text{ m/s}$
C	Perfiles de suelo: muy densos o roca blanda, que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	$760 \text{ m/s} > \bar{V}_s \geq 360 \text{ m/s}$
	perfiles de suelo: muy densos o roca blanda, que cumplan con cualquiera de los dos criterios	$\bar{N} \geq 50.0$ $\bar{S}_u \geq 100 \text{ kPa} (\approx 1 \text{ kgf/cm}^2)$
D	Perfiles de suelos rígidos que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	$360 \text{ m/s} > \bar{V}_s \geq 180 \text{ m/s}$
	perfiles de suelos rígidos que cumplan cualquiera de las dos condiciones	$50 \cdot \bar{N} \geq 15.0$ $100 \text{ kPa} (\approx 1 \text{ kgf/cm}^2) > \bar{S}_u \geq 50 \text{ kPa} (\approx 0.5 \text{ kgf/cm}^2)$
E	Perfil que cumple el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	$\bar{V}_s < 180 \text{ m/s}$
	perfil que contiese un espesor total <b>H</b> mayor de 3 m de arcillas blandas	$P > 20$ $v \geq 40\%$ $\bar{S}_u < 50 \text{ kPa} (\approx 0.50 \text{ kgf/cm}^2)$
F	Los perfiles de suelo tipo <b>F</b> requieren una evaluación realizada explícitamente en el sitio por un ingeniero geotecnista (Ver 2.5.4.9). Se contemplan las siguientes subclases: <b>F1</b> —Suelos susceptibles a la falla o colapso causado por la excitación sísmica, tales como: suelos licuables, arcilla: sensitivas, suelos dispersivos o débilmente cementados, etc. <b>F2</b> —Turba y arcillas orgánicas y muy orgánicas ( $H > 3\text{m}$ para turba; o arcillas orgánicas y muy orgánicas). <b>F3</b> —Arcillas de muy alta plasticidad ( $H > 7.5 \text{ m}$ con índice de Plasticidad $IP > 75$ ) <b>F4</b> —Perfiles de gran espesor de arcillas de rigidez mediana a blanda: ( $H > 30\text{m}$ ) <b>F5</b> —Suelos con contrastes de impedancia $\alpha$ ocurriendo dentro de los primeros 30 m superiores del perfil de subsuelo, incluyendo contactos entre suelos blandos y roca, con variaciones bruscas de velocidades de ondas de corte. <b>F6</b> —Rellenos colocados sin control ingenieril.	

Fuente: NEC-11

<sup>15</sup> Norma ecuatoriana de la construcción, NEC-11, Capítulo 2, Pág. 10.

Los coeficientes de amplificación dinámica  $F_A$ ,  $F_D$ ,  $F_S$  son seleccionados de acuerdo a lo estipulado en Tablas 2.12, 2.13 y 2.14 respectivamente y las cuales serán señaladas a continuación:

**Tabla 2.12. Tipo de suelo y factores de sitio  $F_A$ .**

Tipo de perfil del subsuelo	Zona sísmica valor Z (Aceleración esperada en roca, 'g)	I	II	III	IV	V	VI
		0.15	0.25	0.30	0.35	0.40	$\geq 0.5$
A		0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
B		1	1	1	1	1	1
C		1.4	1.3	1.25	1.23	1.2	1.18
D		1.6	1.4	1.3	1.25	1.2	1.15
E		1.8	1.5	1.4	1.28	1.15	1.05
F		ver nota					

Fuente: NEC-11

**Tabla 2.13. Tipo de suelo y factores de sitio  $F_D$ .**

Tipo de perfil del subsuelo	Zona sísmica valor Z (Aceleración esperada en roca, 'g)	I	II	III	IV	V	VI
		0.15	0.25	0.30	0.35	0.40	$\geq 0.5$
A		0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
B		1	1	1	1	1	1
C		1.6	1.5	1.4	1.35	1.3	1.25
D		1.9	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3
E		2.1	1.75	1.7	1.65	1.6	1.5
F		ver nota					

Fuente: NEC-11

**Tabla 2.14. Tipo de suelo y factores del comportamiento inelástico del subsuelo  $F_S$ .**

Tipo de perfil del subsuelo	Zona sísmica valor Z (Aceleración esperada en roca, 'g)	I	II	III	IV	V	VI
		0.15	0.25	0.30	0.35	0.40	$\geq 0.5$
A		0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
B		0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
C		1	1.1	1.2	1.25	1.3	1.45
D		1.2	1.25	1.3	1.4	1.5	1.65
E		1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2
F		ver nota					

Nota: Para los suelos tipo F no se proporcionan valores de  $F_a$ ,  $F_d$  ni de  $F_s$ , debido a que requieren un estudio especial, conforme lo estipula la sección 2.5.4.9.

Fuente: NEC-11

Con un perfil tipo D y zona sísmica II, los coeficientes de amplificación son los siguientes:

- $F_A=1.4$ .
- $F_D=1.7$ .
- $F_S=1.25$ .

El valor correspondiente al factor por “irregularidades en planta”<sup>16</sup> se establece en un factor de  $\Phi_p = 1$  de acuerdo a lo que establece el código, de la misma manera el factor por “irregularidades en elevación”<sup>17</sup> se establece en un valor de  $\Phi_e = 1$ .

El coeficiente de reducción de respuesta “R” se determina en función de lo que establece la Tabla 2.15. La estructura de la nave industrial va a ser diseñada en acero conformado en frío por lo que el valor de  $R=3$ .

El factor correspondiente a la importancia “I” se establecerá de acuerdo a los criterios de la Tabla 2.16.

**Tabla 2.15. Coeficiente de reducción de respuesta estructural R.**

<b>Valores del coeficiente de reducción de respuesta estructural R, Sistemas Estructurales Dúctiles</b>	
<b>Sistemas Duales</b>	
Pórticos espaciales sismo-resistentes, de hormigón armado con vigas descolgadas, con muros estructurales de hormigón armado o con diagonales rigidizadoras, sean de hormigón o acero laminado en caliente.	7
Pórticos de acero laminado en caliente con diagonales rigidizadoras (excéntricas o concéntricas) o con muros estructurales de hormigón armado.	7
Pórticos con columnas de hormigón armado y vigas de acero laminado en caliente con diagonales rigidizadoras (excéntricas o concéntricas).	7
Pórticos espaciales sismo-resistentes, de hormigón armado con vigas banda, con muros estructurales de hormigón armado o con diagonales rigidizadoras.	6
<b>Pórticos resistentes a momentos</b>	
Pórticos espaciales sismo-resistentes, de hormigón armado con vigas descolgadas.	6
Pórticos espaciales sismo-resistentes, de acero laminado en caliente o con elementos armados de placas.	6
Pórticos con columnas de hormigón armado y vigas de acero laminado en caliente.	6
<b>Otros sistemas estructurales para edificaciones</b>	
Sistemas de muros estructurales dúctiles de hormigón armado.	5
Pórticos espaciales sismo-resistentes de hormigón armado con vigas banda	5

<b>Valores del coeficiente de reducción de respuesta estructural R, Sistemas Estructurales de Ductilidad Limitada</b>	
<b>Pórticos resistentes a momento</b>	
Hormigón Armado con secciones de dimensión menor a la especificada en el capítulo 4, limitados a 2 pisos	3
Estructuras de acero conformado en frío, aluminio, madera, limitados a 2 pisos	3
<b>Muros estructurales portantes</b>	
Mampostería no reforzada, limitada a un piso	1
Mampostería reforzada, limitada a 2 pisos	3
Mampostería confinada, limitada a 2 pisos	3
Muros de hormigón armado, limitados a 4 pisos	3

**Fuente: NEC-11.**

<sup>16</sup> Tabla 2.12. Coeficientes de irregularidad en planta, Norma ecuatoriana de la construcción 2011, Pág. 52.

<sup>17</sup> Tabla 2.13. Coeficientes de irregularidad en elevación, Norma ecuatoriana de la construcción 2011, Pág. 53.

**Tabla 2.16. Tipo de uso, destino e importancia de la estructura.**

Categoría	Tipo de uso, destino e importancia	Factor
Edificaciones esenciales y/o peligrosas	Hospitales, clínicas, Centros de salud o de emergencia sanitaria. Instalaciones militares, de policía, bomberos, defensa civil. Garajes o estacionamientos para vehículos y aviones que atienden emergencias. Torres de control aéreo. Estructuras de centros de telecomunicaciones u otros centros de atención de emergencias. Estructuras que albergan equipos de generación y distribución eléctrica. Tanques u otras estructuras utilizadas para depósito de agua u otras sustancias anti-incendio. Estructuras que albergan depósitos tóxicos, explosivos, químicos u otras sustancias peligrosas.	1.5
Estructuras de ocupación especial	Museos, iglesias, escuelas y centros de educación o deportivos que albergan más de trescientas personas. Todas las estructuras que albergan más de cinco mil personas. Edificios públicos que requieren operar continuamente	1.3
Otras estructuras	Todas las estructuras de edificación y otras que no clasifican dentro de las categorías anteriores	1.0

Fuente: NEC-11

El factor adecuado debido al tipo de uso e importancia de la estructura se establece en la categoría de otras estructuras por lo que el factor será de **I = 1.0**.

En la Tabla 2.17 se observan los datos que serán ingresados en la hoja de cálculo el cual nos determina los valores de los límites de periodo que se visualizan en la Tabla 2.18 necesarios para obtener el espectro sísmico que se observa en la Figura 2.14.

**Tabla 2.17. Datos de ingreso de los parámetros de sismo**

Z	0.25
Fa	1.4
Fd	1.7
Fs	1.25
$\Phi_p$	1
$\Phi_e$	1
R	3
I	1
Tipo de Suelo (r)	D
Región ( $\eta$ )	2
$\eta$	2.48
r	1.5

Como resultado se han obtenido los límites de periodo:

- $T_0$  = Periodo inicial.
- $T_C$  = Periodo de vibración.
- $T_L$  = Periodo de desplazamiento.

**Tabla 2.18 Límites de periodo**

$T_0$	0.151785714 seg
$T_C$	0.834821429 seg
$T_L$	4.08 seg
$T_L$ máx	4 seg
$T_L$ diseño	4 seg

A partir de estos periodos el programa ejecuta el espectro de diseño en función de  $S_a$  (g) (Fracción de la aceleración de la gravedad) máximo para 4 segundos, este espectro será ingresado en “Response Spectrum” del programa SAP2000 que nos simulará la carga de sismo en el diseño (Ver Figura 2.14).

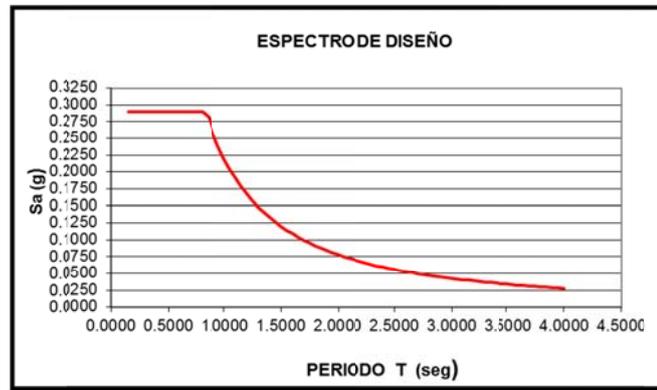


Figura 2.14. Espectro de diseño para la edificación

### 2.3.5 CARGAS DEL PUENTE GRÚA ( $C_{PG}$ )

Las reacciones que se generan por la utilización del puente grúa (Figura 2.15) en la posición más crítica es la que se encuentra el polipasto en uno de los extremos del pórtico. Este criterio está analizado con mayor ampliación en la sección 3.2.

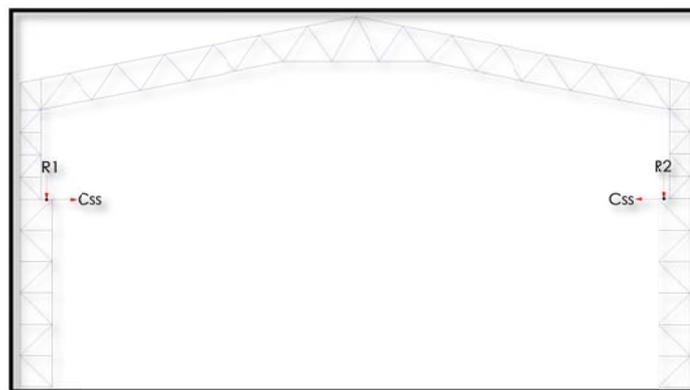


Figura 2.15 Reacciones generadas por el puente grúa

Las reacciones  $R_1$  y  $R_2$  son las fuerzas resultantes que se forman por la aplicación de las cargas verticales de diseño, para nuestro caso estas fuerzas son la carga de operación  $C_o$ , la carga del peso propio del puente grúa  $W_{PG}$  y el impacto vertical  $C_i$ . La reacción  $C_{ss}$  es el resultado del empuje lateral que es originado por las ruedas del puente y ésta a su vez se transmite hacia los extremos del pórtico.

En la Tabla 2.19 se hace un resumen de las cargas generadas por el puente grúa.

**Tabla 2.19 Cargas del puente grúa**

<b>CARGAS DEL PUENTE GRUA</b>	
<b>CARGAS</b>	<b>(kg)</b>
R1	4453.1
R2	1703.1
Css	153.9

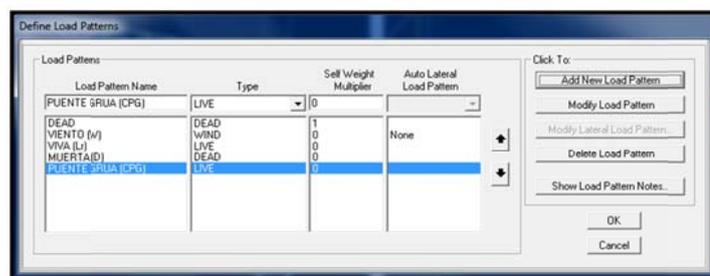
### 2.3.6 COMBINACIONES DE CARGA PARA EL DISEÑO DEL PÓRTICO

Las combinaciones de carga que se utilizarán para el diseño del pórtico estarán basadas en el método de factores de carga y resistencia (LFRD) determinados en las especificaciones de AISC. A las combinaciones establecidas se debe incluir la carga originada por el puente grúa como un factor complementario de carga. Las combinaciones son las siguientes:

- $C_{PG} + 1.4D$
- $C_{PG} + 1.2D + 0.5L_r$
- $C_{PG} + 1.2D + 1.6L_r + 0.8W$
- $C_{PG} + 1.2D + 1.3W + 0.5L_r$
- $C_{PG} + 1.2D \pm 1.0E$
- $C_{PG} + 0.9 \pm 1.3W$
- $C_{PG} + 0.9 \pm 1.0E$

### 2.3.7 REPRESENTACIÓN DE CARGAS EN EL SAP 2000

En la Figura 2.16 se observa la definición de los estados de carga que se ingresan en el programa.

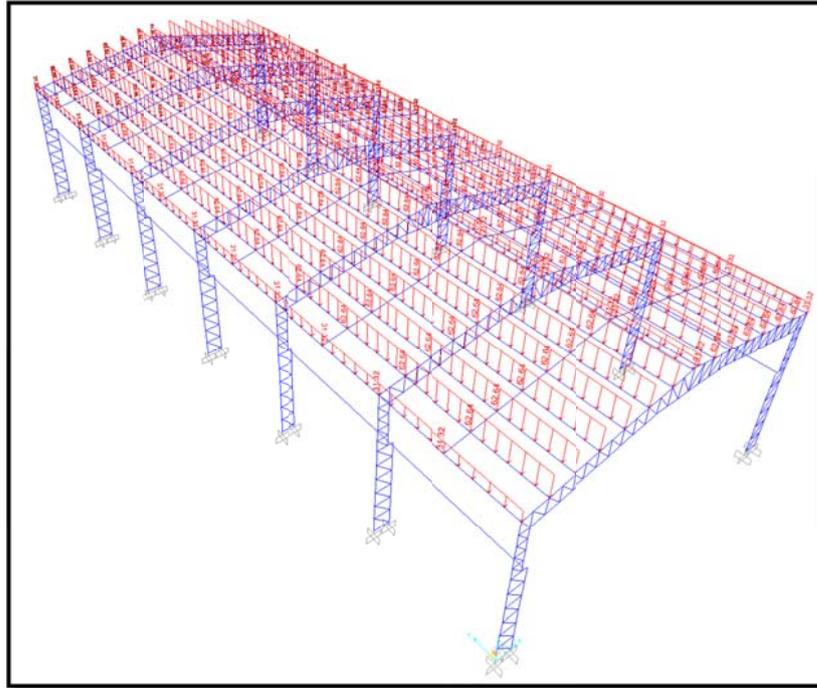


**Figura 2.16 Definición de los estados de carga**

Nótese que la carga denominada como DEAD hace referencia al peso de los elementos que conforman el pórtico y la carga Puente Grúa se le considera como un tipo de carga tipo LIVE.

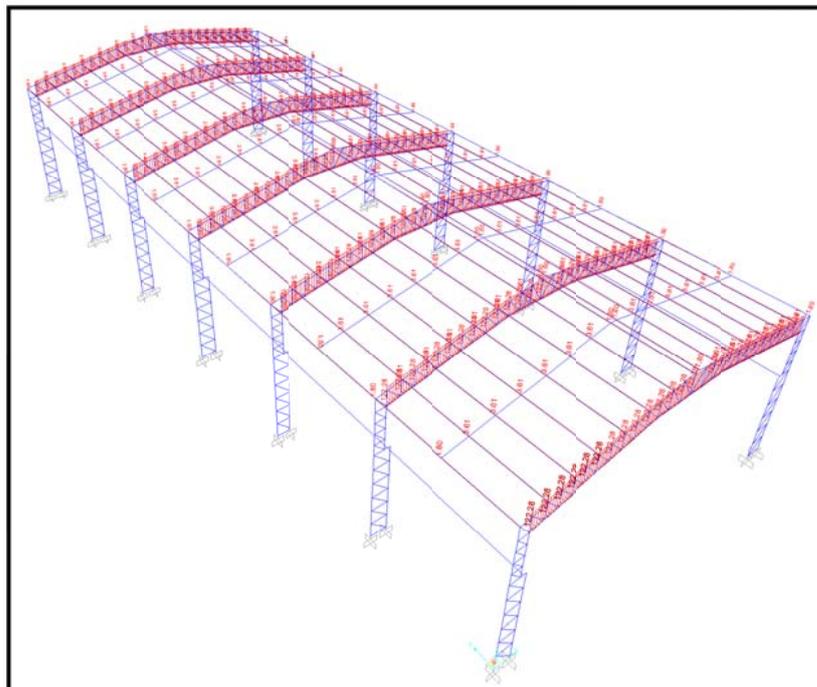
A continuación se van a visualizar los diferentes tipos de carga en el programa.

- Carga vivas de cubierta  $L_r$



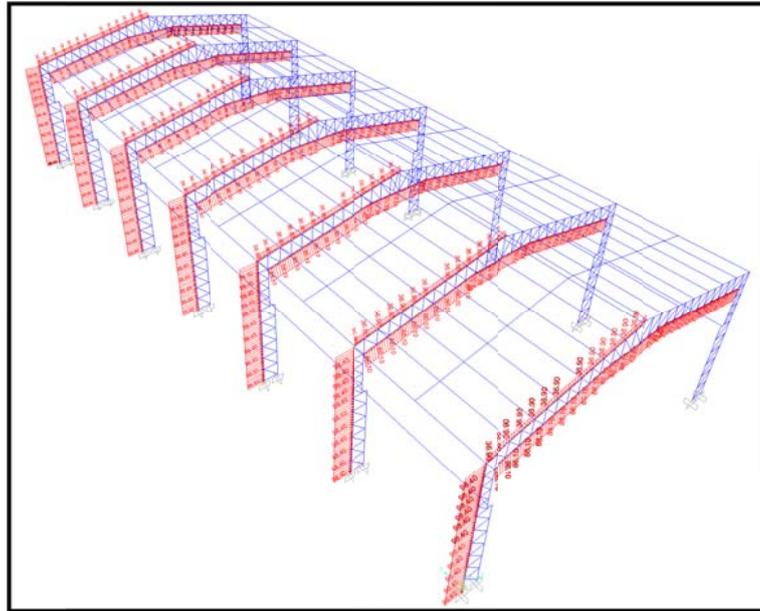
**Figura 2.17 Cargas vivas de cubierta  $L_r$**

- Carga Muerta D



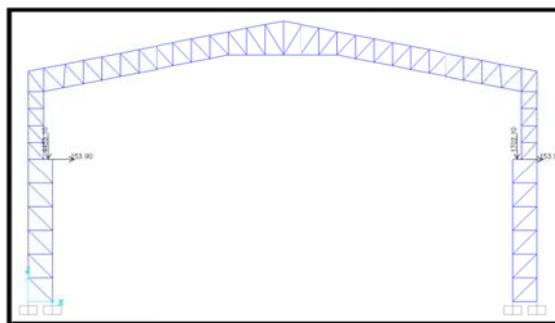
**Figura 2.18 Carga Muerta D**

- Cargas de Viento W



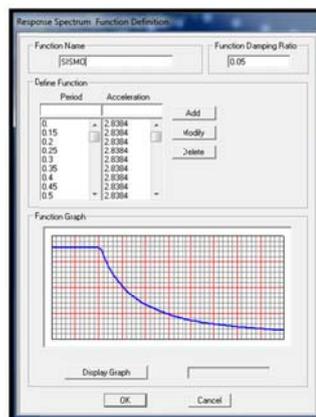
**Figura 2.19 Cargas de viento W**

- Cargas del puente grúa  $W_{PG}$



**Figura 2.20 Cargas del puente grúa**

- Espectro sísmico (E)



**Figura 2.21 Espectro sísmico**

### 2.3.8 COMBINACIONES DE CARGA EN EL SAP 2000

En las siguientes puntos se va ha apreciar las distintas combinaciones y la forma de como hay que ingresarlas al programa de acuerdo a los parámetros establecido en el punto 2.3.6

- Combinación 1 ( $U = C_{PG} + 1.4D$ )

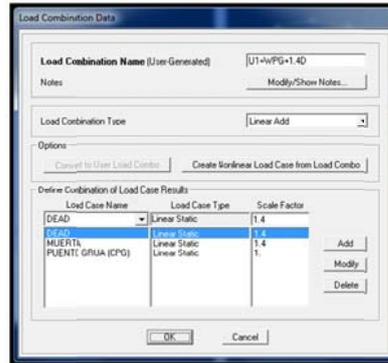


Figura 2.22 Combinación 1

- Combinación 2 ( $U = C_{PG} + 1.2D + 0.5L_T$ )

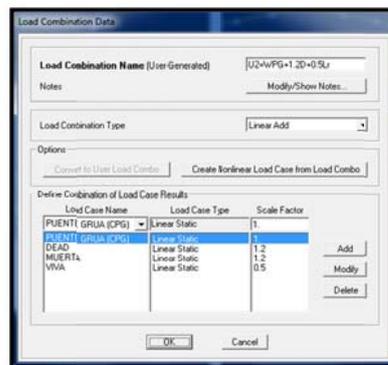


Figura 2.23 Combinación 2

- Combinación 3 ( $U = C_{PG} + 1.2D + 1.6L_T + 0.8W$ )

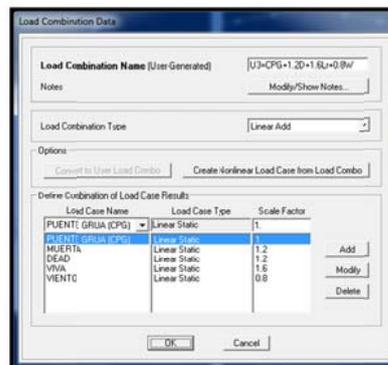


Figura 2.24 Combinación 3

- Combinación 4 ( $U = C_{PG} + 1.2D + 1.3W + 0.5L_T$ )

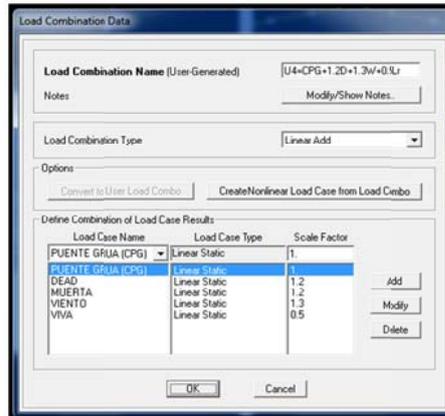


Figura 2.25 Combinación 4

- Combinación 5 ( $U = C_{PG} + 1.2D + 1.0E_x$ )

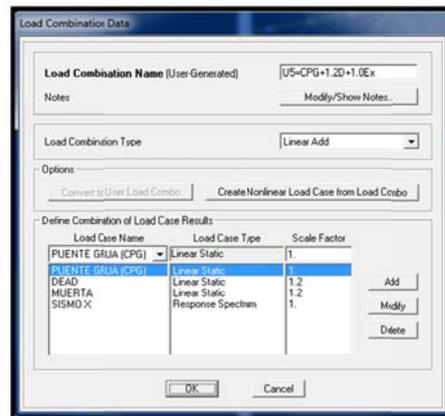


Figura 2.26 Combinación 5

- Combinación 6 ( $U = C_{PG} + 1.2D + 1.0E_y$ )

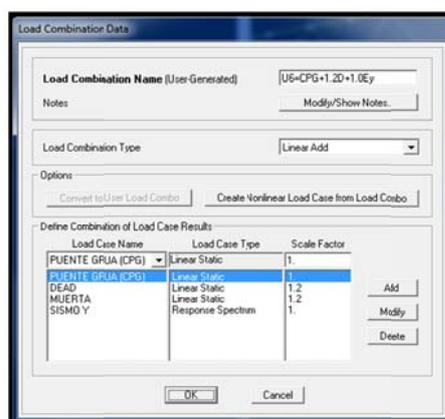
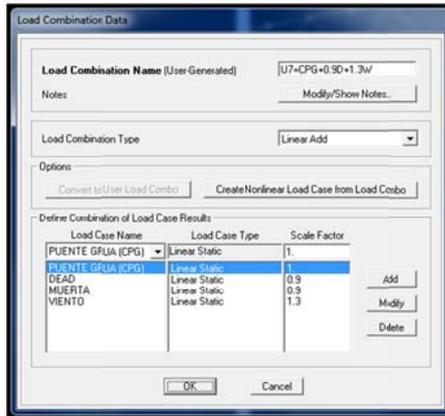


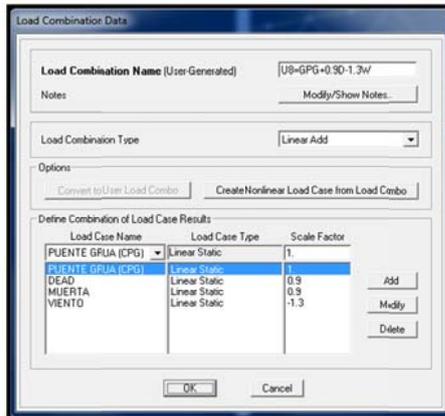
Figura 2.27 Combinación 6

- Combinación 7 ( $U=C_{PG} + 0.9 + 1.3W$ )



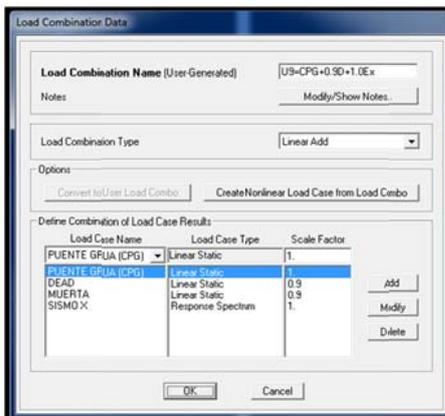
**Figura 2.28 Combinación 7**

- Combinación 8 ( $U=C_{PG} + 0.9 - 1.3W$ )



**Figura 2.29 Combinación 8**

- Combinación 9 ( $C_{PG} + 0.9 + 1.0E_x$ )



**Figura 2.30 Combinación 9**

- Combinación 10 ( $C_{PG} + 0.9 + 1.0E_y$ )

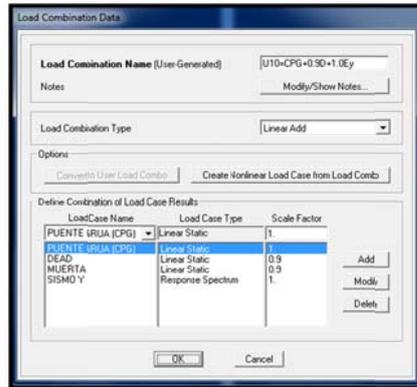


Figura 2.31 Combinación 10

## 2.4 DISEÑO DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

### 2.4.1 DISEÑO DE LAS CORREAS DEL TECHO

Para el diseño de las correas del techo se considera a éstas como vigas simplemente apoyadas las cuales va a estar sujetas a flexión asimétrica. Para lo cual se procede a utilizar la ecuación de las especificaciones del manual de la AISI 2007 la cual considera la combinación de los esfuerzos axiales y de flexión. El elemento a analizar produce fuerzas en flexión pura es decir solo se tienen esfuerzos por momentos flectores por lo que a la ecuación C5.1.2-1 del manual de la AISI 2007 se ha omitido los esfuerzos producidos por la carga axial. Por lo tanto la expresión queda determinada de la siguiente forma:

$$\frac{\bar{M}_x}{\phi_b M_{nxt}} + \frac{\bar{M}_y}{\phi_b M_{nyt}} \leq 1 \quad (C5.1.2 - 1) AISI 2007$$

Donde:

- $\bar{M}_x, \bar{M}_y$ : Resistencia flexionales requeridas respecto a eje baricentros de la sección
- $\phi_b$ : 0.90
- $M_{nxt}, M_{nyt} = S_{ft} F_y$
- $S_{ft}$ : Módulo resistente de la sección total para la fibra traccionada extrema respecto al eje correspondiente

- $F_y$ : Esfuerzo de fluencia

En un principio se planteo el diseño con un perfil G 200x50x15x3mm como primera aproximación para determinar la carga de peso de las correas. En este punto se verificara si la solución adoptada es apta para el correcto funcionamiento de la estructura. Las características de este tipo de perfil se recogen en la Tabla 2.20

**Tabla 2.20 Propiedades del perfil G 200x50x15x3mm**

DATOS		
PERFIL	G 200x50x15x3mm	
$r_y$	$1.7 \times 10^{-2}$	m
$r_x$	$7.4 \times 10^{-2}$	m
E	$2.1 \times 10^{10}$	kg/m <sup>2</sup>
$F_y$	$2.4 \times 10^7$	kg/m <sup>2</sup>
A	$9.31 \times 10^{-4}$	m <sup>2</sup>
$I_y$	$2.55 \times 10^{-7}$	m <sup>4</sup>
$I_x$	$5.1 \times 10^{-6}$	m <sup>4</sup>
$S_y$	$6.74 \times 10^{-6}$	m <sup>3</sup>
$S_x$	$5.1 \times 10^{-5}$	m <sup>3</sup>

Lo primero a tomar en consideración es determinar si la relación de esbeltez del elemento cumple la siguiente desigualdad:

$$\frac{L}{r_y} < 300$$

$$\frac{6.00m}{1.7 \times 10^{-2}m} = 352.94 > 300 \quad \text{NO CUMPLE}$$

En estos casos la solución a adoptar es colocar separadores para proporcionar que las correas del techo se rigidicen. Por lo general a la correa se divide entre dos a tres secciones, para nuestro proyecto se colocara un separador en la mitad.

$$\frac{3.00m}{1.52 \times 10^{-2}m} = 176.47 < 300 \quad \text{CUMPLE}$$

Los resultados generados a partir de la combinación más crítica que para nuestro caso es la combinación 3 se observa en la Figura 2.32 y 2.33 el cual determina los diagramas de momentos con respecto a los ejes (x) y (y) respectivamente.

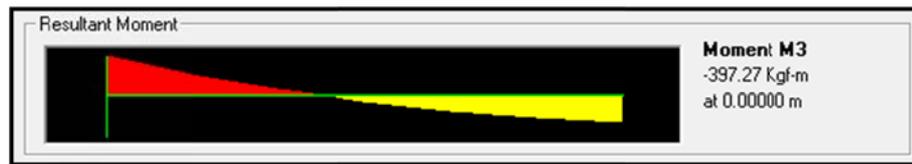


Figura 2.32 Diagrama de momento flector sobre las correas eje x



Figura 2.33 Diagrama de momento flector sobre las correas eje y

$$\bar{M}_x = M_{ux} = 397.27 \text{ kg.m}$$

$$\bar{M}_y = M_{uy} = 7.27 \text{ kg.m}$$

$$M_{nxt} = S_x * F_y = 5.1 \times 10^{-5} \text{ m}^3 * 2.4 \times 10^7 \text{ kg/m}^2$$

$$M_{nxt} = 1224.00 \text{ kg.m}$$

$$M_{nyt} = S_y * F_y = 6.74 \times 10^{-6} \text{ m}^3 * 2.4 \times 10^7 \text{ kg/m}^2$$

$$M_{nyt} = 161.76 \text{ kg.m}$$

$$\frac{397.27 \text{ kg.m}}{0.9 * 1224 \text{ kg.m}} + \frac{7.27 \text{ kg.m}}{0.9 * 161.76 \text{ kg.m}} = 0.41 < 1 \quad \text{CUMPLE}$$

La deflexión máxima permisible para vigas de techo y correas según el CIMEPI (Colegio de Ingeniero Mecánicos de Pichincha) es L/180 (L=luz)

$$\frac{L}{180} = \frac{6.00 \text{ m}}{180} = 0.033 \text{ m}$$

La deflexión que produce en la correas para la combinación de carga más desfavorable es de 0.0327m (Figura 2.34) por lo tanto el elemento cumple satisfactoriamente.

En resumen se utilizaran 16 perfiles G 200x50x15x3mm con una longitud de 6m cada una.

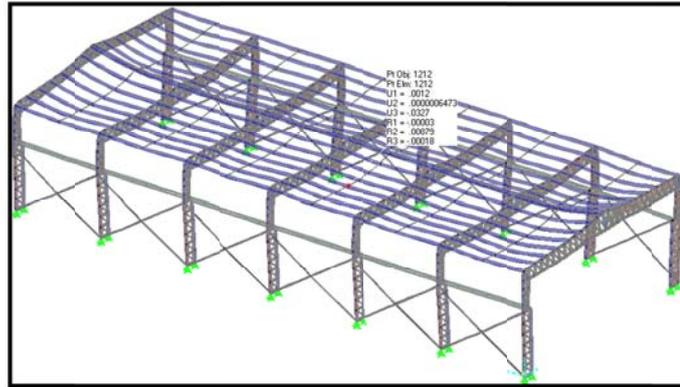


Figura 2.34 Deflexión en correas

## 2.4.2 DISEÑO DEL PÓRTICO

El diseño del pórtico estará basado en las Especificaciones para Acero Conformado en Frío AISI 2007 bajo el método de diseño del Factor de Carga y Resistencia (LFRD). Los diseños de las diferentes partes del pórtico corresponden al diseño de a) tensión, b) compresión y c) flexión.

### a) MIEMBROS SOMETIDOS A TENSIÓN

Para el diseño de los miembros a tensión nos basaremos en las Especificaciones para Acero Conformado en Frío AISI 2007 en la sección C2. La cual indica que para satisfacer el diseño a tensión se tiene que cumplir la siguiente expresión:

$$T_u \leq \phi_t T_n$$

Donde:

- $T_u$ : suma de las cargas factorizadas
- $\phi_t$ : factor de resistencia miembros a tensión (Fluencia 0.9, Fractura 0.75)
- $T_n$ : resistencia nominal por tensión (Fluencia o Fractura)

Para evitar la fluencia:

$$T_n = A_g F_y \quad (C2 - 1) AISI 2007$$

Donde:

- $A_g$ : área de la sección transversal

- $F_y$ : Esfuerzo de fluencia

Para evitar la fractura:

$$T_n = A_n F_u \quad (C2 - 2) AISI 2007$$

$$A_n = U A_g$$

Donde:

- $A_n$ : Área neta
- $U$ : Factor de reducción para conexiones soldadas 0.85
- $F_u$ : Esfuerzo de tensión mínimo.

La limitación de la relación de esbeltez debe cumplir la siguiente relación:

$$\frac{L}{r_{min}} \leq 300$$

#### a) MIEMBROS SOMETIDOS A COMPRESIÓN

Para el diseño de los miembros sometidos a compresión nos basaremos en las Especificaciones para Acero Conformado en Frío AISI 2007 en la sección C4. La cual indica que para satisfacer el diseño a compresión se tiene que cumplir la siguiente expresión:

$$P_u \leq \phi_c P_n$$

$$P_n = A_e F_n \quad (C4 - 1) AISI 2007$$

Donde:

- $P_u$ : Suma de las cargas factorizadas
- $\phi_c$ : Factor de resistencia miembros a compresión 0.85
- $P_n$ : Resistencia nominal por compresión
- $F_n$ : Resistencia axial nominal
- $A_e$ : Superficie efectiva a la tensión  $F_n$

Para  $\lambda_c \leq 1.5$   $F_n = (0.658\lambda_c^2) F_y$  (C4 - 2) *AISI* 2007

Para  $\lambda_c > 1.5$   $F_n = \left[ \frac{0.877}{\lambda_c^2} \right] F_y$  (C4 - 3) *AISI* 2007

Donde:

$$\lambda_c = \sqrt{\frac{F_y}{F_e}} \quad (C4 - 4) \text{ AISI 2007}$$

$F_e$ : la menor de las tensiones de pandeo de acuerdo a las siguientes características:

a) Secciones no sometidas a pandeo torsional ni a pandeo torsional flexional

$$F_e = \frac{\pi^2 E}{(KL/r^2)} \quad (C4.1 - 1) \text{ AISI 2007}$$

b) Secciones con simetría doble o simetría simple sometidas a pandeo torsional o a pandeo flexional torsional.

$$F_e = \frac{\sigma_t \sigma_{ex}}{\sigma_t + \sigma_{ex}} \quad (C4.2 - 2) \text{ AISI 2007}$$

$$\sigma_{ex} = \frac{\pi^2 E}{(K_x L_x / r_x)^2} \quad (C3.1.2 - 8) \text{ AISI 2007}$$

$$\sigma_t = \frac{1}{Ar_0^2} \left[ GJ + \frac{\pi^2 EC_w}{(K_t L_t)^2} \right] \quad (C3.1.2 - 9) \text{ AISI 2007}$$

Donde:

- $E$ : Módulo de Elasticidad
- $r_0$ : Radio de giro polar de la totalidad de la sección transversal respecto al centro de corte =  $\sqrt{r_x^2 + r_y^2 + x_0^2}$
- $r_x, r_y$ : Radios de giro de la totalidad de la sección transversal respecto a los ejes principales baricéntricos.
- $G$ =Módulo de elasticidad trasversal

- $K_x, K_y, K_t$ : Factores de longitud efectiva
- $L_x, L_y, L_t$ : Longitud no arriostrada del miembro comprimido
- $x_0$ : Distancia entre el centro de corte y baricentro a lo largo del eje principal x
- $J$ : Constante de torsión de St Venant de la sección transversal
- $C_w$ : Constante de alabeo torsional de la sección transversal

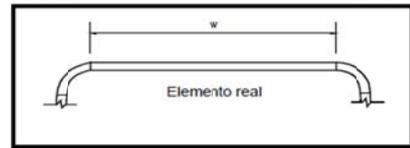
Para la determinación de la superficie efectiva  $A_e$  nos basamos en lo que determina la AISI en la sección B2 la cual especifica lo siguiente:

$$b = w \quad \text{cuando } \lambda \leq 0.673 \quad (B2.1. -1) AISI 2007$$

$$b = \rho w \quad \text{cuando } \lambda > 0.673 \quad (B2.1. -2) AISI 2007$$

Donde:

- $w$ : ancho plano de perfil
- $\rho = (1 - 0.22\lambda)/\lambda$
- $\lambda$ : factor de esbeltez que se determina con la siguiente expresión:



$$\lambda = \frac{1.052}{\sqrt{k}} \left( \frac{w}{t} \right) \sqrt{\frac{F_n}{E}} \quad (B2.1 - 4)$$

Donde:

- $t$ : espesor del perfil
- $k$ : 0.43 alas sin rigidizadores; 4 alma rigidizada por alas

Se debe considerar que la relación de longitud plana–espesor  $w/t < 60$  para los elementos no rigidizados en los bordes y  $w/t < 500$  para los elementos rigidizados, estos criterios están establecidos en la sección B1.1 de la AISI.

### c) MIEMBROS SOMETIDOS A FLEXIÓN

Para el diseño de los miembros sometidos a flexión nos basaremos en las Especificaciones para Acero Conformado en Frío AISI 2007 en la sección C3. La

cual indica que para satisfacer el diseño a flexión se tiene que cumplir la siguiente expresión:

$$M_u \leq \phi_b M_n$$

Donde:

- $M_u$ : combinación gobernante de momentos por cargas factorizadas
- $\phi_b$ : factor de resistencia 0.90
- $M_n$ : resistencia nominal a la flexión

El momento de fluencia en base a la resistencia de la sección se determina de la siguiente manera:

$$M_n = S_e F_y \quad (C3.1.1 - 1) AISI 2007$$

Donde:

- $S_e$ : Módulo elástico de la sección efectiva calculado con la fibra extrema comprimida o traccionada.

Para el diseño del pórtico se va a establecer en 4 secciones las cuales van a comprender en las siguientes partes (Figura 2.35):

- Diseño de las columnas principales
- Diseño de las columnas secundarias
- Diseño de las vigas de la cubierta
- Diseño de la ménsula para el puente grúa

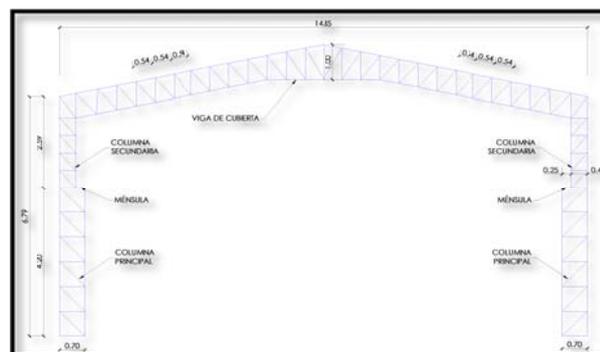
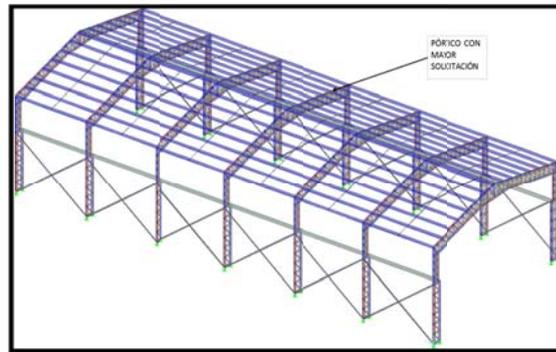


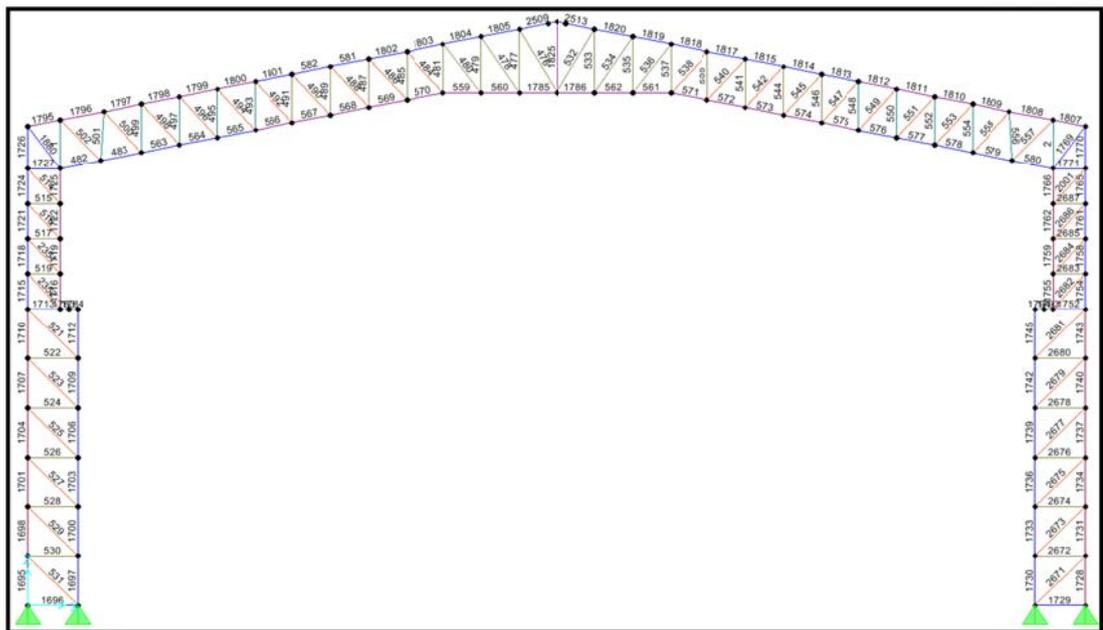
Figura 2.35 Secciones del pórtico

Las cargas con mayor sollicitación según lo que determina el programa es el pórtico intermedio (Figura 2.36) ya que concentra mayor número de cargas, además por que la carga correspondiente al uso de la grúa se encuentra en este pórtico.



**Figura 2.36** Identificación del pórtico con mayor sollicitación

Los elementos de la estructura van ha estar diseñados de acuerdo al comportamiento que tenga este pórtico sobre toda la estructura y la identificación de los elementos tipo frame se los puede ubicar de acuerdo a los establecido en la Figura 2.37

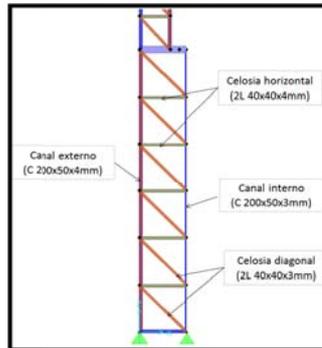


**Figura 2.37** Identificación de los elementos tipo frame

#### 2.4.2.1 DISEÑO DE LAS COLUMNAS PRINCIPALES

La columna principal esta conformada por el canal externo, internos y la celosía diagonal y horizontal (Figura 2.38). A cada uno de lo elementos previamente se establecieron secciones como aproximaciones de diseño para lo cual se utilizo un perfil C 200x50x4mm para los canales externos, perfiles C 200x50x3mm para

canales internos, a la celosía horizontal se le asignó un perfil tipo L 40x40x4 mm y finalmente a la celosía en diagonal un perfil L 40x40x3mm.



**Figura 2.38 Partes de la columna principal**

Los resultados de las fuerzas axiales que se obtienen en el programa se resumen en la Tabla 2.21, en la cual constan los perfiles que conforman la columna con las mayores solicitaciones de trabajo.

**Tabla 2.21 Fuerza internas en la columna principal**

CANAL EXTERNO			
Frame	Compresión (kg)	Tensión (kg)	Long. Elemento (m)
1728	15533.03		0.7
CANAL INTERNO			
Frame	Compresión (kg)	Tensión (kg)	Long. Elemento (m)
1712	8351.8		0.7
1730		7306.80	0.7
CELOSÍA HORIZONTAL			
Frame	Compresión (kg)	Tensión (kg)	Long. Elemento (m)
2678	2787.81		0.7
CELOSÍA DIAGONAL			
Frame	Compresión (kg)	Tensión (kg)	Long. Elemento (m)
2679		3936.39	0.7

- **Diseño Canal Externo:**

**Tabla 2.22 Propiedades del perfil C 200x50x4mm**

DATOS		
PERFIL	C 200x50x4mm	
ry	$1.4 \times 10^{-2}$	m
rx.	$7.2 \times 10^{-2}$	m
E	$2.1 \times 10^{10}$	kg/m <sup>2</sup>
Fy	$2.4 \times 10^7$	kg/m <sup>2</sup>
A	$1.15 \times 10^{-3}$	m <sup>2</sup>
Iy.	$2.21 \times 10^{-7}$	m <sup>4</sup>
Ix	$6.0 \times 10^{-6}$	m <sup>4</sup>
J	$6.4 \times 10^{-9}$	m <sup>4</sup>
Cw	$1.83 \times 10^{-9}$	m <sup>6</sup>
G	$7.84 \times 10^9$	kg/m <sup>2</sup>

➤ En Compresión

$$\frac{K_x L_x}{r_x} = \frac{1 * 0.7m}{7.2 \times 10^{-2}} = 9.72$$

$$\frac{K_y L_y}{r_y} = \frac{1 * 0.7m}{1.4 \times 10^{-2}} = 50.00$$

a) Secciones no sometidas a pandeo torsional ni a pandeo torsional flexional

$$F_e = \frac{\pi^2 E}{(KL/r)^2} = \frac{\pi^2 * 2.1 \times 10^{10} \text{ kg/m}^2}{(50.00)^2} = 8.29 \times 10^7 \text{ kg/m}^2$$

b) Secciones con simetría doble o simetría simple sometidas a pandeo torsional o a pandeo flexional torsional.

$$F_e = \frac{\sigma_t \sigma_{ex}}{\sigma_t + \sigma_{ex}}$$

$$\sigma_{ex} = \frac{\pi^2 E}{(K_x L_x / r_x)^2} = \frac{\pi^2 * 2.1 \times 10^{10} \text{ kg/m}^2}{(9.72)^2} = 2.19 \times 10^9 \text{ kg/m}^2$$

$$\sigma_t = \frac{1}{A r_0^2} \left[ GJ + \frac{\pi^2 E C_w}{(K_t L_t)^2} \right]$$

$$r_0 = \sqrt{r_x^2 + r_y^2 + x_0^2} = \sqrt{(7.2 \times 10^{-2} m)^2 + (1.4 \times 10^{-2} m)^2 + (1.0 \times 10^{-2} m)^2}$$

$$r_0 = 7.40 \times 10^{-2} m$$

$$\sigma_t = \frac{1}{(1.15 \times 10^{-3} m^2)(7.40 \times 10^{-2} m)^2} \left[ 7.84 \times 10^9 \text{ kg/m}^2 * 6.4 \times 10^{-9} m^4 + \frac{\pi^2 * 2.1 \times 10^{10} \text{ kg/m}^2 * 1.83 \times 10^{-9} m^6}{(1 * 0.7m)^2} \right]$$

$$\sigma_t = 1.30 \times 10^8 \text{ kg/m}^2$$

$$F_e = \frac{1.30 \times 10^8 \text{ kg/m}^2 * 2.19 \times 10^9 \text{ kg/m}^2}{1.30 \times 10^8 \text{ kg/m}^2 + 2.19 \times 10^9 \text{ kg/m}^2} = 1.22 \times 10^8 \text{ kg/m}^2$$

Por lo tanto gobierna  $F_e = 8.29 \times 10^7 \text{ kg/m}^2$

$$\lambda_c = \sqrt{\frac{F_y}{F_e}} = \sqrt{\frac{2.4 \times 10^7 \text{ kg/m}^2}{8.29 \times 10^7 \text{ kg/m}^2}} = 0.54$$

$$\lambda_c < 1.5 \quad \therefore F_n = (0.658^{\lambda_c^2}) F_y$$

$$F_n = (0.658^{0.54^2}) 2.4 \times 10^7 \text{ kg/m}^2 = 2.12 \times 10^7 \text{ kg/m}^2$$

Calculo del Área efectiva  $A_e$

- Ancho efectivo en alas

$$w_1 = B - (R + t) = 0.05\text{m} - (0.012\text{m} + 0.004\text{m}) = 0.034\text{m}$$

$$\frac{w}{t} = \frac{0.034\text{m}}{0.004\text{m}} = 8.5 < 60 \quad \text{CUMPLE}$$

$$\lambda = \frac{1.052}{\sqrt{k}} \left(\frac{w}{t}\right) \sqrt{\frac{F_n}{E}} = \frac{1.052}{\sqrt{0.43}} \left(\frac{0.034\text{m}}{0.004\text{m}}\right) \sqrt{\frac{2.12 \times 10^7 \text{ kg/m}^2}{2.1 \times 10^{10} \text{ kg/m}^2}}$$

$$\lambda = 0.43$$

$$\lambda < 0.673 \quad \therefore b = w$$

$$b_1 = 0.034\text{m}$$

- Ancho efectivo del alma

$$w_2 = h - 2(R + t) = 0.20\text{m} - 2(0.012\text{m} + 0.004\text{m}) = 0.168\text{m}$$

$$\frac{w}{t} = \frac{0.168\text{m}}{0.004\text{m}} = 42 < 500 \quad \text{CUMPLE}$$

$$\lambda = \frac{1.052}{\sqrt{k}} \left(\frac{w}{t}\right) \sqrt{\frac{Fn}{E}} = \frac{1.052}{\sqrt{4}} \left(\frac{0.168m}{0.004m}\right) \sqrt{\frac{2.12 \times 10^7 \text{ kg/m}^2}{2.1 \times 10^{10} \text{ kg/m}^2}}$$

$$\lambda = 0.70$$

$$\lambda > 0.673 \quad \therefore \quad b = \rho w$$

$$\rho = \frac{1 - \frac{0.22}{\lambda}}{\lambda} = \frac{1 - \frac{0.22}{0.70}}{0.70} = 0.98$$

$$b_2 = 0.98 * 0.168m = 0.164$$

- Área Efectiva

$$A_e = A - t_w [2(w_1 - b_1) + (w_2 - b_2)]$$

$$A_e = 1.15 \times 10^{-3} m^2 - 0.004m(0.168m - 0.164m) = 1.134 \times 10^{-3} m^2$$

$$P_n = A_e F_n = 1.134 \times 10^{-3} m^2 * 2.12 \times 10^7 \text{ kg/m}^2$$

$$P_n = 24040.8kg$$

$$P_u \leq 0.85 * 24040.8kg$$

$$15533.03kg < 20434.68kg \quad \text{CUMPLE}$$

- **Diseño Canal Interno:**

**Tabla 2.23 Propiedades del perfil C 200x50x3mm**

DATOS		
PERFIL	C 200x50x3mm	
ry	$1.40 \times 10^{-2}$	m
rx.	$7.3 \times 10^{-2}$	m
E	$2.1 \times 10^{10}$	kg/m <sup>2</sup>
Fy	$2.4 \times 10^7$	kg/m <sup>2</sup>
Fu	$4.47 \times 10^7$	kg/m <sup>2</sup>
A	$8.7 \times 10^{-4}$	m <sup>2</sup>
Iy.	$1.71 \times 10^{-7}$	m <sup>4</sup>
Ix	$4.62 \times 10^{-6}$	m <sup>4</sup>
J	$2.7 \times 10^{-9}$	m <sup>4</sup>
Cw	$1.37 \times 10^{-9}$	m <sup>6</sup>
G	$7.84 \times 10^9$	kg/m <sup>2</sup>

➤ En tensión

a) Fluencia:

$$T_n = A_g F_y = 8.7 \times 10^{-4} m^2 * 2.4 \times 10^7 kg/m^2$$

$$T_n = 20880 kg$$

b) Fractura:

$$T_n = A_n F_u$$

$$A_n = U A_g$$

$$A_n = 0.85 * 8.7 \times 10^{-4} m^2 = 7.40 \times 10^{-4} m^2$$

$$T_n = 7.40 \times 10^{-4} m^2 * 4.47 \times 10^7 kg/m^2$$

$$T_n = 33055.65 kg$$

Para el diseño gobierna  $T_n = 20880$

$$T_u \leq \phi_t T_n$$

$$T_u \leq 0.9 * 20880 kg$$

$$7306.80 kg \leq 18792 kg \quad CUMPLE$$

Se verifica la relación de esbeltez

$$\frac{L}{r_{min}} = \frac{0.7m}{1.40 \times 10^{-2} m} = 50 < 300 \quad CUMPLE$$

➤ En compresión

$$\frac{K_x L_x}{r_x} = \frac{1 * 0.7m}{7.3 \times 10^{-2}} = 9.60$$

$$\frac{K_y L_y}{r_y} = \frac{1 * 0.7m}{1.40 \times 10^{-2}} = 50$$

a) Secciones no sometidas a pandeo torsional ni a pandeo torsional flexional

$$F_e = \frac{\pi^2 E}{(KL/r)^2} = \frac{\pi^2 * 2.1 \times 10^{10} kg/m^2}{50^2} = 8.30 \times 10^7 kg/m^2$$

b) Secciones con simetría doble o simetría simple sometidas a pandeo torsional o a pandeo flexional torsional.

$$F_e = \frac{\sigma_t \sigma_{ex}}{\sigma_t + \sigma_{ex}}$$

$$\sigma_{ex} = \frac{\pi^2 E}{(K_x L_x / r_x)^2} = \frac{\pi^2 * 2.1 \times 10^{10} \text{ kg/m}^2}{(9.60)^2} = 2.24 \times 10^9 \text{ kg/m}^2$$

$$\sigma_t = \frac{1}{A r_0^2} \left[ GJ + \frac{\pi^2 E C_w}{(K_t L_t)^2} \right]$$

$$r_0 = \sqrt{r_x^2 + r_y^2 + x_0^2} = \sqrt{(7.3 \times 10^{-2} \text{ m})^2 + (1.40 \times 10^{-2} \text{ m})^2 + (1.0 \times 10^{-2} \text{ m})^2}$$

$$r_0 = 7.5 \times 10^{-2} \text{ m}$$

$$\sigma_t = \frac{1}{(8.7 \times 10^{-4} \text{ m}^2)(7.5 \times 10^{-2} \text{ m})^2} \left[ 7.84 \times 10^9 \text{ kg/m}^2 * 2.7 \times 10^{-9} \text{ m}^4 + \frac{\pi^2 * 2.1 \times 10^{10} \text{ kg/m}^2 * 1.37 \times 10^{-9} \text{ m}^6}{(1 * 0.7 \text{ m})^2} \right]$$

$$\sigma_t = 1.23 \times 10^8 \text{ kg/m}^2$$

$$F_e = \frac{1.23 \times 10^8 \text{ kg/m}^2 * 2.24 \times 10^9 \text{ kg/m}^2}{1.23 \times 10^8 \text{ kg/m}^2 + 2.24 \times 10^9 \text{ kg/m}^2} = 1.16 \times 10^8 \text{ kg/m}^2$$

Por lo tanto gobierna  $F_e = 8.30 \times 10^7 \text{ kg/m}^2$

$$\lambda_c = \sqrt{\frac{F_y}{F_e}} = \sqrt{\frac{2.4 \times 10^7 \text{ kg/m}^2}{8.30 \times 10^7 \text{ kg/m}^2}} = 0.53$$

$$\lambda_c < 1.5 \quad \therefore F_n = (0.658^{\lambda_c^2}) F_y$$

$$F_n = (0.658^{0.53^2}) 2.4 \times 10^7 \text{ kg/m}^2 = 2.13 \times 10^7 \text{ kg/m}^2$$

Calculo del Área efectiva  $A_e$

- Ancho efectivo en alas

$$w_1 = B - (R + t) = 0.05\text{m} - (0.009\text{m} + 0.003\text{m}) = 0.038\text{m}$$

$$\frac{w}{t} = \frac{0.038\text{m}}{0.003\text{m}} = 12.66 < 60 \quad \text{CUMPLE}$$

$$\lambda = \frac{1.052}{\sqrt{k}} \left(\frac{w}{t}\right) \sqrt{\frac{Fn}{E}} = \frac{1.052}{\sqrt{0.43}} \left(\frac{0.038\text{m}}{0.003\text{m}}\right) \sqrt{\frac{2.13 \times 10^7 \text{ kg/m}^2}{2.1 \times 10^{10} \text{ kg/m}^2}}$$

$$\lambda = 0.64$$

$$\lambda < 0.673 \quad \therefore \quad b = w$$

$$b_1 = 0.038\text{m}$$

- Ancho efectivo del alma

$$w_2 = h - 2(R + t) = 0.20\text{m} - 2(0.009\text{m} + 0.003\text{m}) = 0.176\text{m}$$

$$\frac{w}{t} = \frac{0.176\text{m}}{0.003\text{m}} = 58.66 < 500 \quad \text{CUMPLE}$$

$$\lambda = \frac{1.052}{\sqrt{k}} \left(\frac{w}{t}\right) \sqrt{\frac{Fn}{E}} = \frac{1.052}{\sqrt{4}} \left(\frac{0.176\text{m}}{0.003\text{m}}\right) \sqrt{\frac{2.13 \times 10^7 \text{ kg/m}^2}{2.1 \times 10^{10} \text{ kg/m}^2}}$$

$$\lambda = 0.98$$

$$\lambda > 0.673 \quad \therefore \quad b = \rho w$$

$$\rho = \frac{1 - \frac{0.22}{\lambda}}{\lambda} = \frac{1 - \frac{0.22}{0.98}}{0.98} = 0.79$$

$$b_2 = 0.79 * 0.176\text{m} = 0.13\text{m}$$

- Área Efectiva

$$A_e = A - t_w [2(w_1 - b_1) + (w_2 - b_2)]$$

$$A_e = 8.70 \times 10^{-4} \text{m}^2 - 0.003\text{m}(0.176\text{m} - 0.13\text{m}) = 7.32 \times 10^{-4} \text{m}^2$$

$$P_n = A_e F_n = 7.32 \times 10^{-4} \text{m}^2 * 2.13 \times 10^7 \text{kg/m}^2$$

$$P_n = 15591.6 \text{kg}$$

$$P_u \leq 0.85 * 15591.6 \text{kg}$$

$$8351.8 \text{kg} < 13252.56 \text{kg} \quad \text{CUMPLE}$$

- **Diseño Celosía Horizontal**

**Tabla 2.24 Propiedades del perfil L 40x40x4mm**

DATOS		
PERFIL	L 40x40x4mm	
ry	$7.8 \times 10^{-3}$	m
rx.	$1.58 \times 10^{-2}$	m
E	$2.1 \times 10^{10}$	kg/m <sup>2</sup>
Fy	$2.4 \times 10^7$	kg/m <sup>2</sup>
Fu	$4.47 \times 10^7$	kg/m <sup>2</sup>
A	$2.94 \times 10^{-4}$	m <sup>2</sup>
Iy.	$4.46 \times 10^{-8}$	m <sup>4</sup>
Ix	$4.46 \times 10^{-8}$	m <sup>4</sup>
J	$1.70 \times 10^{-8}$	m <sup>4</sup>
Cw	$1.13 \times 10^{-10}$	m <sup>6</sup>
G	$7.84 \times 10^9$	kg/m <sup>2</sup>

➤ En Compresión

$$\frac{K_x L_x}{r_x} = \frac{1 * 0.7 \text{m}}{1.58 \times 10^{-2}} = 44.30$$

$$\frac{K_y L_y}{r_y} = \frac{1 * 0.7 \text{m}}{7.8 \times 10^{-3}} = 89.74$$

a) Secciones no sometidas a pandeo torsional ni a pandeo torsional flexional

$$F_e = \frac{\pi^2 E}{(KL/r)^2} = \frac{\pi^2 * 2.1 \times 10^{10} \text{kg/m}^2}{(89.74)^2} = 2.57 \times 10^7 \text{kg/m}^2$$

b) Secciones con simetría doble o simetría simple sometidas a pandeo torsional o a pandeo flexional torsional.

$$F_e = \frac{\sigma_t \sigma_{ex}}{\sigma_t + \sigma_{ex}}$$

$$\sigma_{ex} = \frac{\pi^2 E}{(K_x L_x / r_x)^2} = \frac{\pi^2 * 2.1 \times 10^{10} \text{ kg/m}^2}{(44.30)^2} = 1.06 \times 10^8 \text{ kg/m}^2$$

$$\sigma_t = \frac{1}{A r_0^2} \left[ GJ + \frac{\pi^2 E C_w}{(K_t L_t)^2} \right]$$

$$r_0 = \sqrt{r_x^2 + r_y^2 + x_0^2} = \sqrt{(1.58 \times 10^{-2} \text{ m})^2 + (7.8 \times 10^{-3} \text{ m})^2 + (1.19 \times 10^{-2} \text{ m})^2}$$

$$r_0 = 2.12 \times 10^{-2} \text{ m}$$

$$\sigma_t = \frac{1}{(2.94 \times 10^{-4} \text{ m}^2)(2.12 \times 10^{-2} \text{ m})^2} \left[ 7.84 \times 10^9 \text{ kg/m}^2 * 1.70 \times 10^{-8} \text{ m}^4 + \frac{\pi^2 * 2.1 \times 10^{10} \text{ kg/m}^2 * 1.13 \times 10^{-10} \text{ m}^6}{(1 * 0.7 \text{ m})^2} \right]$$

$$\sigma_t = 1.37 \times 10^9 \text{ kg/m}^2$$

$$F_e = \frac{1.37 \times 10^9 \text{ kg/m}^2 * 1.06 \times 10^8 \text{ kg/m}^2}{1.37 \times 10^9 \text{ kg/m}^2 + 1.06 \times 10^8 \text{ kg/m}^2} = 9.84 \times 10^7 \text{ kg/m}^2$$

Por lo tanto gobierna  $F_e = 2.57 \times 10^7 \text{ kg/m}^2$

$$\lambda_c = \sqrt{\frac{F_y}{F_e}} = \sqrt{\frac{2.4 \times 10^7 \text{ kg/m}^2}{2.57 \times 10^7 \text{ kg/m}^2}} = 0.97$$

$$\lambda_c < 1.5 \quad \therefore F_n = (0.658^{\lambda_c^2}) F_y$$

$$F_n = (0.658^{0.97^2}) 2.4 \times 10^7 \text{ kg/m}^2 = 1.62 \times 10^7 \text{ kg/m}^2$$

Calculo del Área efectiva  $A_e$

- Ancho efectivo

$$w_{1-2} = B - (R + t) = 0.04m - (0.012m + 0.004m) = 0.024m$$

$$\frac{w}{t} = \frac{0.024m}{0.004m} = 6 < 60 \quad \text{CUMPLE}$$

$$\lambda = \frac{1.052}{\sqrt{k}} \left(\frac{w}{t}\right) \sqrt{\frac{Fn}{E}} = \frac{1.052}{\sqrt{0.43}} \left(\frac{0.024m}{0.004m}\right) \sqrt{\frac{1.62 \times 10^7 \text{ kg/m}^2}{2.1 \times 10^{10} \text{ kg/m}^2}}$$

$$\lambda = 0.27$$

$$\lambda < 0.673 \quad \therefore \quad b = w$$

$$b_{1-2} = 0.024m$$

- Área Efectiva

$$A_e = A - t[(w_1 - b_1) + (w_2 - b_2)]$$

$$A_e = 2.94 \times 10^{-4} m^2$$

$$P_n = A_e F_n = 2.94 \times 10^{-4} m^2 * 1.62 \times 10^7 \text{ kg/m}^2$$

$$P_n = 4762.8 \text{ kg}$$

$$P_u \leq 0.85 * 4762.8 \text{ kg}$$

$$2787.81 \text{ kg} < 4048.36 \text{ kg} \quad \text{CUMPLE}$$

### Diseño Celosía Diagonal

Tabla 2.25 Propiedades del perfil L 40x40x3mm

DATOS		
PERFIL	L 40x40x3mm	
ry	$7.6 \times 10^{-3}$	m
rx.	$1.59 \times 10^{-2}$	m
E	$2.1 \times 10^{10}$	kg/m <sup>2</sup>
Fy	$2.4 \times 10^7$	kg/m <sup>2</sup>
Fu	$4.47 \times 10^7$	kg/m <sup>2</sup>

A	$2.25 \times 10^{-4}$	$m^2$
Iy.	$3.5 \times 10^{-8}$	$m^4$
Ix	$3.5 \times 10^{-8}$	$m^4$
J	$7.2 \times 10^{-10}$	$m^4$
Cw	$2.27 \times 10^{-13}$	$m^6$
G	$7.84 \times 10^9$	$kg/m^2$

➤ En tensión

a) Fluencia:

$$T_n = A_g F_y = 2.25 \times 10^{-4} m^2 * 2.4 \times 10^7 kg/m^2$$

$$T_n = 5400 kg$$

b) Fractura:

$$T_n = A_n F_u$$

$$A_n = U A_g$$

$$A_n = 0.85 * 2.25 \times 10^{-4} m^2 = 1.91 \times 10^{-4} m^2$$

$$T_n = 1.91 \times 10^{-4} m^2 * 4.47 \times 10^7 kg/m^2$$

$$T_n = 8548.87 kg$$

Para el diseño gobierna  $T_n = 5400$

$$T_u \leq \phi_t T_n$$

$$T_u \leq 0.9 * 5400 kg$$

$$3936.39 kg \leq 4860 kg \quad CUMPLE$$

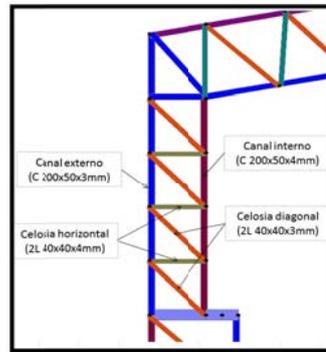
Se verifica la relación de esbeltez

$$\frac{L}{r_{min}} = \frac{0.7 m}{1.3 \times 10^{-2} m} = 53 < 300 \quad CUMPLE$$

#### 2.4.2.2 DISEÑO DE LAS COLUMNAS SECUNDARIAS

La columna secundaria esta conformada por un canal externo, internos y la celosía diagonal y horizontal (Figura 2.39). A cada uno de lo elementos previamente se establecieron secciones como aproximaciones de diseño para lo cual se utilizó un

perfil C 200x50x3mm para los canales externos, perfiles C 200x50x4mm para canales internos, a la celosía horizontal se le asigno un perfil tipo L 40x40x4 mm y finalmente a la celosía en diagonal un perfil L 40x40x3mm.



**Figura 2.39 Partes de la columna secundaria**

Los resultados de las fuerzas axiales que se obtienen en el programa, se resume en la Tabla 2.26 en la cual constan los perfiles que conforman la columna con las mayores solicitaciones de trabajo.

**Tabla 2.26 Fuerza internas en la columna secundaria**

CANAL EXTERNO			
Frame	Compresión (kg)	Tensión (kg)	Long. Elemento (m)
1770		14054.49	0.60
CANAL INTERNO			
Frame	Compresión (kg)	Tensión (kg)	Long. Elemento (m)
1766	19778.91		0.5
CELOSÍA HORIZONTAL			
Frame	Compresión (kg)	Tensión (kg)	Long. Elemento (m)
2687	2691.60		0.5
CELOSÍA DIAGONAL			
Frame	Compresión (kg)	Tensión (kg)	Long. Elemento (m)
2001		4024.27	0.5

- **Diseño Canal Externo:**

Ver propiedades del perfil en la Tabla 2.23

➤ En tensión

a) Fluencia:

$$T_n = A_g F_y = 8.7 \times 10^{-4} m^2 * 2.4 \times 10^7 kg/m^2$$

$$T_n = 20880kg$$

b) Fractura:

$$T_n = A_n F_u$$

$$A_n = U A_g$$

$$A_n = 0.85 * 8.7 \times 10^{-4} m^2 = 7.395 \times 10^{-4} m^2$$

$$T_n = 7.395 \times 10^{-4} m^2 * 4.47 \times 10^7 kg/m^2$$

$$T_n = 33055.65kg$$

Para el diseño gobierna  $T_n = 20880kg$

$$T_u \leq \phi_t T_n$$

$$T_u \leq 0.9 * 20880kg$$

$$14054.49kg \leq 18792kg \quad CUMPLE$$

Se verifica la relación de esbeltez

$$\frac{L}{r_{min}} = \frac{0.60m}{1.4 \times 10^{-2}m} = 42.85 < 300 \quad CUMPLE$$

- **Diseño Canal Interno:**

Ver propiedades del perfil en la Tabla 2.23

➤ En Compresión

$$\frac{K_x L_x}{r_x} = \frac{1 * 0.5m}{7.2 \times 10^{-2}} = 6.94$$

$$\frac{K_y L_y}{r_y} = \frac{1 * 0.5m}{1.4 \times 10^{-2}} = 35.71$$

a) Secciones no sometidas a pandeo torsional ni a pandeo torsional flexional

$$F_e = \frac{\pi^2 E}{(KL/r)^2} = \frac{\pi^2 * 2.1 \times 10^{10} kg/m^2}{(35.71)^2} = 1.62 \times 10^8 kg/m^2$$

b) Secciones con simetría doble o simetría simple sometidas a pandeo torsional o a pandeo flexional torsional.

$$F_e = \frac{\sigma_t \sigma_{ex}}{\sigma_t + \sigma_{ex}}$$

$$\sigma_{ex} = \frac{\pi^2 E}{(K_x L_x / r_x)^2} = \frac{\pi^2 * 2.1 \times 10^{10} \text{ kg/m}^2}{(6.94)^2} = 4.30 \times 10^9 \text{ kg/m}^2$$

$$\sigma_t = \frac{1}{A r_0^2} \left[ GJ + \frac{\pi^2 E C_w}{(K_t L_t)^2} \right]$$

$$r_0 = \sqrt{r_x^2 + r_y^2 + x_0^2} = \sqrt{(7.2 \times 10^{-2} \text{ m})^2 + (1.4 \times 10^{-2} \text{ m})^2 + (1.0 \times 10^{-2} \text{ m})^2}$$

$$r_0 = 7.40 \times 10^{-2} \text{ m}$$

$$\sigma_t = \frac{1}{(1.15 \times 10^{-3} \text{ m}^2)(7.4 \times 10^{-2} \text{ m})^2} \left[ 7.84 \times 10^9 \text{ kg/m}^2 * 6.4 \times 10^{-9} \text{ m}^4 + \frac{\pi^2 * 2.1 \times 10^{10} \text{ kg/m}^2 * 1.83 \times 10^{-9} \text{ m}^6}{(1 * 0.5 \text{ m})^2} \right]$$

$$\sigma_t = 2.49 \times 10^8 \text{ kg/m}^2$$

$$F_e = \frac{2.49 \times 10^8 \text{ kg/m}^2 * 4.30 \times 10^9 \text{ kg/m}^2}{2.49 \times 10^8 \text{ kg/m}^2 + 4.30 \times 10^9 \text{ kg/m}^2} = 2.35 \times 10^8 \text{ kg/m}^2$$

Por lo tanto gobierna  $F_e = 1.62 \times 10^8 \text{ kg/m}^2$

$$\lambda_c = \sqrt{\frac{F_y}{F_e}} = \sqrt{\frac{2.4 \times 10^7 \text{ kg/m}^2}{1.62 \times 10^8 \text{ kg/m}^2}} = 0.38$$

$$\lambda_c < 1.5 \quad \therefore F_n = (0.658 \lambda_c^2) F_y$$

$$F_n = (0.658^{0.38^2}) 2.4 \times 10^7 \text{ kg/m}^2 = 2.26 \times 10^7 \text{ kg/m}^2$$

Calculo del Área efectiva  $A_e$

- Ancho efectivo en alas

$$w_1 = B - (R + t) = 0.05\text{m} - (0.012\text{m} + 0.004\text{m}) = 0.034\text{m}$$

$$\frac{w}{t} = \frac{0.034\text{m}}{0.004\text{m}} = 8.5 < 60 \quad \text{CUMPLE}$$

$$\lambda = \frac{1.052}{\sqrt{k}} \left(\frac{w}{t}\right) \sqrt{\frac{F_n}{E}} = \frac{1.052}{\sqrt{0.43}} \left(\frac{0.034\text{m}}{0.004\text{m}}\right) \sqrt{\frac{2.26 \times 10^7 \text{ kg/m}^2}{2.1 \times 10^{10} \text{ kg/m}^2}}$$

$$\lambda = 0.45$$

$$\lambda < 0.673 \quad \therefore \quad b = w$$

$$b_1 = 0.034\text{m}$$

- Ancho efectivo del alma

$$w_2 = h - 2(R + t) = 0.20\text{m} - 2(0.012\text{m} + 0.004\text{m}) = 0.168\text{m}$$

$$\frac{w}{t} = \frac{0.168\text{m}}{0.004\text{m}} = 42 < 500 \quad \text{CUMPLE}$$

$$\lambda = \frac{1.052}{\sqrt{k}} \left(\frac{w}{t}\right) \sqrt{\frac{F_n}{E}} = \frac{1.052}{\sqrt{4}} \left(\frac{0.168\text{m}}{0.004\text{m}}\right) \sqrt{\frac{2.26 \times 10^7 \text{ kg/m}^2}{2.1 \times 10^{10} \text{ kg/m}^2}}$$

$$\lambda = 0.72$$

$$\lambda > 0.673 \quad \therefore \quad b = \rho w$$

$$\rho = \frac{1 - \frac{0.22}{\lambda}}{\lambda} = \frac{1 - \frac{0.22}{0.72}}{0.72} = 0.96$$

$$b_2 = 0.96 * 0.168\text{m} = 0.161$$

- Área Efectiva

$$A_e = A - t_w [2(w_1 - b_1) + (w_2 - b_2)]$$

$$A_e = 1.15 \times 10^{-3} \text{m}^2 - 0.004 \text{m}(0.168 \text{m} - 0.161 \text{m}) = 1.12 \times 10^{-3} \text{m}^2$$

$$P_n = A_e F_n = 1.12 \times 10^{-3} \text{m}^2 * 2.26 \times 10^7 \text{kg/m}^2$$

$$P_n = 25357.2 \text{kg}$$

$$P_u \leq 0.85 * 25357.2 \text{kg}$$

$$19778.91 \text{kg} < 21553.62 \text{kg} \quad \text{CUMPLE}$$

- **Diseño Celosía Horizontal**

Ver propiedades del perfil en la Tabla 2.24

➤ En Compresión

$$\frac{K_x L_x}{r_x} = \frac{1 * 0.5 \text{m}}{1.58 \times 10^{-2}} = 31.65$$

$$\frac{K_y L_y}{r_y} = \frac{1 * 0.5 \text{m}}{7.6 \times 10^{-3}} = 65.79$$

a) Secciones no sometidas a pandeo torsional ni a pandeo torsional flexional

$$F_e = \frac{\pi^2 E}{(KL/r)^2} = \frac{\pi^2 * 2.1 \times 10^{10} \text{kg/m}^2}{(65.79)^2} = 4.79 \times 10^7 \text{kg/m}^2$$

b) Secciones con simetría doble o simetría simple sometidas a pandeo torsional o a pandeo flexional torsional.

$$F_e = \frac{\sigma_t \sigma_{ex}}{\sigma_t + \sigma_{ex}}$$

$$\sigma_{ex} = \frac{\pi^2 E}{(K_x L_x / r_x)^2} = \frac{\pi^2 * 2.1 \times 10^{10} \text{kg/m}^2}{(31.65)^2} = 2.07 \times 10^8 \text{kg/m}^2$$

$$\sigma_t = \frac{1}{A r_0^2} \left[ GJ + \frac{\pi^2 E C_w}{(K_t L_t)^2} \right]$$

$$r_0 = \sqrt{r_x^2 + r_y^2 + x_0^2} = \sqrt{(1.58 \times 10^{-2} \text{m})^2 + (7.8 \times 10^{-3} \text{m})^2 + (1.19 \times 10^{-2} \text{m})^2}$$

$$r_0 = 2.12 \times 10^{-2} \text{m}$$

$$\sigma_t = \frac{1}{(2.94 \times 10^{-4} \text{m}^2)(2.12 \times 10^{-2} \text{m})^2} \left[ 7.84 \times 10^9 \text{kg/m}^2 * 1.70 \times 10^{-8} \text{m}^4 + \frac{\pi^2 * 2.1 \times 10^{10} \text{kg/m}^2 * 1.13 \times 10^{-10} \text{m}^6}{(1 * 0.7 \text{m})^2} \right]$$

$$\sigma_t = 1.37 \times 10^9 \text{kg/m}^2$$

$$F_e = \frac{1.37 \times 10^9 \text{kg/m}^2 * 2.07 \times 10^8 \text{kg/m}^2}{1.37 \times 10^9 \text{kg/m}^2 + 2.07 \times 10^8 \text{kg/m}^2} = 1.80 \times 10^8 \text{kg/m}^2$$

Por lo tanto gobierna  $F_e = 4.79 \times 10^7 \text{kg/m}^2$

$$\lambda_c = \sqrt{\frac{F_y}{F_e}} = \sqrt{\frac{2.4 \times 10^7 \text{kg/m}^2}{4.79 \times 10^7 \text{kg/m}^2}} = 0.71$$

$$\lambda_c < 1.5 \quad \therefore F_n = (0.658^{\lambda_c^2}) F_y$$

$$F_n = (0.658^{0.71^2}) 2.4 \times 10^7 \text{kg/m}^2 = 1.94 \times 10^7 \text{kg/m}^2$$

Calculo del Área efectiva  $A_e$

- Ancho efectivo

$$w_{1-2} = B - (R + t) = 0.04 \text{m} - (0.012 \text{m} + 0.004 \text{m}) = 0.024 \text{m}$$

$$\frac{w}{t} = \frac{0.024 \text{m}}{0.004 \text{m}} = 6 < 60 \quad \text{CUMPLE}$$

$$\lambda = \frac{1.052}{\sqrt{k}} \left(\frac{w}{t}\right) \sqrt{\frac{F_n}{E}} = \frac{1.052}{\sqrt{0.43}} \left(\frac{0.024 \text{m}}{0.004 \text{m}}\right) \sqrt{\frac{1.94 \times 10^7 \text{kg/m}^2}{2.1 \times 10^{10} \text{kg/m}^2}}$$

$$\lambda = 0.12$$

$$\lambda < 0.673 \quad \therefore \quad b = w$$

$$b_{1-2} = 0.024m$$

- Área Efectiva

$$A_e = A - t[(w_1 - b_1) + (w_2 - b_2)]$$

$$A_e = 2.94 \times 10^{-4} m^2$$

$$P_n = A_e F_n = 2.94 \times 10^{-4} m^2 * 1.94 \times 10^7 kg/m^2$$

$$P_n = 5703.6 kg$$

$$P_u \leq 0.85 * 5703.6 kg$$

$$2691.60 kg < 4848.06 kg \quad CUMPLE$$

### Diseño Celosía Diagonal

Ver propiedades del perfil en la Tabla 2.25

- En tensión

a) Fluencia:

$$T_n = A_g F_y = 2.25 \times 10^{-4} m^2 * 2.4 \times 10^7 kg/m^2$$

$$T_n = 5400 kg$$

b) Fractura:

$$T_n = A_n F_u$$

$$A_n = U A_g$$

$$A_n = 0.85 * 2.25 \times 10^{-4} m^2 = 1.91 \times 10^{-4} m^2$$

$$T_n = 1.91 \times 10^{-4} m^2 * 4.47 \times 10^7 kg/m^2$$

$$T_n = 8548.87 kg$$

Para el diseño gobierna  $T_n = 5400$

$$T_u \leq \phi_t T_n$$

$$T_u \leq 0.9 * 5400 kg$$

$$4024.27 \leq 4860 kg \quad CUMPLE$$

Se verifica la relación de esbeltez

$$\frac{L}{r_{min}} = \frac{0.5m}{1.3 \times 10^{-2}m} = 38.5 < 300 \quad \text{CUMPLE}$$

### 2.4.2.3 DISEÑO DE LA VIGA DE CUBIERTA

La viga de cubierta esta conformada por el cordón superior, cordón inferior y la celosía diagonal y vertical (Figura 2.40). A cada uno de lo elementos previamente se establecieron secciones como aproximaciones de diseño para lo cual en el cordón superior e inferiores utilizó un perfil C 150x50x3mm para los elementos que estén trabajando a compresión y un perfil C 150x50x2mm para los el elementos que se encuentren bajo tensión, a la celosía vertical se le asigno un perfil tipo L 40x40x5 mm en donde se concentran los mayores esfuerzos y un perfil L 40x40x4mm en donde los esfuerzos son menores, finalmente a la celosía en diagonal un perfil L 40x40x3mm.

Los resultados de las fuerzas axiales que se obtienen en el programa se resumen en la Tabla 2.27, en la cual constan los perfiles que conforman la viga de cubierta con las mayores solicitaciones de trabajo.

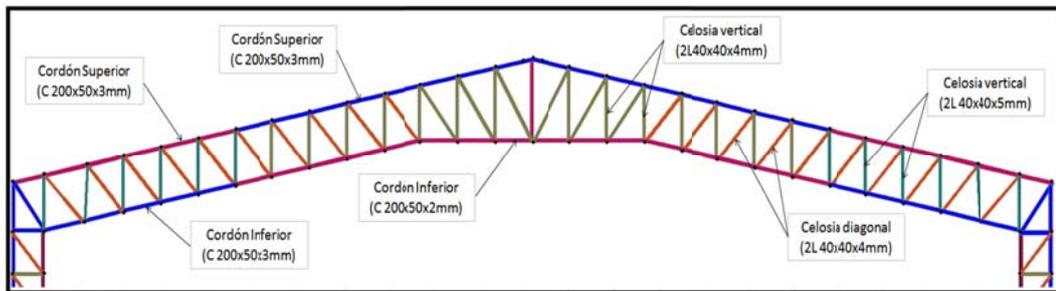


Figura 2.40 Partes de la viga de cubierta

Tabla 2.27 Fuerza internas en la viga de cubierta

CORDÓN INFERIOR			
Frame	Compresión (kg)	Tensión (kg)	Long. Elemento (m)
580	12396		0.55
559		10406.59	0.55
CORDON SUPERIOR			
Frame	Compresión (kg)	Tensión (kg)	Long. Elemento (m)
1803	13290.86		0.55
1807		9692.52	0.55

CELOSÍA VERTICAL			
Frame	Compresión (kg)	Tensión (kg)	Long. Elemento (m)
558	4726.08		0.70
CELOSÍA DIAGONAL			
Frame	Compresión (kg)	Tensión (kg)	Long. Elemento (m)
557		5551.09	0.8
478	2103.83		0.95

- **Diseño Cordón Superior-Inferior**

Ver propiedades de los perfiles en la Tabla 2.23. y Tabla 2.28.

**Tabla 2.28 Propiedades del perfil C 200x50x2mm**

DATOS		
PERFIL	C 200x50x2mm	
ry	$1.40 \times 10^{-2}$	m
rx.	$7.30 \times 10^{-2}$	m
E	$2.1 \times 10^{10}$	kg/m <sup>2</sup>
Fy	$2.4 \times 10^7$	kg/m <sup>2</sup>
Fu	$4.47 \times 10^7$	kg/m <sup>2</sup>
A	$5.87 \times 10^{-4}$	m <sup>2</sup>
Iy.	$1.18 \times 10^{-7}$	m <sup>4</sup>
Ix	$3.16 \times 10^{-6}$	m <sup>4</sup>

➤ En tensión

a) Fluencia:

$$T_n = A_g F_y = 5.87 \times 10^{-4} \text{m}^2 * 2.4 \times 10^7 \text{kg/m}^2$$

$$T_n = 14088 \text{kg}$$

b) Fractura:

$$T_n = A_n F_u$$

$$A_n = U A_g$$

$$A_n = 0.85 * 5.87 \times 10^{-4} \text{m}^2 = 4.99 \times 10^{-4} \text{m}^2$$

$$T_n = 4.99 \times 10^{-4} \text{m}^2 * 4.47 \times 10^7 \text{kg/m}^2$$

$$T_n = 22303.06 \text{kg}$$

Para el diseño gobierna  $T_n = 14088 \text{kg}$

$$T_u \leq \phi_t T_n$$

$$T_u \leq 0.9 * 14088kg$$

$$10093.21kg < 12679.2kg \quad CUMPLE$$

Se verifica la relación de esbeltez

$$\frac{L}{r_{min}} = \frac{0.55m}{1.4x10^{-2}m} = 39 < 300 \quad CUMPLE$$

➤ En Compresión

$$\frac{K_x L_x}{r_x} = \frac{1 * 0.55m}{7.30x10^{-2}} = 7.53$$

$$\frac{K_y L_y}{r_y} = \frac{1 * 0.55m}{1.40x10^{-2}} = 39.28$$

a) Secciones no sometidas a pandeo torsional ni a pandeo torsional flexional

$$F_e = \frac{\pi^2 E}{(KL/r)^2} = \frac{\pi^2 * 2.1x10^{10} kg/m^2}{39.28^2} = 1.34x10^8 kg/m^2$$

b) Secciones con simetría doble o simetría simple sometidas a pandeo torsional o a pandeo flexional torsional.

$$F_e = \frac{\sigma_t \sigma_{ex}}{\sigma_t + \sigma_{ex}}$$

$$\sigma_{ex} = \frac{\pi^2 E}{(K_x L_x / r_x)^2} = \frac{\pi^2 * 2.1x10^{10} kg/m^2}{(7.53)^2} = 3.65x10^9 kg/m^2$$

$$\sigma_t = \frac{1}{A r_0^2} \left[ GJ + \frac{\pi^2 E C_w}{(K_t L_t)^2} \right]$$

$$r_0 = \sqrt{r_x^2 + r_y^2 + x_0^2} = \sqrt{(7.3x10^{-2}m)^2 + (1.40x10^{-2}m)^2 + (1.0x10^{-2}m)^2}$$

$$r_0 = 7.5x10^{-2}m$$

$$\sigma_t = \frac{1}{(8.7 \times 10^{-4} \text{m}^2)(7.5 \times 10^{-2} \text{m})^2} \left[ 7.84 \times 10^9 \text{kg/m}^2 * 2.7 \times 10^{-9} \text{m}^4 + \frac{\pi^2 * 2.1 \times 10^{10} \text{kg/m}^2 * 1.37 \times 10^{-9} \text{m}^6}{(1 * 0.55 \text{m})^2} \right]$$

$$\sigma_t = 1.96 \times 10^8 \text{kg/m}^2$$

$$F_e = \frac{1.96 \times 10^8 \text{kg/m}^2 * 3.65 \times 10^9 \text{kg/m}^2}{1.96 \times 10^8 \text{kg/m}^2 + 3.65 \times 10^9 \text{kg/m}^2} = 1.86 \times 10^8 \text{kg/m}^2$$

Por lo tanto gobierna  $F_e = 1.34 \times 10^8 \text{kg/m}^2$

$$\lambda_c = \sqrt{\frac{F_y}{F_e}} = \sqrt{\frac{2.4 \times 10^7 \text{kg/m}^2}{1.34 \times 10^8 \text{kg/m}^2}} = 0.42$$

$$\lambda_c < 1.5 \quad \therefore F_n = (0.658^{\lambda_c^2}) F_y$$

$$F_n = (0.658^{0.42^2}) 2.4 \times 10^7 \text{kg/m}^2 = 2.23 \times 10^7 \text{kg/m}^2$$

Calculo del Área efectiva  $A_e$

- Ancho efectivo en alas

$$w_1 = B - (R + t) = 0.05 \text{m} - (0.009 \text{m} + 0.003 \text{m}) = 0.038 \text{m}$$

$$\frac{w}{t} = \frac{0.038 \text{m}}{0.003 \text{m}} = 12.66 < 60 \quad \text{CUMPLE}$$

$$\lambda = \frac{1.052}{\sqrt{k}} \left( \frac{w}{t} \right) \sqrt{\frac{F_n}{E}} = \frac{1.052}{\sqrt{0.43}} \left( \frac{0.038 \text{m}}{0.003 \text{m}} \right) \sqrt{\frac{2.23 \times 10^7 \text{kg/m}^2}{2.1 \times 10^{10} \text{kg/m}^2}}$$

$$\lambda = 0.66$$

$$\lambda < 0.673 \quad \therefore \quad b = w$$

$$b_1 = 0.038m$$

- Ancho efectivo del alma

$$w_2 = h - 2(R + t) = 0.20m - 2(0.009m + 0.003m) = 0.176m$$

$$\frac{w}{t} = \frac{0.176m}{0.003m} = 58.66 < 500 \quad \text{CUMPLE}$$

$$\lambda = \frac{1.052}{\sqrt{k}} \left(\frac{w}{t}\right) \sqrt{\frac{F_n}{E}} = \frac{1.052}{\sqrt{4}} \left(\frac{0.176m}{0.003m}\right) \sqrt{\frac{2.23 \times 10^7 \text{ kg/m}^2}{2.1 \times 10^{10} \text{ kg/m}^2}}$$

$$\lambda = 1.00$$

$$\lambda > 0.673 \quad \therefore \quad b = \rho w$$

$$\rho = \frac{1 - \frac{0.22}{\lambda}}{\lambda} = \frac{1 - \frac{0.22}{1}}{1} = 0.78$$

$$b_2 = 0.78 * 0.176m = 0.137m$$

- Área Efectiva

$$A_e = A - t_w [2(w_1 - b_1) + (w_2 - b_2)]$$

$$A_e = 8.70 \times 10^{-4} m^2 - 0.003m(0.176m - 0.137m) = 7.53 \times 10^{-4} m^2$$

$$P_n = A_e F_n = 7.53 \times 10^{-4} m^2 * 2.23 \times 10^7 \text{ kg/m}^2$$

$$P_n = 16791.9kg$$

$$P_u \leq 0.85 * 16791.9kg$$

$$13290.86kg < 14273.12kg \quad \text{CUMPLE}$$

- Diseño Celosía Vertical

**Tabla 2.29 Propiedades del perfil L 40x40x5mm**

DATOS		
PERFIL	L 40x40x5mm	
ry	$7.7 \times 10^{-3}$	m
rx.	$1.51 \times 10^{-2}$	m

E	$2.1 \times 10^{10}$	kg/m <sup>2</sup>
F <sub>y</sub>	$2.4 \times 10^7$	kg/m <sup>2</sup>
F <sub>u</sub>	$4.47 \times 10^7$	kg/m <sup>2</sup>
A	$3.59 \times 10^{-4}$	m <sup>2</sup>
I <sub>y</sub>	$5.31 \times 10^{-8}$	m <sup>4</sup>
I <sub>x</sub>	$5.31 \times 10^{-8}$	m <sup>4</sup>
J	$3.33 \times 10^{-9}$	m <sup>4</sup>
C <sub>w</sub>	$4.44 \times 10^{-13}$	m <sup>6</sup>
G	$7.84 \times 10^9$	kg/m <sup>2</sup>

➤ En Compresión

$$\frac{K_x L_x}{r_x} = \frac{1 * 0.7m}{1.51 \times 10^{-2}} = 46.35$$

$$\frac{K_y L_y}{r_y} = \frac{1 * 0.7m}{7.7 \times 10^{-3}} = 90.90$$

a) Secciones no sometidas a pandeo torsional ni a pandeo torsional flexional

$$F_e = \frac{\pi^2 E}{(KL/r)^2} = \frac{\pi^2 * 2.1 \times 10^{10} \text{ kg/m}^2}{(90.90)^2} = 2.51 \times 10^7 \text{ kg/m}^2$$

b) Secciones con simetría doble o simetría simple sometidas a pandeo torsional o a pandeo flexional torsional.

$$F_e = \frac{\sigma_t \sigma_{ex}}{\sigma_t + \sigma_{ex}}$$

$$\sigma_{ex} = \frac{\pi^2 E}{(K_x L_x / r_x)^2} = \frac{\pi^2 * 2.1 \times 10^{10} \text{ kg/m}^2}{(46.35)^2} = 1.10 \times 10^8 \text{ kg/m}^2$$

$$\sigma_t = \frac{1}{A r_0^2} \left[ GJ + \frac{\pi^2 E C_w}{(K_t L_t)^2} \right]$$

$$r_0 = \sqrt{r_x^2 + r_y^2 + x_0^2} = \sqrt{(1.51 \times 10^{-2} m)^2 + (7.7 \times 10^{-3} m)^2 + (1.23 \times 10^{-2} m)^2}$$

$$r_0 = 2.09 \times 10^{-2} m$$

$$\sigma_t = \frac{1}{(3.59 \times 10^{-4} \text{m}^2)(2.09 \times 10^{-2} \text{m})^2} \left[ 7.84 \times 10^9 \text{kg/m}^2 * 3.33 \times 10^{-9} \text{m}^4 + \frac{\pi^2 * 2.1 \times 10^{10} \text{kg/m}^2 * 4.44 \times 10^{-13} \text{m}^6}{(1 * 0.7 \text{m})^2} \right]$$

$$\sigma_t = 1.67 \times 10^8 \text{kg/m}^2$$

$$F_e = \frac{1.67 \times 10^8 \text{kg/m}^2 * 1.10 \times 10^8 \text{kg/m}^2}{1.67 \times 10^8 \text{kg/m}^2 + 1.10 \times 10^8 \text{kg/m}^2} = 6.63 \times 10^7 \text{kg/m}^2$$

Por lo tanto gobierna  $F_e = 2.51 \times 10^7 \text{kg/m}^2$

$$\lambda_c = \sqrt{\frac{F_y}{F_e}} = \sqrt{\frac{2.4 \times 10^7 \text{kg/m}^2}{2.51 \times 10^7 \text{kg/m}^2}} = 0.66$$

$$\lambda_c < 1.5 \quad \therefore F_n = (0.658^{\lambda_c^2}) F_y$$

$$F_n = (0.658^{0.66^2}) 2.4 \times 10^7 \text{kg/m}^2 = 2.00 \times 10^7 \text{kg/m}^2$$

Calculo del Área efectiva  $A_e$

- Ancho efectivo

$$w_{1-2} = B - (R + t) = 0.04 \text{m} - (0.015 \text{m} + 0.005 \text{m}) = 0.02 \text{m}$$

$$\frac{w}{t} = \frac{0.02 \text{m}}{0.005 \text{m}} = 4 < 60 \quad \text{CUMPLE}$$

$$\lambda = \frac{1.052}{\sqrt{k}} \left(\frac{w}{t}\right) \sqrt{\frac{F_n}{E}} = \frac{1.052}{\sqrt{0.43}} \left(\frac{0.02 \text{m}}{0.005 \text{m}}\right) \sqrt{\frac{2.00 \times 10^7 \text{kg/m}^2}{2.1 \times 10^{10} \text{kg/m}^2}}$$

$$\lambda = 0.19$$

$$\lambda < 0.673 \quad \therefore \quad b = w$$

$$b_{1-2} = 0.02m$$

- Área Efectiva

$$A_e = A - t[(w_1 - b_1) + (w_2 - b_2)]$$

$$A_e = 3.59 \times 10^{-4} m^2$$

$$P_n = A_e F_n = 2.94 \times 10^{-4} m^2 * 2.00 \times 10^7 kg/m^2$$

$$P_n = 5880 kg$$

$$P_u \leq 0.85 * 5880 kg$$

$$4726.08 kg < 4998 kg \quad CUMPLE$$

- **Diseño Celosía Diagonal**

Ver propiedades del perfil en la Tabla 2.25.

- En tensión

a) Fluencia:

$$T_n = A_g F_y = 2.25 \times 10^{-4} m^2 * 2.4 \times 10^7 kg/m^2$$

$$T_n = 5400 kg$$

b) Fractura:

$$T_n = A_n F_u$$

$$A_n = U A_g$$

$$A_n = 0.85 * 2.25 \times 10^{-4} m^2 = 1.91 \times 10^{-4} m^2$$

$$T_n = 1.91 \times 10^{-4} m^2 * 4.47 \times 10^7 kg/m^2$$

$$T_n = 8548.87 kg$$

Para el diseño gobierna  $T_n = 5400$

$$T_u \leq \phi_t T_n$$

$$T_u \leq 0.9 * 5400 kg$$

$$\frac{5551.09}{2} kg \leq 4860 kg$$

$$2775.54 kg \leq 4860 kg \quad CUMPLE$$

Se verifica la relación de esbeltez

$$\frac{L}{r_{min}} = \frac{0.7m}{1.51 \times 10^{-2} m} = 46.35 < 300 \quad CUMPLE$$

➤ En Compresión

Ver propiedades del perfil en la Tabla 2.24.

$$\frac{K_x L_x}{r_x} = \frac{1 * 0.95m}{1.58 \times 10^{-2}} = 60.12$$

$$\frac{K_y L_y}{r_y} = \frac{1 * 0.95m}{7.8 \times 10^{-3}} = 121.80$$

a) Secciones no sometidas a pandeo torsional ni a pandeo torsional flexional

$$F_e = \frac{\pi^2 E}{(KL/r)^2} = \frac{\pi^2 * 2.1 \times 10^{10} kg/m^2}{(121.80)^2} = 1.40 \times 10^7 kg/m^2$$

b) Secciones con simetría doble o simetría simple sometidas a pandeo torsional o a pandeo flexional torsional.

$$F_e = \frac{\sigma_t \sigma_{ex}}{\sigma_t + \sigma_{ex}}$$

$$\sigma_{ex} = \frac{\pi^2 E}{(K_x L_x / r_x)^2} = \frac{\pi^2 * 2.1 \times 10^{10} kg/m^2}{(60.12)^2} = 5.73 \times 10^7 kg/m^2$$

$$\sigma_t = \frac{1}{A r_0^2} \left[ GJ + \frac{\pi^2 E C_w}{(K_t L_t)^2} \right]$$

$$r_0 = \sqrt{r_x^2 + r_y^2 + x_0^2} = \sqrt{(1.58 \times 10^{-2} m)^2 + (7.8 \times 10^{-3} m)^2 + (1.19 \times 10^{-2} m)^2}$$

$$r_0 = 2.12 \times 10^{-2} m$$

$$\sigma_t = \frac{1}{(2.94 \times 10^{-4} \text{m}^2)(2.12 \times 10^{-2} \text{m})^2} \left[ 7.84 \times 10^9 \text{kg/m}^2 * 1.70 \times 10^{-8} \text{m}^4 \right. \\ \left. + \frac{\pi^2 * 2.1 \times 10^{10} \text{kg/m}^2 * 1.13 \times 10^{-10} \text{m}^6}{(1 * 0.95 \text{m})^2} \right]$$

$$\sigma_t = 2.55 \times 10^7 \text{kg/m}^2$$

$$F_e = \frac{2.55 \times 10^7 \text{kg/m}^2 * 5.73 \times 10^7 \text{kg/m}^2}{2.55 \times 10^7 \text{kg/m}^2 + 5.73 \times 10^7 \text{kg/m}^2} = 1.76 \times 10^7 \text{kg/m}^2$$

Por lo tanto gobierna  $F_e = 1.40 \times 10^7 \text{kg/m}^2$

$$\lambda_c = \sqrt{\frac{F_y}{F_e}} = \sqrt{\frac{2.4 \times 10^7 \text{kg/m}^2}{1.40 \times 10^7 \text{kg/m}^2}} = 1.30$$

$$\lambda_c < 1.5 \quad \therefore F_n = (0.658^{\lambda_c^2}) F_y$$

$$F_n = (0.658^{1.30^2}) 2.4 \times 10^7 \text{kg/m}^2 = 1.18 \times 10^7 \text{kg/m}^2$$

Calculo del Área efectiva  $A_e$

- Ancho efectivo

$$w_{1-2} = B - (R + t) = 0.04 \text{m} - (0.012 \text{m} + 0.004 \text{m}) = 0.024 \text{m}$$

$$\frac{w}{t} = \frac{0.024 \text{m}}{0.004 \text{m}} = 6 < 60 \quad \text{CUMPLE}$$

$$\lambda = \frac{1.052}{\sqrt{k}} \left( \frac{w}{t} \right) \sqrt{\frac{F_n}{E}} = \frac{1.052}{\sqrt{0.43}} \left( \frac{0.024 \text{m}}{0.004 \text{m}} \right) \sqrt{\frac{1.18 \times 10^7 \text{kg/m}^2}{2.1 \times 10^{10} \text{kg/m}^2}}$$

$$\lambda = 0.22$$

$$\lambda < 0.673 \quad \therefore \quad b = w$$

$$b_{1-2} = 0.024m$$

- Área Efectiva

$$A_e = A - t[(w_1 - b_1) + (w_2 - b_2)]$$

$$A_e = 2.94 \times 10^{-4} m^2$$

$$P_n = A_e F_n = 2.94 \times 10^{-4} m^2 * 1.18 \times 10^7 kg/m^2$$

$$P_n = 3469.20g$$

$$P_u \leq 0.85 * 3469.20kg$$

$$2103.83kg < 2948.82kg \quad CUMPLE$$

La deflexión máxima permisible según el CIMEPI es la siguiente:

$$\frac{L}{180} = \frac{14.85m}{180} = 0.082m$$

La deflexión que se produce en el pórtico para la combinación de carga más desfavorable es de 0.045m (Figura 2.41) por lo tanto la estructura cumple satisfactoriamente.

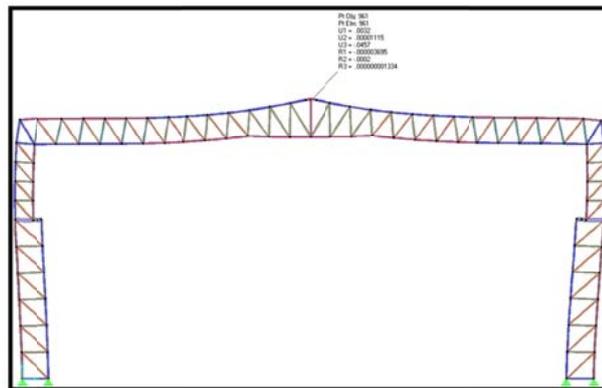
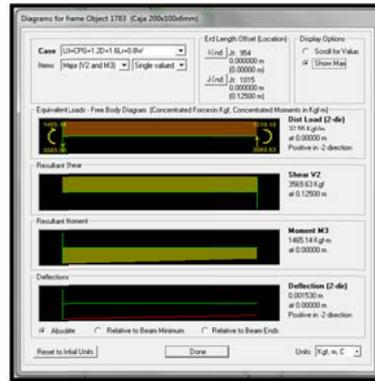


Figura 2.41 Deflexión en pórtico

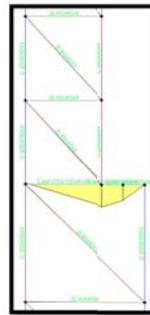
#### 2.4.2.4 DISEÑO DE LA MENSULA PARA EL PUENTE GRUA

El diseño de la ménsula (Figura 2.35) esta basado en un análisis como un miembro sometido a flexión, ya que esta soporta toda la carga vertical perteneciente a la acción del puente grúa, además soporta la carga de columna secundaria.

En las Figura 2.42 se observa los resultados para el momento máximo, que en este caso es de 1465.14 kg.m, en la Figura 2.43 se visualiza el diagrama de momentos.



**Figura 2.42 Resultados de momento máximo**



**Figura 2.43 Diagrama momentos.**

Se inicia comprobando que el perfil que previamente se estableció como aproximación de diseño una Caja 200x100x6mm resista de acuerdo al momento de fluencia en base a la resistencia de la sección.

$$M_n = S_e F_y$$

$$M_n = 1.79 \times 10^{-4} m^3 * 2.4 \times 10^7 kg/m^2$$

$$M_n = 4296 kg.m$$

$$M_u \leq 0.90 * 4296 kg.m$$

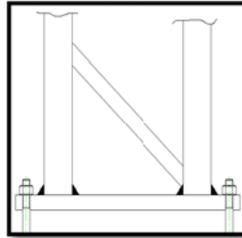
$$1465.14 kg.m \leq 3866.40 kg.m \quad \text{CUMPLE}$$

## 2.4.3 DISEÑO DE LOS ELEMENTOS COMPLEMENTARIOS

### 2.4.3.1 DISEÑO DE LA PLACA BASE.

La columna de acero se apoya en la parte superior de la cimentación o de una zapata aislada para lo cual es necesario que la carga que se genera en las columnas sea

distribuida en un área considerable para impedir que se sobreesfuerce el concreto. Para ello es necesario que las cargas se transmitan a través de una placa metálica, para lo cual las columnas se soldarán en las placas metálicas y estas serán ancladas en el concreto por medio de pernos (Figura 2.44).



**Figura 2.44. Ejemplo de anclaje de placa.**

La resistencia de diseño por aplastamiento del concreto por debajo de la placa base  $\phi_c P_p$  debe ser por lo menos igual a la carga soportada.

$$P_u = \phi_c P_p; \quad \phi_c = 0.60$$

Donde la resistencia por aplastamiento,  $P_p$ , se determina por 2 casos:

Caso 1: En el área total de apoyo del concreto.

$$P_p = 0.85 \cdot f'_c \cdot A_1; \quad (J8 - 1) AISC 2000$$

Caso 2: En un área menor a la total de apoyo del concreto.

$$P_p = 0.85 \cdot f'_c \cdot A_1 \cdot \sqrt{\frac{A_2}{A_1}} \leq 1.7 f'_c \cdot A_1; \quad (J8 - 2) AISC 2000$$

Donde:

- $f'_c$ : Resistencia a compresión del concreto.
- $A_1$ : Área de apoyo concéntrico en un soporte de concreto.
- $A_2$ : Máxima área de la porción de la superficie de apoyo.

Según la AISC el área de la placa base tiene que ser por lo menos tan grande como la columna, por lo que el área de la placa base será de mayor tamaño que el área de la columna (Figura 2.45).

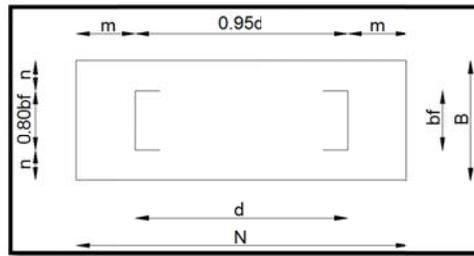


Figura 2.45. Tamaño de placa base y columna.

El espesor de la placa debe ser capaz de soportar los momentos originados en el volado de la placa, es decir donde se hallan “m” y “n”.

$$M_m = \frac{P_u m^2}{2BN}$$

$$M_n = \frac{P_u n^2}{2BN}$$

La resistencia por momento de la placa debe ser por lo menos igual al mayor de los momentos en “m” y “n”.

$$t = (m, n) \sqrt{\frac{2P_u}{0.9F_y BN}}$$

Donde:

$$m = \frac{N - 0.95d}{2}$$

$$n = \frac{B - 0.80b_f}{2}$$

Por lo tanto.

$$P_u = \phi_c P_p = \phi_c \cdot 0.85 \cdot f'_c \cdot A_1$$

$$A_1 = \frac{P_u}{\phi_c \cdot 0.85 \cdot f'_c}$$

Donde  $P_u$  es definido como el resultante vertical máximo en las bases del pórtico con las condiciones más críticas (Figura 2.46).



$$t = 0.01033m$$

Por lo tanto el espesor de la placa será de:

$$t = 10mm$$

### 2.4.3.2 DISEÑO DE LOS PERNOS DE ANCLAJE.

Los pernos de anclaje deben ser capaces de resistir la máxima fuerza cortante perpendicular a su eje como se lo observa en la Figura 2.48

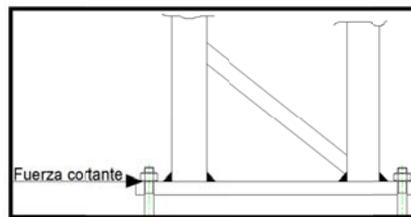


Figura 2.48. Fuerza actuante sobre perno de anclaje.

Para nuestro análisis se usarán pernos A307 que se pueden encontrar en el mercado local, estos tienen una tensión de corte nominal de  $1680\text{kg/cm}^2$  de acuerdo a la tabla J3.2 del Manual de la AISC. La resistencia de corte de pernos  $\phi R_n$  deben ser determinadas de acuerdo a los límites de fractura en corte:

$$R_n = F_n \cdot A_b; \quad \phi = 0.75 \quad (J3 - 1)AISC 2000$$

Donde:

- $F_n$ : Tensión de corte nominal.
- $A_b$ : Área del perno.

Entonces:

$$R_u = \phi \cdot R_n$$

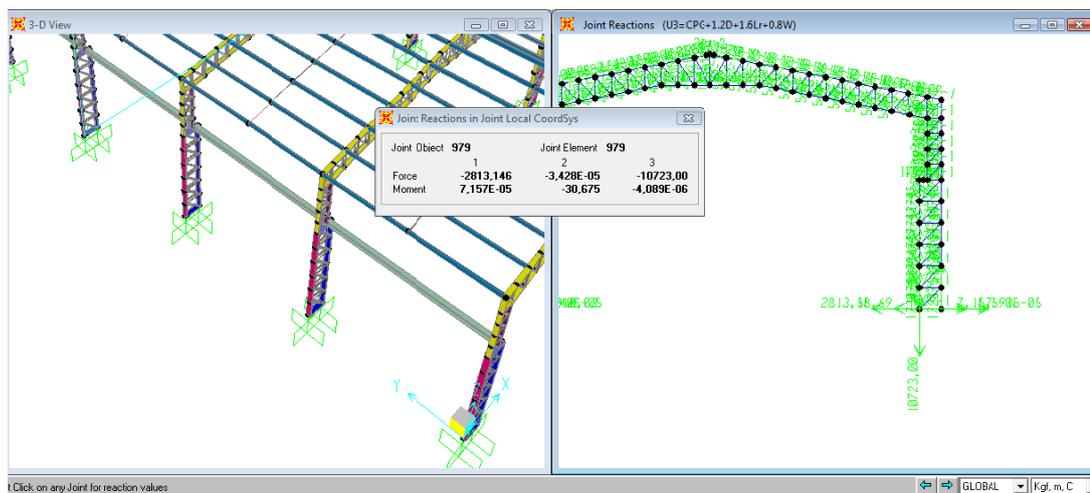
$$R_n = F_n \cdot A_b$$

$$A_b = \frac{R_u}{\phi \cdot F_n}$$

Y donde el diámetro del perno será:

$$D_p = 2 \sqrt{\frac{A_b}{\pi}}$$

Entonces según nuestro pórtico la máxima fuerza cortante paralela para la posición de perno será según la Figura 2.49 de 2813.146kg.



**Figura 2.49. Máxima fuerza cortante horizontal.**

$$A_b = \frac{2813.146 \text{ kg}}{0.75 \cdot 16800000 \text{ kg/m}^2}$$

$$A_b = 2.23 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$D_p = 2 \sqrt{\frac{2.23 \times 10^{-4} \text{ m}^2}{\pi}}$$

$$D_p = 0.0168603 \text{ m} = 16.86 \text{ mm}$$

Según el catalogo de la Dimeco (ANEXO 2.2) nuestro diámetro de perno será de 18mm.

Según el manual de la AISC en su apartado J3-5 define que la distancia entre pernos no debe exceder 14 veces el espesor de la placa entonces nuestra distancia entre pernos será:

$$dp \leq 14e$$

$$dp \leq 14 \cdot 10mm$$

$$dp \leq 140mm$$

De la misma manera el Manual de la AISC en su tabla J3.4 recomienda que la distancia del centro del perno al borde para nuestro diámetro deba ser de 26mm. Finalmente el número de pernos para nuestra placa será de 16 pernos de acuerdo en lo especificado en la Figura 2.50



**Figura 2.50. Pernos en placa base.**

### 2.4.3.3 DISEÑO DE SOLDADURA

El diseño de los cordones de soldadura sobre la estructura estará basado en lo que se establece en Capítulo E del Manual de la AISI 2007, específicamente para uniones tipo filete.

El análisis de la soldadura se lo realizara en los siguientes puntos de la estructura:

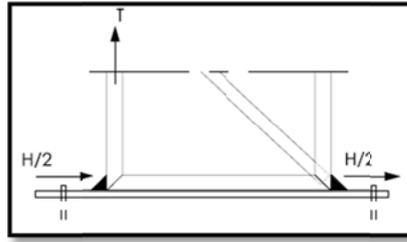
- Conexión columna-placa base
- Conexión canales celosías

#### 2.4.3.3.1 CONEXIÓN COLUMNA PLACA BASE

El diseño de la soldadura se realizará en la junta del canal externo con la placa base ya que en este punto se genera la carga de tensión que provoca que se produzca cortante en la soldadura, además sobre la soldadura del canal externo se genera una reacción de empuje lateral ( $H/2$ ), (Figura 2.51) de esta forma se suman las fuerzas tensión y la reacción horizontal de la siguiente manera:

$$Pu = \sqrt{T^2 + \left(\frac{H}{2}\right)^2} = \sqrt{(17928kg)^2 + \left(\frac{2794.48}{2}\right)^2}$$

$$Pu = 17982.36kg$$



**Figura 2.51 Fuerzas que actúan sobre la soldadura de la columna**

A continuación se determinará la longitud del cordón de soldadura y el espesor de garganta de la misma.

*Determinación de longitud del cordón*

$$P_u \leq \phi P_n$$

$$P_n = t L F_u \quad (E2.4 - 3) \text{ AISI 2007}$$

$$L = \frac{P_u}{\phi t F_u}$$

$$L = \frac{17982.36 \text{ kg}}{0.60 * 0.004 \text{ m} * 4.47 * 10^7 \text{ kg/m}^2}$$

$$L = 0.16 \text{ m}$$

*Espesor de la garganta de soldadura*

$$P_u \leq \phi P_n$$

$$P_n = 0.75 t_w L F_u \quad (E2.4 - 4) \text{ AISI 2007}$$

$$t_w = \frac{P_u}{\phi L F_u}$$

$$t_w = \frac{17982.36 \text{ kg}}{0.60 * 0.16 \text{ m} * 4.47 * 10^7 \text{ kg/m}^2}$$

$$t_w = 0.0041 \text{ m}$$

$$t_w = 0.707 w$$

$$w = \frac{t_w}{0.707} = \frac{0.0041 \text{ m}}{0.707}$$

$$w = 0.0059 \text{ m}$$

Finalmente se concluye que la longitud del cordón entre la columna y la placa base será de 16cm de longitud y 6mm de pie de soldadura.

### 2.4.3.3.2 CONEXIÓN CANALES CELOSÍAS PLACA BASE

Los cordones de soldadura para unir los ángulos con los canales se realizaran en filete. El diseño estará basado en el elemento que soporta la máxima carga axial entre todos los elementos (Figura 2.52).

La forma de la soldadura se coloca de forma que el centroide de este coincida con el centroide de la sección del ángulo y por ende evitamos la rotación del elemento.

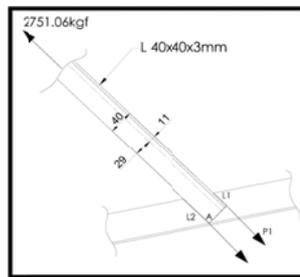


Figura 2.52 Unión soldada de la celosía con el canal

- Generación de momentos sobre el punto A

$$P_u(29mm) - P_1(40mm) = 0$$

$$2571.06kg(29mm) - P_1(40mm) = 0$$

$$P_1 = 1864.01kg$$

$$P_u = \phi 0.75 t L F_u \quad (\text{Ec. E2.4 - 2}) \text{ AISI 2007}$$

$$L_1 = \frac{P_u}{\phi 0.75 t F_u} = \frac{1864.01kg}{0.55 * 0.75 * 0.004m * 4.47 \times 10^7 \text{ kg/m}^2}$$

$$L_1 = 0.025m$$

$$t_w = \frac{P_u}{\phi L F_u}$$

$$t_w = \frac{1864.01kg}{0.60 * 0.025m * 4.47 \times 10^7 \text{ kg/m}^2}$$

$$t_w = 0.0027m$$

$$t_w = 0.707w$$

$$w = \frac{t_w}{0.707} = \frac{0.0027m}{0.707}$$

$$w = 0.0039m$$

- Equilibrio traslacional

$$P_u - P_1 - P_2 = 0$$

$$2571.06kg - 1864.01kg - P_2 = 0$$

$$P_2 = 707.05kg$$

$$P_u = \phi 0.75 t L F_u \quad (Ec. E2.4 - 2)$$

$$L_2 = \frac{P_u}{\phi 0.75 t F_u} = \frac{702.05kg}{0.55 * 0.75 * 0.004m * 4.47 \times 10^7 \text{ kg/m}^2}$$

$$L_1 = 0.0095m$$

$$t_w = \frac{P_u}{\phi L F_u}$$

$$t_w = \frac{702.05kg}{0.60 * 0.0095m * 4.47 \times 10^7 \text{ kg/m}^2}$$

$$t_w = 0.0027m$$

$$t_w = 0.707w$$

$$w = \frac{t_w}{0.707} = \frac{0.0027m}{0.707}$$

$$w = 0.0039m$$

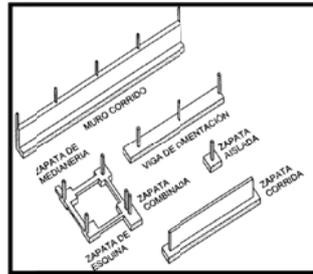
Se concluye que las celosías serán soldadas con 2 tipos de cordones de soldadura, con  $L_1=3\text{cm}$ ,  $L_2=1\text{cm}$ , y con una longitud de pie de soldadura de  $4\text{mm}$ .

#### 2.4.3.4 DISEÑO DE LAS ZAPATAS DE CIMENTACIÓN

Los cimientos son considerados como una “parte de la estructura encargada de transmitir las cargas actuantes sobre la totalidad de la construcción al terreno”<sup>18</sup>

<sup>18</sup> Calculo de Estructuras de Cimentación., J Calavera, 4ta Edición Pag.13.

Los tipos de cimentaciones puede ser de varios tipos según su función: zapatas aisladas, zapata combinada, zapata corrida o losa de cimentación, cada una de las zapatas se pueden observar en la Figura 2.53.



**Figura 2.53 Tipos de Zapatas**

En este proyecto se diseñarán zapatas individuales ya que son la opción más favorable cuando se poseen condiciones de terreno en la cual se utilizan zapatas concéntricas, medianeras o esquineras (Figura 2.54), este tipo de zapatas se caracterizan por soportar y trasladar al suelo la carga de un apoyo individual.



**Figura 2.54 Ubicación de zapatas de cimentación**

Para el diseño de todas las zapatas que van a formar parte de la estructura es necesario conocer las especificaciones técnicas del material, con las que procederemos a realizar los diseños, para ello se define las siguientes características en la Tabla 2.30

**Tabla 2.30 Especificaciones técnicas de los materiales**

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LOS MATERIALES	
Resistencia del concreto	$f'c=240\text{kg/cm}^2$
Resistencia a la fluencia de las varillas de acero	$f_y=4200\text{kg/cm}^2$
Capacidad Portante del suelo	$\bar{\sigma}=1\text{kg/cm}^2$ (Según NEC-11)

Debemos considerar que para el diseño que se tiene, se necesita trabajar con la fuerza última ( $F_u$ ) más desfavorable que se genera por reacción vertical en la base de las columnas, (Figura 2.55) para garantizar que el proyecto de las zapatas no falle a flexión, por lo tanto la fuerza última es de  $F_u = 17928.426\text{kg}$ .

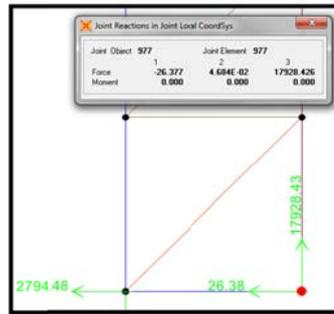


Figura 2.55 Reacción vertical en la base de la columna

#### 2.4.3.4.1 DISEÑO DE ZAPATA ESQUINERA

El diseño de los elementos de hormigón estará basado en el REGLAMENTO PARA CONCRETO ESTRUCTURAL (ACI 318S-08) Y COMENTARIO.

- Área de la zapata

$$A = \frac{F}{\bar{\sigma}}$$

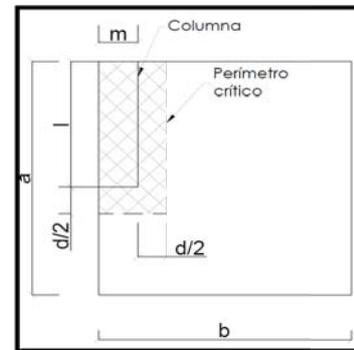
$$A = a * b$$

$$a = b$$

$$A = b^2$$

$$b^2 = \frac{17928.426\text{kg}}{1\text{kg/cm}^2}$$

$$b = 133.89\text{cm} \approx 135\text{cm}$$



- Diseño a cortante

Para que el diseño cumpla las condiciones debe cumplir la siguiente condición

$$\phi V_c > V_u$$

$$V_c = 0.53\sqrt{f'c}(Pc)(d) \quad (\text{ACI 318S} - 0.8\_11.11.2.1)$$

$$P_c = l + m + d$$

Donde:

- $\phi$ : Factor de reducción de resistencia para cortante=0.75<sup>19</sup>
- $P_c$ : Perímetro crítico
- $l$ : ancho de columna
- $d$ : distancia desde la varilla de acero a la fibra en compresión

Para definir el peralte (h) de zapata nos imponemos una h=35cm, basados el ACI318S-08 Capítulo 15.7 en el cual indica que la altura mínima de las zapatas sobre el refuerzo inferior no debe ser menor de 150mm. El recubrimiento mínimo de concreto colocado contra el suelo es de 75mm. Por lo tanto la distancia desde la varilla de acero a la fibra de compresión es de 22.5cm

$$P_c = 70cm + 20cm + 27.5cm$$

$$P_c = 117.5cm$$

$$V_c = 0.53 \sqrt{240 \text{ kg/cm}^2} (117.5cm)(27.5cm)$$

$$V_c = 26530.90kg$$

$$\phi V_c = 0.75 * 26530.90kg$$

$$\phi V_c = 19898.17kg$$

$$19898.17kg > 17928.426kg \quad \text{CUMPLE}$$

- Diseño a flexión

$$\sigma = \frac{F_u}{A_v}$$

Donde

- $A_v$ : área verdadera

$$\sigma = \frac{17928.426kg}{135cm * 135cm} = 0.98kg/cm^2$$

<sup>19</sup> ACI318S-08\_ 9.3.2.3, Pág. 125

$$0.98kg/cm^2 < 1kg/cm^2 \text{ CUMPLE}$$

- Diseño a Momentos

Para que el diseño cumpla las condiciones debe cumplir la siguiente condición

$$\phi M_n > M_u$$

$$M_n = A_s f_y \left( d - \frac{A_s f_y}{1.7 f'_c b} \right) \quad Ec (3.33)^{20}$$

$$\rho = \frac{A_s}{bd} \quad Ec(3.11)^{21}$$

Donde:

- $M_n$ : Momento nominal de diseño
- $M_u$ : Momento último de diseño
- $\phi$ : Coeficiente de reducción de resistencia=0.90<sup>22</sup>
- $\rho$ . Cuantía de acero requerida =0.0018<sup>23</sup>
- $A_s$ : Área de acero de refuerzo

$$A_s = \rho bd = 0.0018 * 135cm * 27.5cm = 6.68cm^2$$

De acuerdo al área de acero de refuerzo calculado se procede a escoger el diámetro comercial que nos brinde el área de acero requerida. Por lo tanto se utilizaran 7 varillas de refuerzo de  $\phi$  12mm que nos dan como resultado un área  $A_s=7.91cm^2$ .

$$M_n = 7.91m^2 * 4200kg/cm^2 \left( 27.5cm - \frac{7.91cm^2 * 4200kg/cm^2}{1.7 * 240kg/cm^2 * 135cm} \right)$$

$$M_n = 893566.85kg.m$$

$$M_u = Fd$$

$$F = \sigma(a - l) * a$$

$$F = 0.98kg/cm^2(135cm - 70cm) * 135cm$$

<sup>20</sup> DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE CONCRETO, Arthur H. Nilson, Pág. 79.

<sup>21</sup> DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE CONCRETO, Arthur H. Nilson, Pág. 69.

<sup>22</sup> ACI318S-08\_9.3.2.1, Pág. 124

<sup>23</sup> ACI318S-08\_7.12.2.1, Pág. 104

$$F = 8599.5kg$$

$$d = \frac{a - l}{2} = \frac{135cm - 70cm}{2} = 32.5cm$$

$$M_u = 8599.5kg * 32.5cm$$

$$M_u = 279483.75kg.m$$

Por lo tanto:

$$\phi M_n = 0.9 * 893566.85kg.m$$

$$\phi M_n = 804210.16$$

$$804210.16 > 279483.75 \quad \text{CUMPLE}$$

#### 2.4.3.4.2 DISEÑO DE LA ZAPATA MEDIANERA.

- Área de la zapata

$$A = \frac{F}{\bar{\sigma}}$$

$$A = a * b$$

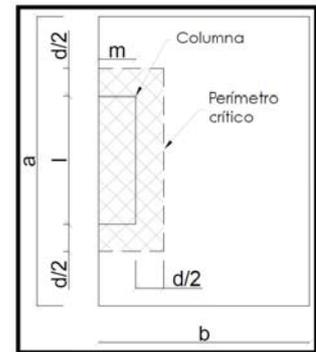
$$a = 2b$$

$$A = 2b^2$$

$$b^2 = \frac{17928.426kg}{1kg/cm^2 * 2}$$

$$b = 94.67cm \approx 95cm$$

$$a = 2 * 95cm = 190cm$$



- Diseño a cortante

$$\phi V_c > V_u$$

$$V_c = 0.53\sqrt{f'c}(Pc)(d) \quad (ACI 318S - 0.8_{11.11.2.1})$$

$$Pc = 2l + 2m + 4(d/2)$$

Para definir el peralte (h) de zapata nos imponemos una h=30cm

$$Pc = 2 * 70cm + 2 * 20cm + 4\left(\frac{22.5cm}{2}\right) = 225cm$$

$$V_c = 0.53 \sqrt{240 \frac{kg}{cm^2} (225cm)(22.5cm)}$$

$$V_c = 41566.79kg$$

$$\phi V_c = 0.75 * 41566.79kg$$

$$\phi V_c = 31175.09kg$$

$$31175.09kg > 17928.426kg \quad CUMPLE$$

- Diseño a flexión

$$\sigma = \frac{F_u}{A_v}$$

Donde

- $A_v$ : área verdadera

$$\sigma = \frac{17928.426kg}{95cm * 190cm} = 0.98kg/cm^2$$

$$0.99kg/cm^2 < 1kg/cm^2 \quad CUMPLE$$

- Diseño a Momentos

Para que el diseño cumpla las condiciones debe cumplir la siguiente condición

$$\phi M_n > M_u$$

$$M_n = A_s f_y \left( d - \frac{A_s f_y}{1.7 f'_c b} \right)$$

\*Calculo de área de refuerzo para la longitud de 95cm

$$\rho = \frac{A_s}{bd}$$

$$A_s = \rho bd = 0.0018 * 95cm * 22.5cm = 3.84cm^2$$

De acuerdo al área de acero de refuerzo calculado se procede a escoger el diámetro comercial que nos brinde el área de acero requerida. Por lo tanto se utilizaran 4 varillas de refuerzo de  $\phi$  12mm que nos dan como resultado un área  $A_s=4.52cm^2$ .

$$M_n = 4.52m^2 * 4200kg/cm^2 \left( 22.5cm - \frac{4.52cm^2 * 4200kg/cm^2}{1.7 * 240kg/cm^2 * 90cm} \right)$$

$$M_n = 417841.95kg.m$$

$$M_u = Fd$$

$$F = \sigma \left( \frac{a-l}{2} \right) b$$

$$F = 0.99 \text{kg/cm}^2 \left( \frac{190\text{cm} - 70\text{cm}}{2} \right) * 95\text{cm}$$

$$F = 5643.00\text{kg}$$

$$d = \frac{a-l}{2} = \frac{190\text{cm} - 70\text{cm}}{2} = 60\text{cm}$$

$$M_u = 5643.00\text{kg} * 60\text{m}$$

$$M_u = 338580\text{kg.m}$$

Por lo tanto:

$$\phi M_n = 0.9 * 417841.95\text{kg.m}$$

$$\phi M_n = 376057.75$$

$$376057.75 > 338580.00 \quad \text{CUMPLE}$$

\*Calculo de área de refuerzo para la longitud de 190cm

$$\rho = \frac{A_s}{bd}$$

$$A_s = \rho bd = 0.0018 * 190\text{cm} * 22.5\text{cm} = 7.695\text{cm}^2$$

De acuerdo al área de acero de refuerzo calculado se procede a escoger el diámetro comercial que nos brinde el área de acero requerida. Por lo tanto se utilizaran 9 varillas de refuerzo de  $\phi$  12mm que nos dan como resultado un área  $A_s=10.17\text{cm}^2$ .

$$M_n = 10.17\text{m}^2 * 4200\text{kg/cm}^2 \left( 22.5\text{cm} - \frac{10.17\text{cm}^2 * 4200\text{kg/cm}^2}{1.7 * 240\text{kg/cm}^2 * 190\text{cm}} \right)$$

$$M_n = 937529.32\text{kg.m}$$

Por lo tanto:

$$\phi M_n = 0.9 * 937529.32\text{kg.m}$$

$$\phi M_n = 843776.38$$

$$843776.38 > 338580.00 \quad \text{CUMPLE}$$

### 2.4.3.4.3 DISEÑO DE ZAPATAS CONCÉNTRICAS.

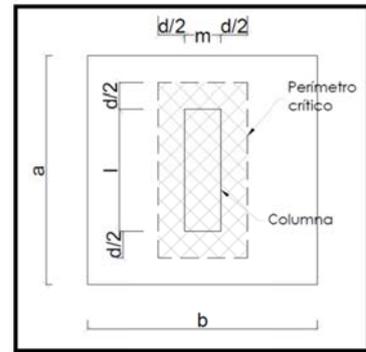
- Área de la zapata

$$A = \frac{F}{\bar{\sigma}}$$

$$A = a * b$$

$$a = b$$

$$A = b^2$$



$$b^2 = \frac{17928.426kg}{1kg/cm^2}$$

$$b = 133.89cm \approx 135cm$$

- Diseño a cortante

Para que el diseño cumpla las condiciones debe cumplir la siguiente condición

$$\phi V_c > V_u$$

$$V_c = 0.53\sqrt{f'c}(Pc)(d) \quad (ACI 318S - 0.8\_11.11.2.1)$$

$$Pc = 2l + 2m + 8\left(\frac{d}{2}\right)$$

Para definir el peralte (h) de zapata nos imponemos una h=30cm,

$$Pc = 2 * 70cm + 2 * 20cm + 8\left(\frac{22.5}{2}\right)$$

$$Pc = 270cm$$

$$V_c = 0.53 \sqrt{240 \frac{kg}{cm^2}} (270cm)(22.5cm)$$

$$V_c = 49880.15kg$$

$$\phi V_c = 0.75 * 49880.15kg$$

$$\phi V_c = 37410.11kg$$

$$37410.11kg > 17928.426kg \quad CUMPLE$$

- Diseño a flexión

$$\sigma = \frac{17928.426kg}{135cm * 135cm} = 0.98kg/cm^2$$

$$0.98kg/cm^2 < 1kg/cm^2 \quad CUMPLE$$

- Diseño a Momentos

Para que el diseño cumpla las condiciones debe cumplir la siguiente condición

$$\phi M_n > M_u$$

$$M_n = A_s f_y \left( d - \frac{A_s f_y}{1.7 f'_c b} \right)$$

$$\rho = \frac{A_s}{bd}$$

$$A_s = \rho bd = 0.0018 * 135cm * 22.5cm = 5.46cm^2$$

De acuerdo al área de acero de refuerzo calculado se procede a escoger el diámetro comercial que nos brinde el área de acero requerida. Por lo tanto se utilizaran 7 varillas de refuerzo de  $\phi$  12mm que nos dan como resultado un área  $A_s=7.91cm^2$ .

$$M_n = 7.91m^2 * 4200kg/cm^2 \left( 22.5cm - \frac{7.91cm^2 * 4200kg/cm^2}{1.7 * 240kg/cm^2 * 135cm} \right)$$

$$M_n = 727456.85kg.m$$

$$M_u = Fd$$

$$F = \sigma \left( \frac{a - l}{2} \right) * b$$

$$F = 0.98kg/cm^2 \left( \frac{135cm - 70cm}{2} \right) * 135cm$$

$$F = 4299.75kg$$

$$d = \frac{a - l}{2} = \frac{135\text{cm} - 70\text{cm}}{2} = 32.5\text{cm}$$

$$M_u = 4299.75\text{kg} * 32.5\text{cm}$$

$$M_u = 139741.87\text{kg.m}$$

Por lo tanto:

$$\phi M_n = 0.9 * 727456.85\text{kg.m}$$

$$\phi M_n = 654711.165$$

$$654711.165 > 139741.87 \quad \text{CUMPLE}$$

Los planos constructivos que forman parte de la nave industrial están adjuntados en el ANEXO 2.3

## 2.5 CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO

Para el diseño de la nave se tomaron consideraciones del capítulo anterior, partiendo de estas deferencias se planteó las dimensiones que servirán para la geometría de la nueva nave.

Se realiza una propuesta de recorrido la cual busca efectivizar los procesos de producción, disminuyendo distancias de recorridos y por ende los tiempos de desplazamiento de los obreros dentro la planta, se modifican los puestos de trabajo de acuerdo a un orden de empuje en línea para que no existan cruces entre trabajadores al momento de realizar su respectivo trabajo.

En el diseño de la nave se analizaron diferentes parámetros los cuales influyen directamente en sus características físicas y mecánicas, al igual que un análisis para la decisión de qué tipo de material se usaría en su construcción, que finalmente fue una estructura en celosía debido a su comparación con estructura en alma llena la cual fue más barata. Analizados todos los parámetros de diseño se determinaron las cargas que influirían en su resistencia y vida útil. Las principales cargas analizadas fueron Carga viva (Lr), Carga muerta (D), Cargas por viento (W), Sismo (E) y Cargas del puente grúa (CPG), estas fueron calculadas bajo parámetros establecidos

por diferentes normas las cuales son citadas en cada una de las secciones correspondientes.

Los perfiles elegidos para el diseño de la nave se basaron en investigaciones realizadas a profesionales con experiencia en este tipo de trabajos, recomendando diferentes perfiles en base a su experiencia para cumplir las exigencias de trabajo dispuestas en los cálculos.

Se realizó un exhaustivo análisis de toda la obra civil y de anclaje de los pórticos en donde se pudieron obtener diferentes características para garantizar un correcto desempeño de todo el conjunto estructural, calculando placas bases, pernos, soldadura, zapatas de concreto y losa de piso.

Obtenidos los resultados se procedió a realizar las combinaciones de diseño y estas a su vez fueron implantadas en el software SAP2000, por medio de este se derivaron diferentes resultados. Estos resultados se comprobaron a través de cálculos analíticos para el reforzamiento de lo analizado en el software.

Se llegó a la conclusión, que todos los parámetros de diseño deducidos reflejan que la nave señalada responde a los requisitos propuestos, para otorgar un espacio de trabajo dentro de los estándares de fabricación de acuerdo a las mejoras propuestas para puestos de trabajo y recorrido de la Empresa Cazal, además usar perfiles aptos garantizando que no exista un sobredimensionamiento para su construcción.

### **CAPÍTULO 3. DISEÑO DEL SISTEMA DE TRANSPORTE PARA LOS PREFABRICADOS.**

#### **3.1 CONSIDERACIONES DE DISEÑO.**

Para el diseño de los sistemas de transporte de los prefabricados, se pretende utilizar un sistema que recorra la totalidad de la planta transportando los elementos, desde la zona de fabricación de losas y paredes hasta la entrada de la cámara de curado; posteriormente los elementos serán trasladados hasta la zona de almacenamiento para luego ser despachados. El sistema elegido para el transporte de los elementos es un puente grúa, ya que este es la herramienta de izaje más usado en la industria. Este nos permitirá tener un transporte que no obstaculice el proceso en planta además que facilita el movimiento de las cargas hacia los distintos puntos.

Las características geométricas que debe cumplir el sistema elegido serán:

- Acopladas al pórtico de la nave (sección 2.2.2)
- Longitud de traslación: 42m
- Altura de Izaje máximo: 4.2m
- Luz entre apoyos: 13.65m
- Peso de izaje

##### **3.1.1 PESO DE IZAJE.**

Para determinar el peso de izaje ( $P_1$ ) que se va a transportar dentro de la fábrica se procederá a calcular en base a una losa prefabricada sumado el peso de las cajas metálicas del molde.

La sección de una losa prefabricada LS1 posee un ancho de 0.40m con una longitud de 3.2m de largo, por lo general estas se construyen en bloques de 8 prefabricados cada uno, como se observa en la Figura 1.49.

En la Tabla 1.9 se definió que el peso del elemento prefabricado es de  $84\text{kg/m}^2$ , por lo que el peso total del bloque es:

$$P_1 = \text{Peso del prefabricado} * \text{dimension de LS1} * \text{\#unidades}$$

$$P_1 = 84 \frac{kg}{m^2} * 0.4m * 3.2m * 8$$

$$P_1 = 860.16kg$$

El peso de las cajas metálicas que conforman el bloque de moldeo, considerando que son 2 cajas de 100x100x3mm y una caja de 75x75x3mm, es:

$$P_2 = (\text{Peso de Caja } 100x100x3 + \text{peso de caja } 75x75x 3mm) * \# \text{unidades de losas}$$

$$P_2 = \left[ \left( \frac{9.17kg}{m} * 3.20m * 2 \right) + \left( \frac{6.71kg}{m} * 3.20m \right) \right] * 8$$

$$P_2 = 641.28kg$$

El peso total de los elementos prefabricados es la suma de  $P_1$ ,  $P_2$ .

$$P_I = P_1 + P_2$$

$$P_I = 860.16kg + 641.28kg$$

$$P_I = 1501.44kg$$

Como se observa en los resultados actualmente se requeriría diseñar un puente grúa que soporte una carga máxima de 1501.44 kg. Hay que tomar en consideración que los objetivos de la planta es incrementar la producción en un 60% (de 3m<sup>3</sup> a 5m<sup>3</sup>) por lo tanto efectuando una relación porcentual para el peso actual transportado se determina que la carga máxima a soportar por el puente grúa sea de 2500kg.

### 3.1.2 TIPO DE VIGA DE CARGA

Para la elección del tipo de viga de carga, se tomara en cuenta las 2 opciones que existen en el mercado para la incorporación del puente grúa en el pórtico de la nave industrial. Estas opciones son:

- a) Viga de Carga Monorriel (Figura 3.1).
- b) Viga de Carga Birriel (Figura 3.2).

a). *VIGA DE CARGA MONORRIEL*. Como características principales podemos señalar:

- Consta de una sola viga de carga.
- Capacidades de carga 1 a 25 toneladas.

- Adaptación óptima a las características de la nave por los diferentes tipos de conexión.
- Alcanzar la máxima altura de gancho.
- Capacidades de carga de hasta 16 Tn.
- Luces de rango pequeñas (hasta 20m).

Para naves de techo bajo una viga monorriel no requiere de distancia de seguridad hasta el techo lo que ahorra costos para una posible restructuración de la nave.



**Figura 3.1 Viga de carga monorriel**

b). *VIGA DE CARGA BIRRIEL*. Se señalarán las siguientes características.

- Consta de doble viga de carga
- Buenas posibilidades de instalación para equipos accesorios, por ejemplo pasarelas o pedestales
- Permite altas velocidades de traslación de grúa y carro
- Cargas de hasta 120 Tn.
- Luces de rango media o grande



**Figura 3.2 Viga de carga birriel**

La elección del tipo de viga de carga más adecuada que se ajuste a nuestras necesidades es el tipo monorriel, debido a las características de la nave que tiene una luz aproximada de 14m y una capacidad de carga de 2.5 Tn esta es la solución óptima de acuerdo a las propiedades que nos brinda este tipo de viga. Para el diseño de las partes del puente grúa monorriel (Figura 3.3) priorizaremos el cálculo y dimensionamiento de la viga de carga y las vigas carrileras. Los otros elementos tales

como los carros testers, el polipasto y el cableado eléctrico se obtendrán de la casa comercial COMREPSA.



**Figura 3.3** Partes de un puente grúa monorriel

## 3.2 CARGAS DEL PUENTE GRÚA

### 3.2.1 CARGA DE OPERACIÓN $C_o$ .

La carga de operación se calculo en la sección 3.1.1 con la denominación de carga de izaje que corresponde al valor de 2500 kg.

### 3.2.2 IMPACTO VERTICAL $C_i$ .

Esta carga es el resultado del impacto de las ruedas de los carros testers sobre el riel de la viga carrilera. Este valor es obtenido según los parámetros de la Tabla 3.1.

**Tabla 3.1** Porcentaje adicional de carga

Tipo de grúa	Impacto vertical <sup>(1)</sup>	Empuje lateral total <sup>(2)</sup>	Fuerza de Tensión <sup>(3)</sup> <sub>(4)</sub>
Grúa viajera con cabina	25%	20%	10%
Grúa operada por control remoto	10%	10%	5%
Grúa operada a mano, monorriel, pescante o trole	50%	—	5%

Notas: (1) de la carga máxima por eje sobre el riel.  
 (2) de la suma de los pesos de: (a) la capacidad de levantamiento de la grúa (b) el peso propio de la grúa; aplicada ½ al extremo de cada riel, en cualquier dirección perpendicular a los rieles.  
 (3) de la carga máxima al eje, aplicada al extremo del riel.  
 (4) Las rieles guía de la grúa también deben diseñarse para las fuerzas que se generan al detener la grúa. Esas fuerzas son la resultante de detener súbitamente la grúa al 40% de la velocidad máxima de operación, de acuerdo con ANSI B30.20.

**Fuente:** [www.cimepi.com/admcontenidos/archivos\\_links/docu\\_152.doc](http://www.cimepi.com/admcontenidos/archivos_links/docu_152.doc)

El porcentaje a utilizarse en el cálculo será del 10%, esto debido a que la grúa será operada a control remoto.

$$C_i = 10\% C_o$$

$$C_i = 0.1 \times 2500kg$$

$$C_i = 250kg$$

### 3.2.3 PESO DEL PUENTE GRÚA SIN CARGA $W_{PG}$

Este parámetro se calcula de acuerdo a las especificaciones de los elementos que forman parte del puente grúa según lo que determinen los fabricantes ANEXO 3.1. En la Tabla 3.2 se menciona la carga o peso de cada uno de los accesorios.

**Tabla 3.2. Peso de accesorios del puente grúa.**

Accesorios	Unidades	Peso (Kg)
Carro Testero	2	212
Viga puente o viga de carga	1	2041
Polipasto	1	180
<b>Total</b>	<b>4</b>	<b>2433</b>

Al peso total obtenido en la Tabla 3.2 se aplicará un coeficiente de compensación  $\psi$  según lo que determina la Tabla 3.3.

**Tabla 3.3 Coeficientes de compensación y choque según tipo de puente grúa**

Nº	Tipo de puente grúa	Grupo	Grupo	Tiempo de funcionamiento	Tipo de la carga	Choques
2	Puentes grúa con movimientos de traslación eléctrica para patios de almacenamiento	I-II	II	muchc	pequeña	normal
3	Puentes grúa de poca carga para talleres y almacenes.	II-III		poco	grande	fuertes
4	Puentes grúa como los anteriores pero para carga grande	II	III	muchc	pequeña	fuertes
5	Puentes grúa para locomotoras.	II		poco	grande	fuertes
6	Puentes grúa para astilleos	II-III	IV	muchc	grande	fuertes
Puentes grúa especiales para siderúrgicas.			Grupo	Coeficientes de compensación $\psi$		
			I	1.2		
			II	1.4		
			III	1.6		
			IV	1.9		
7	Puentes grúa para talleres de fundición	II-III	Velocidad de traslación m/s		Unión de los camiles normales	Unión de los camiles sold. o sin ellas
8	Puentes grúa para talleres de laminación	II-IV				
9	Puentes grúa para hornos de acero	III-IV			1.2	
10	Puentes grúa para hornos de fosa.	III-IV				
			$\leq 1.0$	$\leq 1.5$		
			$> 1.0$	$> 1.5$		

**Fuente:** El Proyectista de Estructuras Metálicas, R Nonnast, Pág. 250.

Según la Tabla 3.3 nuestro tipo de puente grúa se encuentra en el Grupo I-II por lo tanto el coeficiente de compensación  $\psi$  es de 1.4 por lo que el valor del peso del puente grúa sin carga es:

$$W_{Pg} = 1.4 \times 2433kg$$

$$W_{Pg} = 3406.20kg$$

### 3.2.4 CARGA VERTICAL DE DISEÑO PARA LA VIGA CARRILERA $C_{Vs}$

Para el cálculo de esta carga se considera las cargas verticales que actúa directamente sobre el puente grúa. A continuación se establecen las cargas actuantes:

- La carga de operación del puente grúa  $C_o$
- La carga de peso propio del puente grúa  $W_{PG}$
- El impacto vertical  $C_i$

$$C_V = C_o + W_{PG} + C_i$$

$$C_V = 2500kg + 3406.20kg + 250kg$$

$$C_V = 6156.20kg$$

#### 3.2.4.1 INFLUENCIA DE LA CARGA VERTICAL EN LAS RUEDAS DEL POLIPASTO.

Tomando en consideración que la carga vertical afecta a la viga carrilera dependiendo de la posición del polipasto en la viga de carga, a continuación se identificara la reacción más desfavorable de trabajo de acuerdo a su posicionamiento.

##### a) Posición central del Polipasto

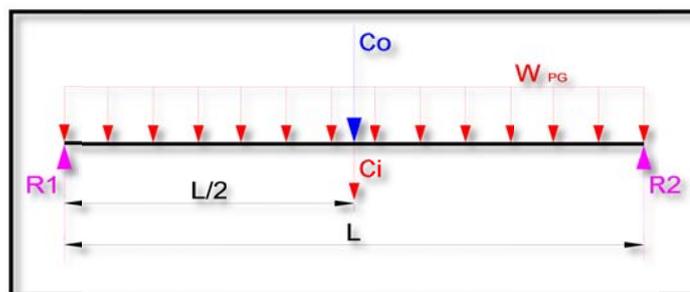


Fig. 3.14 Cargas verticales cuando el polipasto ejerce la carga en posición central

Las reacciones que se generan en  $R_1$  y  $R_2$  son iguales debido a que las cargas verticales se encuentran en el centro de la viga de carga, es por ello que debido a la acción y reacción las cargas se dividen en partes iguales.

$$R1 = R2 = \frac{C_o + C_i + W_{PG}}{2}$$

$$R1 = R2 = \frac{6156.20kg}{2} = 3078.10kg$$

Ahora se determinara la carga de las ruedas en los carros testers: Cada carro testero esta compuesto de 2 ruedas por lo tanto:

$$C_{Rueda} = \frac{3078.10kg}{2}$$

$$C_{Rueda} = 1539.05kg$$

### b) Posición extrema del polipasto

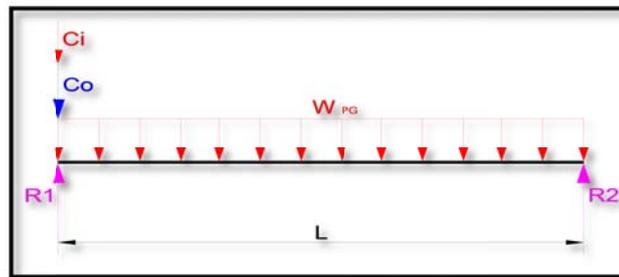


Fig. 3.15 Cargas verticales cuando el polipasto ejerce la carga en posición extrema

Para este caso se consideran que las cargas de operación y de impacto actúan al extremo de la viga de carga por lo que las reacciones en R1 y R2 son las siguientes.

$$R_1 = C_o + C_i + \frac{W_{PG}}{2}$$

$$R_1 = 2500kg + 250kg + \frac{3406.20kg}{2}$$

$$R_1 = 4453.10kg$$

$$R_2 = \frac{W_{Pg}}{2}$$

$$R_2 = \frac{3406.20kg}{2}$$

$$R_2 = 1703.10kg$$

Para este caso la carga que se genera en las ruedas estará determinada de acuerdo a la carga más crítica, entonces la reacción que se da en  $R_1$  será dividida para las 2 ruedas de los carros testers.

$$C_{rueda} = \frac{4453.10kg}{2}$$

$$C_{rueda} = 2226.55kg$$

### 3.2.5 EMPUJE LATERAL $C_{SS}$

El empuje lateral es una “fuerza que va en sentido horizontal de pequeña duración aplicado de forma transversal por las ruedas del puente a los rieles y transmitida hacia la estructura soportante”<sup>24</sup>. Esta fuerza de empuje es aplicado en la parte superior de los rieles de la viga carrilera. El empuje lateral tiene incrementos debido a las siguientes condiciones:

- Aceleración o frenado del trole
- Impacto del trole con los fines de carrera
- Levantamiento de carga no vertical
- Desalineamiento de los rieles de la grúa

De acuerdo a los factores de la Tabla 3.1 se obtiene la relación entre el empuje lateral y la carga vertical de diseño para la viga de carga:

$$C_{SS} = 10\%C_V$$

$$C_{SS} = 0.1 \times 6156.2kg$$

$$C_{SS} = 615.62kg$$

Debido a que el empuje lateral se da en los dos lados del puente grúa esta carga será dividida para las 4 ruedas que conforman los carros testers, de esta manera tenemos:

$$C_{SS} = \frac{615.62kg}{4}$$

<sup>24</sup>CISC Canadian Institute of Steel Construction; Crane-Supporting Steel Structures; 2da Ed; 2009; pág.5.

$$C_{SS} = 153.90kg$$

### 3.2.6 EMPUJE AXIAL $C_{is}$

El empuje axial se refiere a "una carga de tensión longitudinal de corta duración, causada por la aceleración o frenado del puente grúa. Si el número de ruedas conductoras es desconocido se debe tomar la carga de tensión como el 10% de la carga total de las ruedas"<sup>25</sup>.

Anteriormente se calculo que la carga de la rueda conductora en posición extrema es la más crítica por tanto el empuje axial de acuerdo a este parámetro es el siguiente:

$$C_{is} = 10\% C_{Rueda}$$

$$C_{is} = 0.1 \times 2226.55kg$$

$$C_{is} = 222.65kg$$

### 3.2.7 CARGA DE IMPACTO EN LOS FINES DE CARRERA $C_{bs}$

"La carga aplicada a los fines de carrera debe ser incluida en el diseño de la viga carrilera, sus conexiones y el marco de soporte. La máxima carga de impacto para el diseño debe ser coordinada con el diseñador del puente grúa y mostrada en los planos estructurales. La carga de diseño debe ser menor o igual a la máxima carga permisible en los fines de carrera"<sup>26</sup>

En la Tabla 3.3. se observa el coeficiente de choque y según la velocidad de traslación para los carros testers proporcionado por COMREPSA, (ANEXO 3.2) se determina que el coeficiente de choque  $\phi$ , será igual a 1.2.

$$C_{bs} = 1.2 \times \text{Capacidad P. G}$$

$$C_{bs} = 1.2 \times 3200kg$$

$$C_{bs} = 3840kg$$

<sup>25</sup>CISC Canadian Institute of Steel Construction; Crane-Supporting Steel Structures; 2da Ed; 2009; pág.5.

<sup>26</sup>AISE; Association of Iron and Steel Engineers, reporte N13; Guide for the Design and Construction of Mill Buildings; Pág.9.

### 3.3 DISEÑO DE LOS ELEMENTOS DEL PUENTE GRÚA

#### 3.3.1 DISEÑO DE LA VIGA CARRILERA

##### 3.3.1.1 CONSIDERACIONES DE DISEÑO

Para el diseño de las vigas carrileras se debe tomar en consideración el diseño a flexión por las cargas verticales del puente grúa y por otro lado también se debe considerar el diseño a cortante.

Para el diseño de la viga carrilera se considerara que la posición del peso levantado sea aquel calculado en la sección 3.2.4 literal b el cual considera que esta es la posición mas critica de trabajo.

##### 3.3.1.2 PREDISEÑO DE LA VIGA CARRILERA.

El prediseño de la viga carrilera se iniciará con un perfil laminado tipo HEB 180(Ver ANEXO 3.3). Las cargas a considerar sobre la viga carrilera calculadas en la sección 3.2 exceptuando el peso propio de los elementos son:

- a) Peso propio de los elementos que componen la viga carrilera.
- b) Peso propio de la riel
- c) Influencia de la carga vertical en las ruedas del polipasto  $C_{rueda}$ .
- d) Empuje Lateral  $C_{ss}$ .
- e) Empuje Axial  $C_{is}$

Las cargas mencionadas serán aplicadas en el software SAP 2000 en la opción “Define Load Patterns” (Figura 3.4)

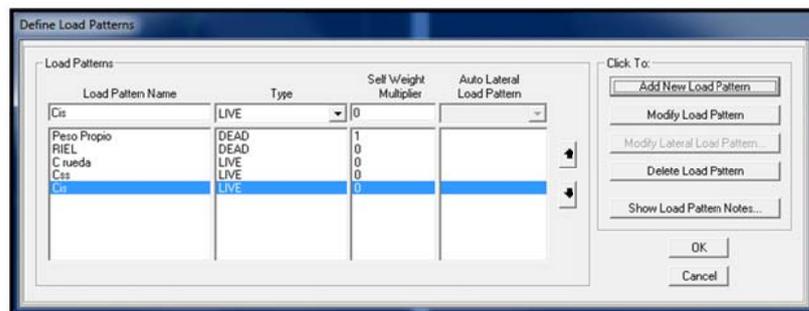
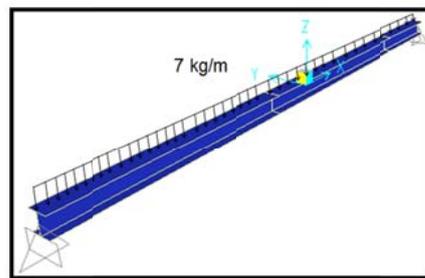


Figura 3.4 Patrones de Carga

El multiplicador de peso propio (Self Weight Multiplier) está definido en parámetros de 0 y 1 lo cual significa que para valores de multiplicador en 1 el software designa el peso de la carga de acuerdo a los elementos que conforman la estructura. Para el multiplicador de valor 0 el software necesita que el usuario determine el valor de la carga.

El peso propio se considera un tipo de carga muerta (DEAD) con multiplicador de 1. El peso del riel es un tipo de carga muerta determinada por un valor de 7kg/m (Figura 3.5) de acuerdo a los datos proporcionado por el distribuidor (ANEXO 3.2).



**Figura 3.5 Carga del peso del riel**

Los valores correspondientes a las cargas ejercidas por el puente grúa en la viga carrileras son:

- Carga vertical de las ruedas es  $C_{rueda} = 2226.55\text{kg}$ ,
- Empuje lateral es  $C_{SS} = 615.62\text{kg}$
- Carga axial tiene el valor de  $C_{is} = 222.65$

Las cargas mencionadas se deberán aplicar a lo largo de la viga carrilera tal como se muestra en la Figura 3.6, para determinar el lugar de posición de cargas en la viga mencionada se seguirá un proceso según el manual de la AISC, el cual menciona que la distancia entre dos cargas iguales móviles es igual o mayor que 0.586 veces la luz de la viga, el momento máximo se produce en el punto medio del vano cuando se coloca una de las dos cargas o ruedas allí. Entonces aplicando esta relación se tiene:

$$X_{ruedas} \geq 0.586(L_{carrilera})$$

Donde:

- $X_{ruedas}$ : distancia entre ruedas de los testeros (Ver ANEXO 3.1)

- $L_{\text{carrilera}}$ : Longitud de la viga carrilera (6m)

$$2.55m \geq 0.586(6m)$$

$$2.55m \leq 3.51 \text{ NO CUMPLE}$$

Al no cumplir la condición el mismo manual de la AISC aplica la siguiente ecuación:

$$x = \frac{1}{2} \left( l - \frac{d}{2} \right)$$

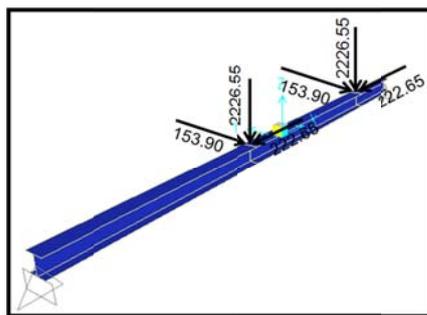
Donde:

- $x$  = Distancia de aplicación de las cargas sobre la viga principal o la viga carril.
- $l$  = Longitud de la viga principal o viga carrilera.
- $d$  = Distancia entre ruedas de los testeros.

$$x = \frac{1}{2} \left( 6m - \frac{2.5m}{2} \right)$$

$$x = 2.4m$$

La distancia de aplicación de las cargas sobre la viga carrilera es de 2.4m, por lo tanto según las recomendaciones de la AISC se deberá aplicar la fuerza de una de las dos ruedas a la distancia calculada para que nos de el momento máximo.



**Figura 3.6 Cargas ejercidas por el puente grúa**

En las Figura 3.7 se observa los resultados para el cortante y momento máximo, que son 2879.07kg y 4430.86kg/m respectivamente, en la Figura 3.8 se tienen los diagramas de cortante y momento.

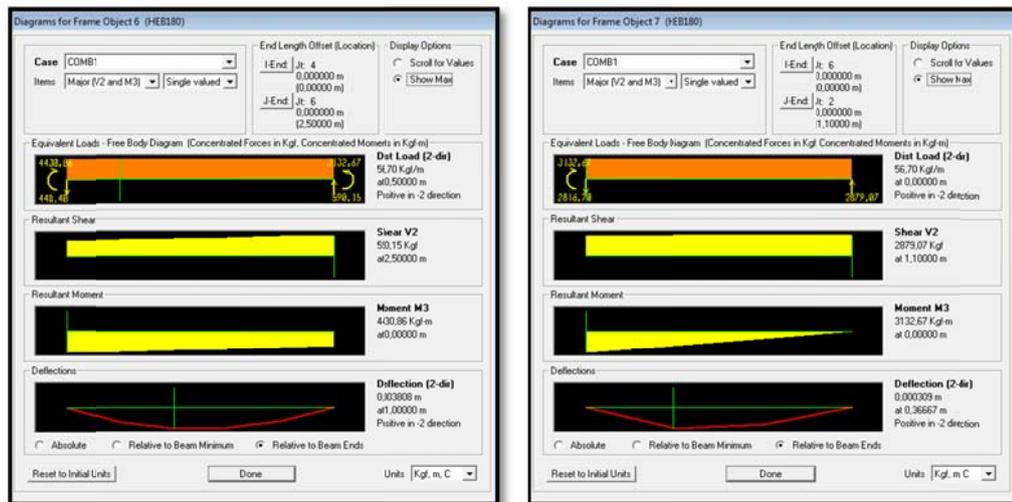


Figura 3.7 Cortante, Momento y Deflexión máxima.

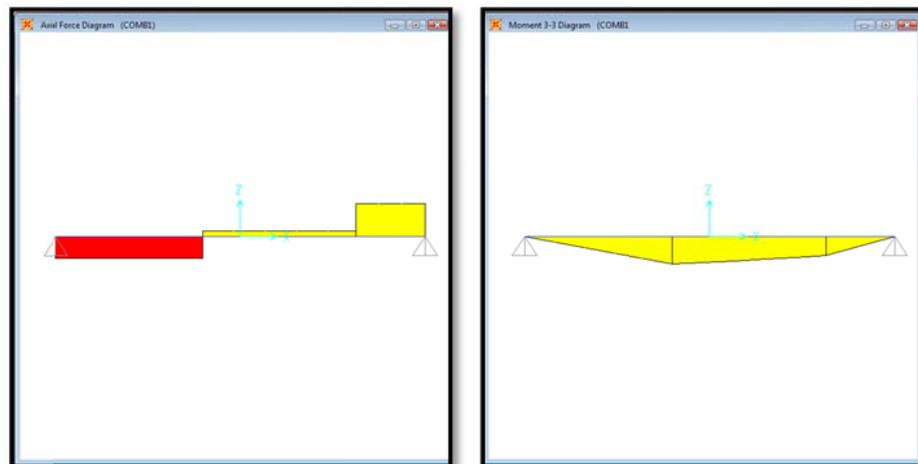


Figura 3.8. Diagrama de cortante y momentos.

### 3.3.1.3 PROCEDIMIENTO DE DISEÑO.

Para comprobar que la viga carrilera elegida cumple satisfactoriamente se realizará el respectivo cálculo analítico según la AISC LRFD, en flexión y cortante, donde la resistencia flexión admisible esta dada por:

$$M_u < \phi M_n$$

Donde:

- $M_u$  : Momento máximo de diseño (Figura 3.7).
- $\phi$  : 0.90 (LRFD)

Se debe tener en consideración que según el manual de la AISC el tipo de perfil elegido es compacto con simetría doble, y que debe cumplir parámetros de resistencia especificados en el mismo. Se inicia comprobando que el perfil resista a flexión por lo que la resistencia nominal de flexión  $M_n$ , debe ser el menor valor obtenido de acuerdo con los estados limites de fluencia y pandeo lateral-torsional.

*POR FLUENCIA.*

$$M_n = M_p = F_y Z_x \quad (F2 - 1) AISC 2000$$

*POR PANDEO LATERAL-TORSIONAL.*

El pandeo lateral-torsional aplica en tres casos:

Caso 1.

$$L_b \leq L_p \quad \text{El estado limite de pandeo lateral-torsional no aplica.}$$

Caso 2.

$$L_p < L_b \leq L_r$$

$$M_n = C_b \left[ M_p - (M_p - 0.7F_y S_x) \left( \frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right) \right] \quad (F2 - 2) AISC 2000$$

Caso 3.

$$L_b > L_r$$

$$M_n = F_{cr} S_x \leq M_p \quad (F2 - 3) AISC 2000$$

$$F_{cr} = \frac{C_b \cdot \pi \cdot E}{\left( \frac{L_b}{r_{ts}} \right)^2} \quad (F2 - 4) AISC 2000$$

Para  $C_b$  el valor será de 1 por ser una viga de doble simetría.

Siendo  $L_b$  la longitud de la viga carrilera, y para  $L_p$  y  $L_r$  se tiene:

$$L_p = 1.76 \cdot r_y \sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad (F2 - 5) AISC 2000$$

$$L_r = \pi \cdot r_{ts} \sqrt{\frac{E}{0.7 \cdot F_y}} \quad (\text{F2} - 6) \text{AISC 2000}$$

Donde:

$$r_{ts} = \sqrt{\frac{I_y \cdot h_0}{2S_x}} \quad (\text{F2} - 7) \text{AISC 2000}$$

$h_0$  = distancia entre centroides de alas.

Como ya se mencionó el elemento elegido para la viga carrilera es un perfil laminado HEB 180 (Ver ANEXO 3.3), cuyas propiedades se enumeran en la Tabla 3.4.

**Tabla 3.4. Propiedades del perfil laminado HEB 180.**

DATOS		
Perfil	HEB 180	
$r_y$	0.046	m
$r_x$	0.077	m
$E$	20389019158	kg/m <sup>2</sup>
$F_y$	25310506.541	kg/m <sup>2</sup>
$A$	0.006	m <sup>2</sup>
$I_y$	1.362x10-5	m <sup>4</sup>
$I_x$	3.729x10-5	m <sup>4</sup>
$S_y$	1.513x10-4	m <sup>3</sup>
$S_x$	4.143x10-4	m <sup>3</sup>
$Z_y$	2.29x10-4	m <sup>3</sup>
$Z_x$	4.67x10-4	m <sup>3</sup>

$$M_n = M_p = 25310506.541 \frac{kg}{m^2} * 4.67x10^{-4} m^3$$

$$M_n = M_p = 11830.1308 \text{ kg} \cdot m$$

Por lo tanto:

$$L_p = 1.76 * 0.046m \sqrt{\frac{20389019158 \frac{kg}{m^2}}{25310506.541 \frac{kg}{m^2}}}$$

$$L_p = 2.29m$$

$$r_{ts} = \sqrt{\frac{1.362 \times 10^{-5} m^4 * 0.16592 m}{2 * 4.143 \times 10^{-4} m^3}}$$

$$r_{ts} = 0.052223438m$$

$$L_r = \pi \cdot r_{ts} \sqrt{\frac{E}{0.7 \cdot F_y}}$$

$$L_r = \pi * 0.052223438m \sqrt{\frac{20389019158 \text{ kg/m}^2}{0.7 * 25310506.541 \text{ kg/m}^2}}$$

$$L_r = 5.56m$$

Se verifica que condición cumple:

$$L_b \leq L_p$$

$$6m \leq 2.29m \quad \text{NO CUMPLE}$$

$$L_p < L_b \leq L_r$$

$$2.29m < 6m \leq 5.56m \quad \text{NO CUMPLE}$$

$$L_b > L_r$$

$$6m > 5.56m \quad \text{CUMPLE}$$

Entonces:

$$F_{cr} = \frac{1 * \pi * 20389019158 \text{ kg/m}^2}{\left(\frac{6m}{0.052223438m}\right)^2}$$

$$F_{cr} = 15244897.1 \text{ kg}$$

$$15244897.1 \text{ kg/m}^2 * 4.143 \times 10^{-4} m^3 \leq 11830 \text{ kg} \cdot m$$

$$6315.96 \text{ kg} \cdot m < 11830 \text{ kg} \cdot m \quad \text{CUMPLE}$$

Por lo tanto:

$$4430.86kg \cdot m < 0.90 * 6315.96kg \cdot m$$

$$4430.86kg \cdot m < 5684.36kg \cdot m$$

Cumpliendo con el cálculo a flexión se realizará el análisis a cortante, donde la resistencia de corte admisible esta dada por:

$$V_u < \phi V_n$$

La resistencia de corte nominal  $V_n$ , de acuerdo al estado límite de fluencia en corte y pandeo es:

$$V_n = 0.6F_y A_w C_v \quad (G2 - 1)AISC 2000$$

- $A_w$ : Producto de altura total por el espesor del alma.
- $C_v$ : Coeficiente de corte.

Para el análisis por cortante se aplican dos casos.

Caso 1: Para almas de miembros laminados de sección I con:

$$\frac{h}{t_w} \leq 2.24 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad (G2 - 2)AISC 2000$$

Si cumple esta relación:

$$\phi_v = 1.00 \text{ y } C_v = 1.00$$

Caso 2: Para almas de todos los perfiles de simetría doble o simple:

$$a: \quad \frac{h}{t_w} \leq 1.10 \sqrt{\frac{k_v \cdot E}{F_y}} \quad (G2 - 3)AISC 2000$$

$$C_v = 1.00$$

$$b: \quad 1.10 \sqrt{\frac{k_v \cdot E}{F_y}} \leq \frac{h}{t_w} \leq 1.37 \sqrt{\frac{k_v \cdot E}{F_y}} \quad (G2 - 4)AISC 2000$$

$$C_v = \frac{1.10 \sqrt{\frac{k_v \cdot E}{F_y}}}{\frac{h}{t_w}}$$

$$c: \quad \frac{h}{t_w} \geq 1.37 \sqrt{\frac{k_v \cdot E}{F_y}} \quad (G2 - 5) AISC 2000$$

$$C_v = \frac{1.51 \cdot k_v \cdot E}{\left(\frac{h}{t_w}\right)^2 \cdot F_y}$$

- $k_v$ : Coeficiente de pandeo de placa del alma es determinado por:

Para almas no atiesadas:

$$\frac{h}{t_w} \leq 2.60$$

$$k_v = 5$$

Para almas atiesadas:

$$k_v = 5 + \frac{5}{\left(\frac{a}{h}\right)^2}$$

$$k_v = 5 \quad \frac{a}{h} > 3 \text{ o } \frac{a}{h} > \left[\frac{260}{\frac{h}{t_w}}\right]^2$$

- a: distancia libre entre atiesadores transversales.
- h: distancia libre entre alas

Para saber si se necesita de atiesadores:

$$\frac{h}{t_w} \leq 2.46 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

Por lo tanto:

$$\frac{0.152m}{0.0085m} \leq 2.24 \sqrt{\frac{20389019158 \text{ kg}/m^2}{0.7 * 25310506.541 \text{ kg}/m^2}}$$

$$17.88 \leq 63.57$$

$$\text{Entonces: } C_v = 1.00$$

$$V_n = 0.6 \cdot 25310506.541 \frac{kg}{m^2} \cdot 0.00153m^2 \cdot 1$$

$$V_n = 23235.045kg$$

Por lo tanto:

$$1890.25kg < 1 \cdot 23235.045kg$$

$$1890.25kg < 23235.045kg \quad \text{CUMPLE}$$

### **3.3.2 DISEÑO DE VIGA PUENTE.**

#### **3.3.2.1 DETERMINACIÓN DE CARACTERÍSTICAS DE VIGA PUENTE.**

Las características que a continuación se muestran servirán para el diseño de la viga puente, para la elección del polipasto se ha consultado a la empresa COMREPSA, la cual ha recomendado un polipasto marca R&M (Ver ANEXO 3.4).

Datos para viga puente:

- Carga a levantar: 2500Kg, 2.5TN.
- Luz (L): 13.65m
- Tipo de viga: Clase I-II. (Tabla 2.3)
- Izaje: 4.2m.

Datos del polipasto (VER ANEXO 3.1):

- Marca: SX30410032P25FA/ SINGLE REEVED / LOW HEDROOM TROLLEY
- Izaje: Hasta 6 metros.
- Peso: 180 Kg.
- Capacidad: 3200 kg, 3,2TN
- Velocidad de izaje: Doble: 6 y 1 m/min.

- Velocidad del carro: Variable, desde 5 a 20 m/min, aprox. Mediante variador de frecuencia, arranque y parada gradual (rampa).



Figura 3.9. Polipasto R&M<sup>27</sup>

### 3.3.2.2 DETERMINACIÓN DE CARGAS.

#### 3.3.2.2.1 CARGAS VERTICALES.

Las cargas serán calculadas de acuerdo a la norma CMAA para la construcción de puentes grúa, esto debido a que nuestro distribuidor de elementos usa la misma.

- Carga a levantar (CL): 2500 kg
- Peso del polipasto (PL): 180 kg.
- Margen por impacto (Mp):

$$Mp = 10\% CL$$

$$Mp = 10\% 2500kg$$

$$Mp = 250kg$$

*PESO PROPIO DEL PUENTE:* Este dato fue calculado anteriormente como  $W_{PG}$ .

$$W_{PG} = 3406.20kg$$

$$W_{PG} = 249.53 \text{ kg/m}$$

*CARGA SOBRE LAS RUEDAS DEL POLIPASTO (CPR).*

$$Cpr = \frac{CL + PL + Mp}{2}$$

<sup>27</sup> <http://www.rmhoist.com/espanol/wire-rope-hoists.htm>

$$C_{pr} = \frac{2500kg + 180kg + 250kg}{2}$$

$$C_{pr} = 1465kg$$

**CARGA RODANTE SIMPLE:**

Distancia entre ruedas del polipasto ( $dr$ ) = 0.128m (Ver ANEXO 3.5)

Cuando:

$$dr < (2 - \sqrt{2}) \times l$$

$$dr < (2 - \sqrt{2}) \times 13.65m$$

$$0.128m < 7.99m$$

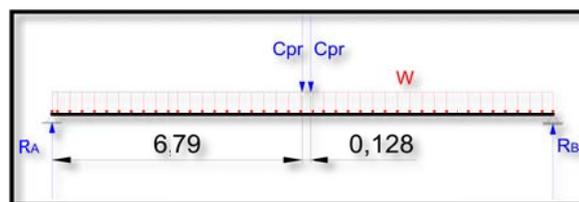
A continuación se calculará la distancia para ubicar la primera carga de la rueda sobre la viga puente.

$$x = \frac{1}{2} \left( l - \frac{dr}{2} \right)$$

$$x = \frac{1}{2} \left( 13.65 - \frac{0.128}{2} \right)$$

$$x = 6.79m$$

La primera carga de las ruedas del polipasto se ubicará a 6.79m. Se procede a calcular el cortante y el momento máximo que actúan sobre la viga puente con nuestras cargas definidas.



**Figura 3.10. Cargas verticales.**

$$\sum F_y = RA + RB - C_{pr} - C_{pr} - (W \times l)$$

$$\sum F_y = 0 = RA + RB - 1465kg - 1465kg - \left( 249.52 \text{ kg/m} \times 13.65m \right)$$

$$\sum MA = 0 = (13.65m \times RB) - (6.79m \times Cpr) - (6.918m \times Cpr) - \left[ (Wpg \times l) \left( \frac{l}{2} \right) \right]$$

$$RB = 3174.19kg$$

$$RA = 3161.75kg$$

Para el cálculo del cortante y momento máximos se utilizó la herramienta de SAP2000.

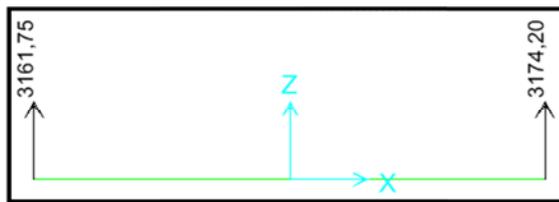


Figura 3.11. Resultados de las reacciones verticales en la viga puente.

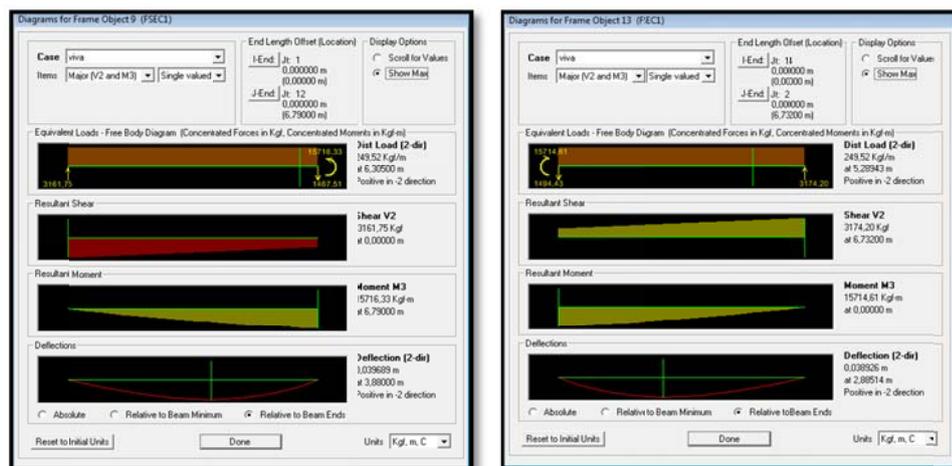


Figura 3.12. Resultado de cortante y momentos máximos verticales.

### 3.3.2.2.2 RESULTADOS FUERZAS VERTICALES

El resumen de los resultados de las fuerzas verticales se expone en la Tabla 3.5.

Tabla 3.5. Resultados de cargas verticales.

RESULTANTES	
RA	3161.75 kg
RB	3174.19 kg
CORTANTE MÁXIMO	3174.19 kg
MOMENTO MÁXIMO	15716.33 Kg-m

## CARGAS HORIZONTALES.

Para el cálculo de las cargas horizontales se considerará la misma posición de las cargas de las ruedas sobre la viga puente.

**MARGEN POR IMPACTO (MP):**

$$Mp = 5\% \times (CL + PL + Wpg)$$

$$Mp = 5\% \times (2500kg + 180kg + 3406.2kg)$$

$$Mp = 304.31kg$$

**CARGAS POR VIENTO:**

$$v = 20^{28}$$

**Carga operacional de viento (Cov):** 5lb/ft<sup>2</sup>.<sup>29</sup>

**Constante por áreas (Ca):** 1.6<sup>30</sup>

$$L = 13.65m = 44.78346ft$$

$$Cv = \frac{L}{v} \times (L \times Cov \times Ca)$$

$$Cv = \frac{44.78346ft}{20} \times (44.78346ft \times 5 lb/ft^2 \times 1.6)$$

$$Cv = 802.22lb = 363.8824kg$$

**Cargas Wv, Cprh:**

$$Wv = \frac{Cv}{L} = \frac{363.88kg}{13.65m}$$

$$Wv = 26.65 \text{ kg/m}$$

$$Cprh = \frac{Mp}{2} = \frac{304.31kg}{2}$$

<sup>28</sup> Design of Monorail Systems, Tomas H Orihuela Jr, PE, pg 7  
<sup>29</sup> Specifications for top running, CMAA, pg 14  
<sup>30</sup> Specifications for top running, CMAA, pg 14

$$Cprh = 152.155kg$$

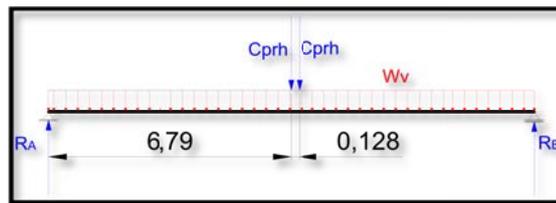


Figura 3.13. Cargas Horizontales.

$$\sum Fy = RA + RB - Cprh - Cprh - (W \times l)$$

$$\sum Fy = 0 = RA + RB - 1465kg - 1465kg - \left(26.65 \text{ kg/m} \times 13.65m\right)$$

$$\sum MA = 0 = (13.65m \times RB) - (6.79m \times Cprh) - (6.918m \times Cprh) - \left[ (Wv \times l) \left(\frac{l}{2}\right) \right]$$

$$RB = 334.7kg$$

$$RA = 333.41kg$$

Para el cálculo del cortante y momento máximos se utilizó la herramienta de SAP2000.

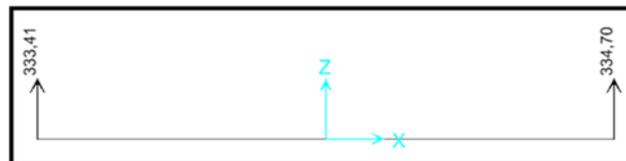


Figura 3.14. Resultados de las reacciones horizontales en la viga puente.

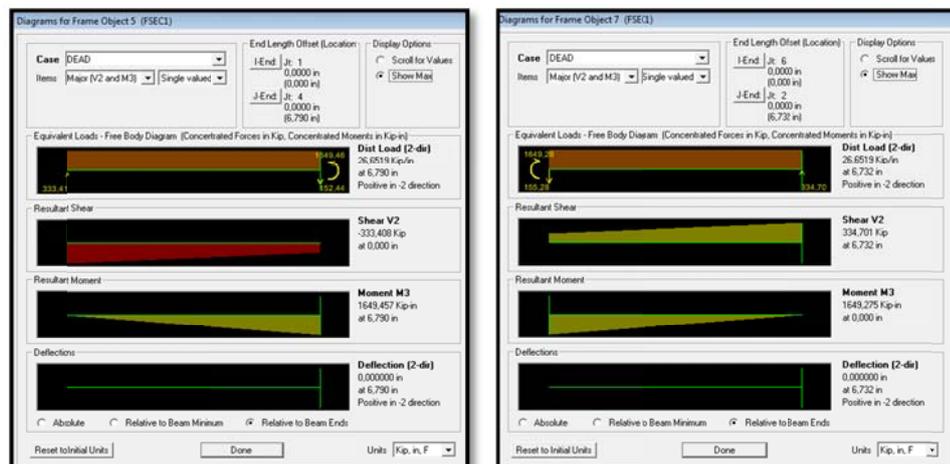


Figura 3.15. Resultado de cortante y momentos máximos horizontal.

### 3.3.2.2.3 RESULTADOS CARGAS HORIZONTALES.

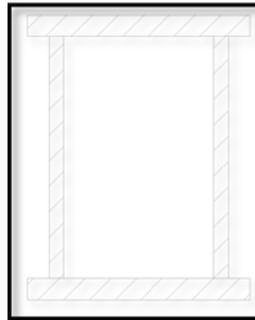
El resumen de los resultados de las fuerzas verticales se expone en la Tabla 3.6.

**Tabla 3.6. Resultados de cargas horizontales.**

RESULTANTES	
RA	333.41 kg
RB	334.70 kg
CORTANTE MÁXIMO	234.5 kg
MOMENTO MÁXIMO	1649.457 Kg-m

### 3.3.2.3 PROPUESTA DE PERFIL.

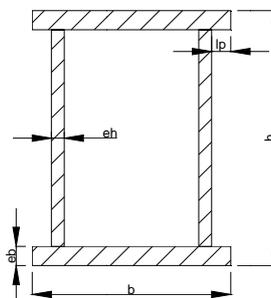
Para la selección de perfil de la viga puente se propone una viga de cajón con doble alma, se ha llegado a elegir este tipo de perfil luego de consultar con la empresa COMREPSA, ya que es la mejor opción para este tipo de vigas. COMREPSA recomienda que los espesores del ala deban ser mayores a 10mm y que su longitud supere los 20mm.



**Figura 3.16. Propuesta de perfil tipo cajón.**

Las medidas del perfil seleccionado serán las siguientes:

- $h = 0.250\text{m}$
- $b = 0.310\text{m}$
- $eb = 0.010$
- $eh = 0.005\text{m}$
- $lp = 0.030\text{m}$



Cabe recalcar que algunas medidas se mantendrán siempre debido a las características geométricas del polipasto (ANEXO 3.5) como la longitud de la base (b) y la longitud del ala.



La CMAA recomienda un esfuerzo máximo dependiendo del material utilizado para la viga, en nuestro caso el acero A36 que tiene un límite de fluencia equivalente a 36000 psi.

$$\delta_{max} = 0.6 \times \delta_{material}^{31}$$

$$\delta_{max} = 0.6 \times 36000 \text{ lb/plg}^2$$

$$\delta_{max} = 21600 \text{ lb/plg}^2$$

Entonces:

$$31461.22 \text{ lb/plg}^2 < 21600 \text{ lb/plg}^2 \quad \text{NO CUMPLE}$$

### 3.3.2.4.2 PROPUESTA #2.

Se incrementa la altura de la viga además del espesor del alma.

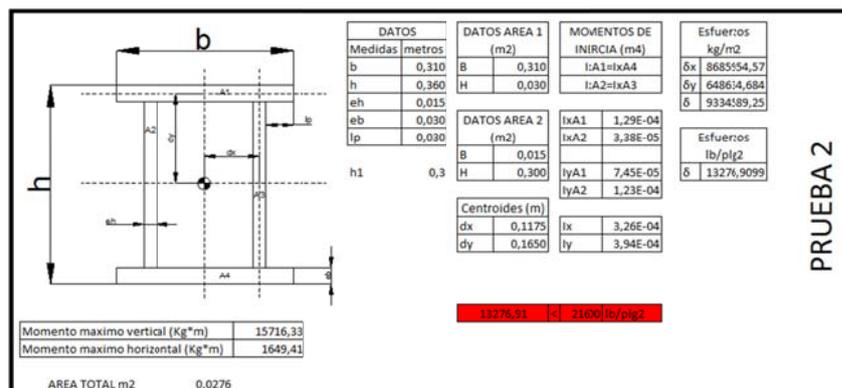


Figura 3.18. Esfuerzo máximo prueba 2.

El perfil elegido cumple satisfactoriamente.

### 3.3.2.4.2.1 VERIFICACIÓN POR DEFORMACIÓN.

Para la búsqueda de la deformación de la viga se continúa con el uso de SAP2000. Con el cambio de perfil se tiene un cambio en el peso propio de la viga que es la siguiente.

Densidad del acero A36 ( $\rho$ ): 7850 kg/m<sup>3</sup>

Área total del perfil (A): 0.0276m<sup>2</sup>.

<sup>31</sup> CMAA 74. Apartado 3.5.8.

$$V = A \times L = 0.027m^2 \times 13.65m$$

$$V = 0.187005m^3$$

Peso real de la viga sin polipasto ( $W_{pg1}$ ).

$$W_{pg1} = \rho \times V = 7850 \frac{kg}{m^3} \times 0.187005m^3$$

$$W_{pg1} = 1467.98925kg$$

Peso de la viga con polipasto

$$W_{pg} = 1467.98kg + 212kg + 180kg$$

$$W_{pg} = 2603.98kg$$

Peso distribuido:

$$W_v = \frac{2603.98kg}{13.65m}$$

$$W_v = 190.76 \frac{kg}{m}$$

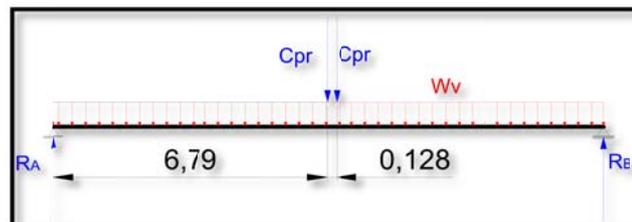


Figura 3.19. Cargas para perfil seleccionado prueba 2.



Figura 3.20. Resultados de reacciones prueba 2.

En la figura 3.20 se tienen las reacciones en “A” y “B” que son de 2937.3kg y 2949.75kg respectivamente. Además en la figura 3.21 se tiene la deformación máxima que puede soportar este tipo de perfil que corresponde al ítem “U3” con una deformación de 0.0218m.

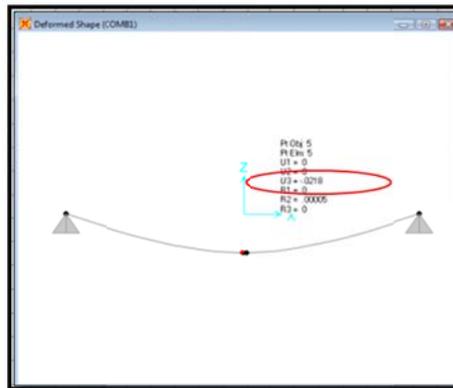


Figura 3.21. Deformación máxima prueba 2.

Según la norma CMAA la deformación máxima esta dada por:

$$y < \frac{L}{750} = \frac{13.65m}{750}$$

$$y < 0.018m$$

$$0.0218m < 0.018m \quad \text{NO CUMPLE}$$

### 3.3.2.4.3 PRUEBA #3.

Se aumenta la altura de la viga y el espesor del alma.

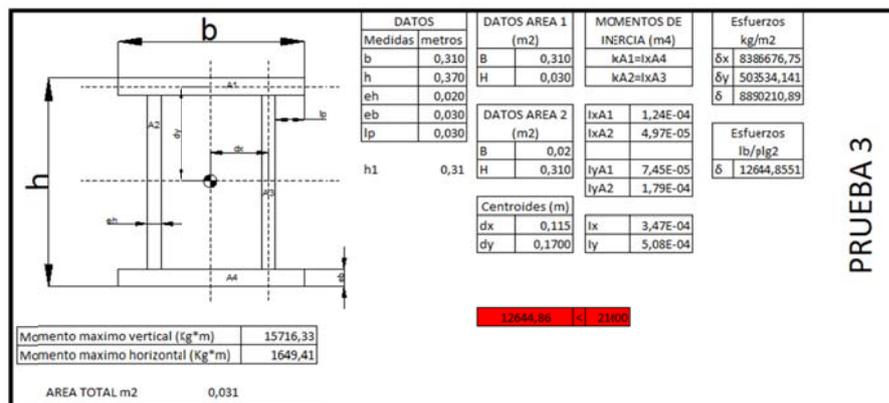


Figura 3.22. Esfuerzo máximo prueba 3.

El perfil elegido cumple satisfactoriamente.

### 3.3.2.4.3.1 VERIFICACIÓN POR DEFORMACIÓN.

Densidad del acero A36 ( $\rho$ ):  $7850 \text{ kg/m}^3$

Área total del perfil (A):  $0.031 \text{ m}^2$ .

$$V = A \times L = 0.031 \text{ m}^2 \times 13.65 \text{ m}$$

$$V = 0.42315m^3$$

Peso real de la viga sin polipasto ( $W_{pg1}$ ).

$$W_{pg1} = \rho \times V = 7850 \frac{kg}{m^3} \times 0.42315m^3$$

$$W_{pg1} = 3321.7275kg$$

Peso de la viga con polipasto

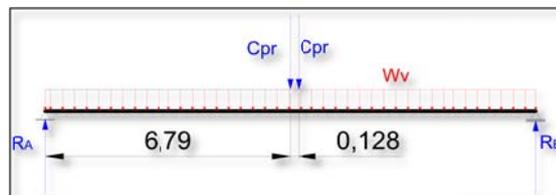
$$W_{pg} = 3321.7275kg + 212kg + 180kg$$

$$W_{pg} = 3713.7275kg$$

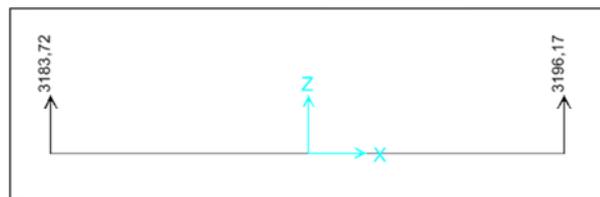
Peso distribuido:

$$W_v = \frac{3713.7275kg}{13.65m}$$

$$W_v = 272.067 \frac{kg}{m}$$



**Figura 3.23. Cargas para perfil seleccionado prueba 3.**



**Figura 3.24. Resultados reacciones prueba 3.**

En la figura 3.24 se tienen las reacciones en “A” y “B” que son de 3183.72kg y 3196.17kg respectivamente. Además en la figura 3.25 se tiene la deformación máxima que puede soportar este tipo de perfil que corresponde al ítem “U3” con una deformación de 0.0173m.

$$0.0173m < 0.018m \quad \text{CUMPLE}$$

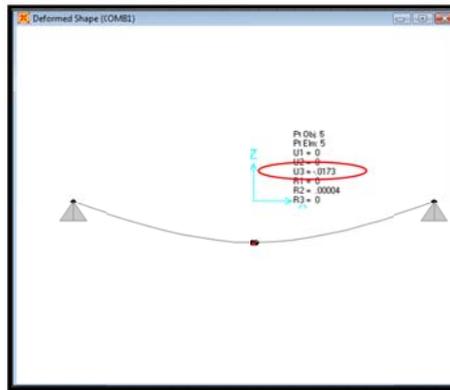


Figura 3.25. Deformación máxima prueba 3.

### 3.3.3 CONEXIÓN ENTRE LOS CARROS TESTEROS Y LA VIGA DE CARGA.

Se ha propuesto para el montaje entre los carros testers y la viga de carga, la utilización de elementos empernados, de esta manera aseguramos que el sistema sea de fácil desmontaje, este criterio esta basado en la idea de programaciones de mantenimiento.

Para nuestro análisis se usarán pernos A307 los mismos que se utilizan en el diseño de los pernos de anclaje, estos tienen una tensión de corte nominal de  $1680\text{kg/cm}^2$

Para el diseño de los pernos nos basaremos en la fuerza cortante que se produce por acción de la carga de impacto que se generan en los fines de carrera. Este dato se ha obtenido partiendo del criterio en el punto 3.2.7 en la cual fuerza generada es de  $3840\text{kg}$ .

$$A_b = \frac{R_u}{\phi \cdot F_n}$$

$$A_b = \frac{3840.00\text{kg}}{0.75 \cdot 16800000 \text{ kg/m}^2}$$

$$A_b = 3.05 \times 10^{-4} \text{m}^2$$

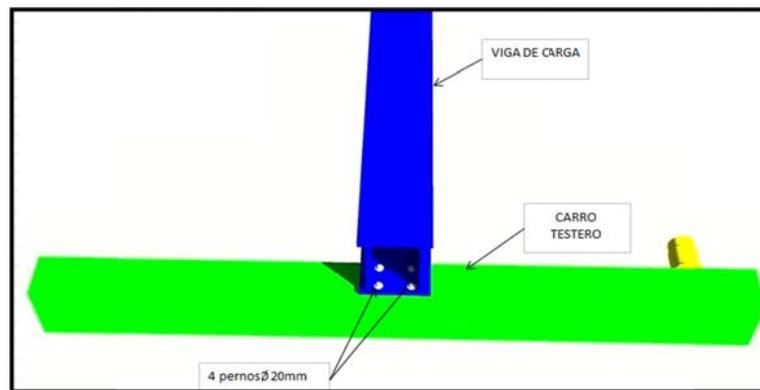
$$D_p = 2 \sqrt{\frac{A_b}{\pi}}$$

$$D_p = 2 \sqrt{\frac{3.05 \times 10^{-4} \text{m}^2}{\pi}}$$

$$D_p = 0.0197 \text{m} = 19.70 \text{mm}$$

Según el catálogo de la Dimeco (ANEXO 2.2) nuestro diámetro de perno será de 20mm.

En la figura 3.26 se muestra la forma de sujeción entre la viga de carga y el carro testero mediante los pernos de sujeción anteriormente diseñados.



**Figura 3.26 Conexión entre carros testeros y viga de carga**

### 3.4 CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO

El diseño del sistema de transporte de los prefabricados fue concebido en base a la estructura usada en la delineación de la nave presentada en el Capítulo 2.

Las consideraciones de diseño planteadas fueron el peso deseado para la carga y el tipo de viga a usarse, se decidió plantear un peso de carga de 2.5TN en base a la cantidad de prefabricados a levantar, además del peso propio del puente grúa y sus respectivos accesorios, la elección de la viga de carga fue establecida de acuerdo a parámetros que otorga la nave como longitud de recorrido y luz entre pórticos, resultando adecuado optar por una viga monorriel.

Se despliegan las cargas que actuarán en el desempeño del puente grúa, de tal manera que puedan garantizar una correcta marcha de sus funciones, parámetros como carga de operación (Co), Impacto vertical (Ci), Peso del puente grúa sin carga (Wpg), Carga vertical para la viga carrilera (Cvs), Empuje lateral (Css), Empuje axial (Cis) y

Carga de impacto en los fin carrera (Cbs) entre otras, serán calculados y analizados en el Software SAP2000 y de manera analítica tal como se lo ejecutó en el Capítulo 2, esto para el diseño del puente grúa con sus respectivos accesorios y de la viga puente.

La empresa COMREPSA brindó importantes aportaciones para la elección de cada uno de los accesorios usados en el puente grúa y que se encuentran en los ANEXOS 3.1, 3.2 y 3.4 que recurrieron en elegir productos usados en la industria nacional.

Se concluye que el puente grúa cumple con todos los parámetros establecidos para un correcto funcionamiento en base a materiales y productos usados en el medio local y nacional garantizando que este pueda ser implementado.

## **CAPÍTULO 4. DISEÑO DE LA CÁMARA DE CURADO PARA CONCRETO.**

Debido al incremento en la producción de los prefabricados, la empresa se ha visto forzada en buscar métodos en los cuales ayuden a acelerar los procedimientos para una rápida entrega de estos. Es por eso que se ha presentado la propuesta de una cámara de curado para los elementos prefabricados la que ayudará a acelerar el proceso de curado. Esta tendrá el objetivo de reducir los tiempos de curado, para optimizar la calidad del mismo brindando un producto de calidad en poco tiempo.

La cámara de curado referida es un cuarto aislado térmicamente en el cual se generara calor de manera constante y controlada con humedad relativa para la preservación de las características naturales del producto durante el mayor tiempo posible.

### **4.1 CARACTERÍSTICAS DEL PRODUCTO A CURAR.**

En la sección 1.1.3 se presentan las características de los prefabricados en donde se describen los grandes beneficios que se obtienen al elegir los mencionados productos, los cuales son fabricados con hormigón liviano estructural.

Según Weigler y Karl “las reglas y experiencias para el hormigón liviano estructural son las mismas que para el hormigón normal. Más, para este, además de la resistencia se exige que presente una cierta menor densidad”<sup>32</sup>.

#### **4.1.1 BENEFICIOS DEL HORMIGON LIVIANO ESTRUCTURAL.**

El hormigón liviano estructural presenta características que le brinda ventajas a la hora de usarlo y las cuales se presentan a continuación:

- Resistencia a la presión.
- Aislante térmico
- Extremadamente ligero en comparación con el hormigón normal.
- Insonorización

---

<sup>32</sup> Hormigones ligeros armados, Weigler y Karl, pg 37

- Resistencia al desgaste
- Impermeabilidad.

*RESISTENCIA A LA PRESIÓN.* La resistencia a la presión del hormigón liviano estructural depende de los áridos usados en la mezcla, esto debido a que la mezcla debe contener un 70% en volumen de áridos, su densidad depende en primera instancia de los granos (Composición granulométrica) de los áridos de la mezcla. Para una mayor resistencia se pueden sustituir los áridos finos por arena natural, más pesada, aumentando así la densidad del hormigón, a mayor densidad mayor resistencia.

*AISLANTE TÉRMICO.* El hormigón liviano estructural posee un mejor comportamiento frente al aislamiento térmico, esto debido a la baja conductibilidad térmica de los áridos ocasionado por la porosidad y su correspondiente baja densidad.

*EXTREMADAMENTE LIGERO EN COMPARACIÓN CON EL HORMIGÓN NORMAL.* El hormigón liviano estructural pesa aproximadamente un 50% menos que el hormigón tradicional.

*INSONORIZACIÓN.* Esta propiedad depende de su peso por unidad de superficie, además de la rigidez a la flexión, del tipo de superficie y de su estructura interior. Para conseguir esta propiedad el espesor su pared debe ser mayor que el de una pared de hormigón normal, proporcionalmente a las densidades respectivas.

*RESISTENCIA AL DESGASTE.* La resistencia al desgaste mecánico depende de:

- Resistencia y dureza de la pasta de cemento
- Resistencia y dureza de los áridos
- Calidad de la adherencia entre la pasta de cemento y los áridos

El desgaste de una superficie se inicia cuando su superficie ejerce su efecto sobre la abrasión es por esto que la superficie pulida de acabado del hormigón liviano estructural ofrece menos puntos de ataque para su deterioro.

**IMPERMEABILIDAD.** La resistencia a que penetre agua depende de la calidad del mortero (mezcla de uno o varios aglomerantes, arenas, agua y en su caso aditivos), y menos de la porosidad y de la estanqueidad de los áridos. La relación agua-cemento en los hormigones livianos estructurales es menor que en los normales pero con similar resistencia, haciendo de este menos poroso y más impermeables.

#### **4.1.2 CURADO.**

##### **4.1.2.1 HUMEDAD.**

El secado en los hormigones livianos estructurales es más rápido debido a su menor resistencia a la difusión del vapor de agua, esto afecta la hidratación y favorece la aparición de grietas de retracción.

Para evitar esto se conservará la humedad cubriéndolas con tejidos húmedos, plástico, rociándolas con agua o realizando una humidificación adicional, 7 días de tratamiento de humedad es suficiente con temperaturas de alrededor de +10°C.

##### **4.1.2.2 TEMPERATURA.**

La temperatura en los hormigones livianos estructurales varía debido al calor de hidratación del cemento, debiendo tener especial atención en esto ya que al endurecerse estos se calientan más que los hormigones normales. La causa de esto es la menor capacidad calorífica de los áridos ligeros.

Debido a que los hormigones livianos estructurales contienen una mayor cantidad de cemento estos desarrollan más calor de hidratación acelerando su producción.

##### **4.1.2.3 ACELERACIÓN ARTIFICIAL DE ENDURECIMIENTO.**

A menudo los prefabricados son sometidos a un tratamiento térmico, esto con el fin de conseguir un rápido endurecimiento y una elevada resistencia inicial, permitiendo desencofrar en menor tiempo.

Con un tratamiento en cámara de vapor, la temperatura en el núcleo del hormigón aumenta más que la temperatura de la cámara debido al calor de hidratación del cemento.

Según experimentos americanos se ha comprobado que en una cámara a 40°C y con 3 horas de conservación previa, después de 8 horas de permanencia se obtuvo alrededor del 50% de la resistencia de 28 días al natural, a las 20 horas la resistencia obtenida fue de  $\frac{3}{4}$  de la de 28 días<sup>33</sup>.

El tiempo de conservación previa de 3 horas a demostrado ser el ideal con una permanencia de 8 horas dieron como resultado las resistencias iniciales más altas.

La velocidad de calentamiento más idónea es de alrededor de 20 a 25°C/hora.

Para evitar pérdidas de tiempo en la conservación previa se puede inyectar vapor en la cámara con hormigón fresco calentado hasta 80 o 90°C así el hormigón mantiene su temperatura hasta que alcanza un endurecimiento suficiente.

## **4.2 AMBIENTES PARA PROCESO DE CURADO.**

En el apartado 4.1 se han expuesto las características del hormigón liviano estructural para de esta manera conocer las distintas características que se debe tener para acelerar el proceso de curado, de este modo se abarataría costos de producción y se obtendría el mismo producto en un tiempo considerablemente corto.

Para este fin se tiene como objetivo de este capítulo diseñar un aparato capaz de lograr este proceso, la manera de realizarlo es por medio de una aceleración artificial del concreto tal como se explicó en el apartado 4.1.2.3.

Las opciones que se tienen para concretar este procedimiento es por:

- Curado en cámara de vapor.
- Curado en autoclave.

### **4.2.1 CURADO EN CÁMARA DE VAPOR.**

Como se explicó en el apartado 4.1, el aumento de temperatura del concreto aumenta su rapidez de desarrollo de resistencia, la ganancia de resistencia se puede acelerar mediante curado con vapor de agua.

---

<sup>33</sup> Weigler y Karl. Hormigones ligeros armados. Pag.86

El proceso se lo realiza un recinto (cuarto) cerrado herméticamente por todos sus lados, sometiendo al concreto a presiones normales con calor y humedad, durante este proceso se deberá garantizar que la humedad sea constante y que el riego de este sea uniforme.

#### **4.2.2 CURADO EN AUTOCLAVE.**

Este proceso difiere al de curado en cámara de vapor debido a que el hormigón es sometido a presiones superiores a la presión atmosférica, para este procedimiento también se necesita una cámara pero con la diferencia que debe ser diseñada para soportar presiones muy altas y con abastecimiento de vapor húmedo.

#### **4.3 SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS.**

La selección de la cámara ideal para realizar el curado del hormigón liviano estructural debe garantizar que este obtenga las características deseadas, de este modo tanto el curado en cámara de vapor y en autoclave garantizan estos resultados.

Por otro lado la construcción de un recinto capaz de soportar altas presiones (Autoclave) se ve limitada por el mercado nacional, esto debido a que se debería importar el recinto desde países industrializados. Todo esto sumado a la incógnita de que el proveedor cuente con un autoclave con las características necesarias para nuestro producto. La construcción de la cámara de vapor es más viable debido a que se la construirá con las características justas para nuestros productos. De acuerdo a esta comparación, la mejor opción es una cámara de vapor.

#### **4.4 CRITERIO DE DISEÑO DEL SISTEMA PARA CURADO.**

La cámara constará con un sistema semi-hermético en toda su área, este sistema sirve para aprovechar toda la energía introducida a la misma, esta será producida por una fuente de calor la cual realizará el acondicionamiento térmico.

##### **4.4.1 CONDICIONES INTERIORES DEL DISEÑO.**

Debido a las propiedades del producto, la cámara deberá garantizar ciertas características para el correcto curado de los prefabricados, dentro de estas, la

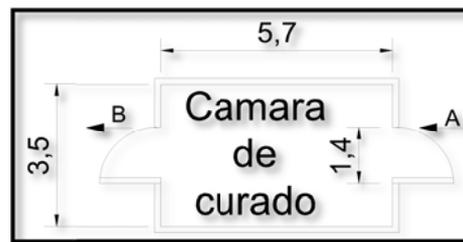
temperatura interior debe mantenerse por cualquier medio convencional a 40°C, estando la cámara dotada de evaporadores de agua o medios humidificadores que mantienen una humedad relativa entre 90 y 98%<sup>34</sup>. Los prefabricados deberán permanecer dentro de la cámara por un periodo de entre 1 a 7 días.

#### 4.4.2 CONDICIONES EXTERNAS DEL DISEÑO

Las condiciones externas para el funcionamiento de la cámara están dadas por los cambios de temperatura que se dan en la ciudad de Cuenca y los cuales se pueden observar en el ANEXO 4.1.

#### 4.4.3 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE TRABAJO.

El área de trabajo destinada para el curado de los prefabricados es de 19.95 m<sup>2</sup>.



**Figura 4.1. Vista superior de geometría interna de cámara de curado.**

Como se observa en la figura 4.1. constan las dimensiones de la cámara de curado desde una vista superior, con lados de 5.70m por 3.5m, se tienen dos puertas para acceso y salida de los prefabricados de 1,40 metros de ancho por 2,10 metros de alto para una cómoda manipulación de los prefabricados y movilidad del personal, la dirección de traslado de los prefabricados se realizará desde el punto “A” hasta el interior de la cámara y luego hasta el punto “B”. Las dimensiones de la cámara fueron concebidas simulando una producción de 5m<sup>3</sup>, para el curado de las losetas más grandes que se tienen en stock, Ver tabla 1.7 y Figura 4.1.

#### 4.4.4 REQUERIMIENTOS.

De acuerdo a lo explicado en las secciones anteriores se ha concluido que los requerimientos para la cámara de curado serán:

<sup>34</sup> Procedimiento para el fraguado y secado de piezas de cemento celular, Ferrer José.

- Geometría.
- Aislamiento térmico.
- Temperatura interior.
- Humidificación de la cámara.
- Generación de energía.

#### 4.4.4.1 GEOMETRÍA.

Las dimensiones de la cámara de curado serán de 5.7m x3.5m por 2.1m de alto en su interior, ubicada dentro de la fábrica (Ver Figura 2.1), se deberá tener en cuenta que dentro de esta se deben manipular los prefabricados de manera fácil y segura de tal manera que no se corra el riesgo de tener accidentes por falta de espacio o por choques de los prefabricados con las paredes. Los prefabricados serán colocados según se muestra en la Figura 4.1 en donde se apilarán y se realizará el curado.



Figura 4.2. Disposición de los prefabricados en la cámara.

#### 4.4.4.2 AISLAMIENTO TÉRMICO.

Se debe garantizar que no existan pérdidas de calor por sus paredes, uniones o hendiduras, además de mantener el calor constante dentro de esta. Para este fin la cámara debe ser construida con materiales los cuales proporcionen las características térmicas adecuadas, la elección de los materiales se lo hará tomando en consideración aspectos tales como tipo de material o el costo. Un material de fuerte poder aislante, influye en gran medida en los procesos no estacionarios de transmisión de calor. Una alternativa conocida en el país es la de paredes con poliestireno expandido, los cuales se ofrecen como paneles llamados ISOPANEL (Ver ANEXO 4.2), las ventajas que este producto ofrece son:

- Reduce el tamaño de las fundiciones.

- Aligera la estructura.
- Elimina el revestimiento interno.
- Reduce los costos de mano de obra.
- Reduce los costos en calefacción y enfriamiento.
- Es impermeable y a la difusión del calor.

#### **4.4.4.3 TEMPERATURA INTERIOR.**

Para este requerimiento se necesitarán aparatos los cuales proporcionen el calor necesario para mantener el calor elegido, la emisión de calor estarán basadas en los principios de convección y radiación. Para la selección de un aparato o equipo para la cámara lo más importante será conocer la potencia calorífica que se necesita.

#### **4.4.4.4 HUMIDIFICACIÓN DE LA CÁMARA.**

Según lo explicado en las secciones anteriores se necesitará inyectar vapor en el interior de esta, este requerimiento será elegido de acuerdo a las características de elementos dados en el mercado por lo que se realizará una elección de acuerdo a las propiedades requeridas.

#### **4.4.4.5 GENERACIÓN DE ENERGÍA.**

Para este fin se elegirán equipos los cuales puedan proporcionar la energía suficiente para lograr los cambios de temperatura, para la humidificación de la cámara se podrá optar por equipos como calderines, además se tiene previsto implementar un sistema auxiliar de energía solar como apoyo.

### **4.5 DISEÑO DE LA CÁMARA DE CURADO.**

Para el diseño de la cámara de curado nos basaremos en los criterios citados en la sección 4.4. Los planos finales se encuentran en el ANEXO 4.4.

#### **4.5.1 ELEMENTOS QUE CONSTITUYEN LA CÁMARA DE CURADO.**

Para que la cámara de curado cumpla con lo establecido en la sección 4.4. se determinarán los elementos ideales para dicho propósito. Teniendo entendido que la

cámara de curado es un recinto (cuarto) que estará compuesta de paredes, techo y salidas (puertas), estas deberán estar construidas de un material que garantice que el calor en el interior no se escape por transferencia de calor por lo tanto deberán ser diseñadas para tener un aislamiento térmico de acuerdo a las condiciones anteriormente explicadas.

#### **4.5.2 AISLAMIENTO TÉRMICO.**

Es el método con el cual tratamos de aislar térmicamente una superficie reduciendo la transferencia de calor hacia o desde el ambiente mediante el uso de materiales aislantes o de baja conductividad térmica.

Antes de decidir que material se va a usar para el aislamiento hay que tener en cuenta la temperatura que predomina en la zona. También hay que tener en cuenta el tamaño de la cámara.

Una vez sabido todo esto se elige el aislante, los materiales más recomendables para las paredes son: la lona plástica, el hormigón, el estuco sintético, el aislamiento de vertido y los ladrillos huecos.

#### **4.5.3 SELECCIÓN DEL MATERIAL AISLANTE.**

La conductividad térmica es bastante parecida entre los materiales aislantes, por lo que no es esta característica la principal diferencia entre ellos. La diferencia radica en sus características físico-químicas. Por lo que se deben tener en cuenta lo siguiente.

- Las contracciones y dilataciones del aislante.
- Su resistencia al fuego.
- La acción de disolventes y agentes atmosféricos.
- Las solicitaciones mecánicas.
- Máxima temperatura de empleo.

El tipo de aislante debe ser de un material que tenga la facilidad de encontrarse sin problemas en nuestro mercado, por lo que consideramos el uso del poliestireno

expandido. La presentación comercial del poliestireno expandido viene dado por el denominado Isopanel.

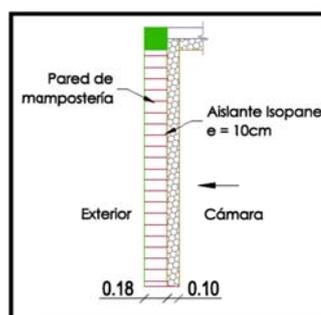
El panel estructural Isopanel es un material de construcción que combina el acero con la propiedad aislante del poliestireno en un sólo producto. El panel aislante resultante ofrece un sistema de construcción de poco peso y alta resistencia dando un aislamiento termo acústico y una construcción rápida y económica ya que:

- Reduce el tamaño de las fundiciones.
- Aligera la estructura.
- Elimina el revestimiento interno.
- Reduce los costos de mano de obra.
- Reduce los costos en calefacción y enfriamiento.

#### 4.5.4 PAREDES.

Es necesario recordar que todos los materiales incluyendo los buenos conductores, ofrecen algún tipo de resistencia a la transferencia de calor y energía, muchos de estos materiales pueden ser usados como aislantes dando buenos resultados.

Iniciaremos con la construcción de las paredes, se ha decidido realizarlas con ladrillos de 18x12x25cm, los cuales tendrán un arreglo definido en la Figura 4.3 ésta es recomendada para la construcción de ambientes climatizados<sup>35</sup>.



**Figura 4.3. Pared de cámara.**

El anclaje del Isopanel está definido de acuerdo a las especificaciones del distribuidor (Figura 4.4), el distribuidor recomienda que el anclaje se lo realice en

<sup>35</sup> Combinación por recomendación de profesionales en climatización.

estructura metálica pero por razones de diseño de ambientes climatizados este se lo hará en mampostería, el espesor del Isopanel será de 10cm.

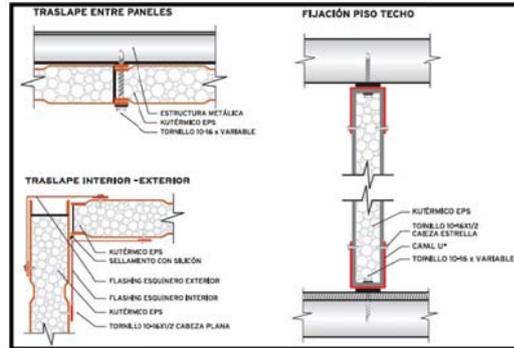


Figura 4.4. Opciones de fijación de techo según distribuidor.

#### 4.5.5 PUERTAS.

Se construirán en armazón de estructura metálica con el panel apoyado sobre este y debe garantizar que al estar cerrada permita la impermeabilidad necesaria. Los perfiles seleccionados son tubos cuadrados de 2" los cuales tendrán una disposición de acuerdo a la Figura 4.5

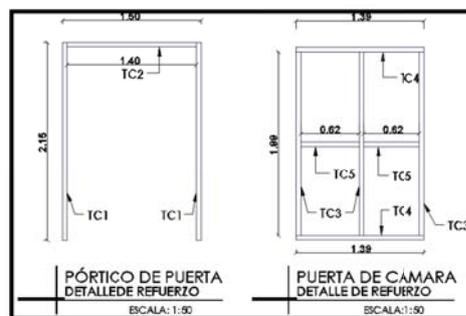
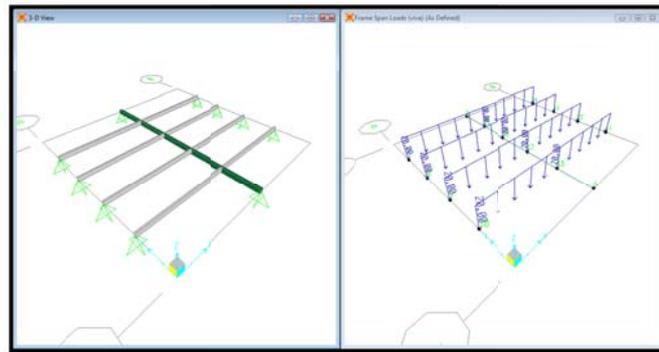


Figura 4.5. Puertas para ingreso de cámara.

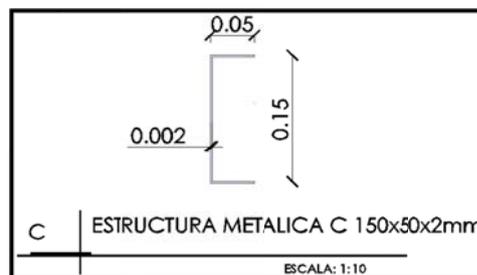
#### 4.5.6 TECHO.

El techo será ensamblado con paneles Isopanel de acuerdo a las especificaciones dadas por el distribuidor (Ver ANEXO 4.2.), para esto es necesario elaborar una cubierta metálica, en donde se fijarán y apoyarán los paneles. La cubierta estará constituida por estructura metálica de acero estructural A36, la cual estará dispuesta según el modelo de la Figura 4.6, con correas tipo C de 150x50x2mm. El modelo se analizará en el programa SAP 2000, el diseño soportará las máximas cargas que se produzcan por el peso de isopanel y las instalaciones que en ella se colocarán.



**Figura 4.6. Modelo de cubierta de cámara.**

La cubierta estará formada por una viga principal y cuatro vigas secundarias, la viga principal formará una caja metálica formada por dos estructuras “Tipo C”,(Ver Figura 4.7). En la figura 4.4 se observa que las cargas de los paneles no afectan a la viga principal, esto se da debido a que el modelo empleado está concebido de tal manera que las cargas se distribuyan sobre las vigas secundarias teniendo así un ahorro en material al evitar colocar estructuras metálicas en el sentido de la viga principal.



**Figura 4.7. Estructura metálica Tipo C 150x50x2mm.**

Las cargas a soportar de acuerdo de acuerdo al distribuidor (Ver ANEXO 4.2), y una longitud colaborante de 1,2m es de 20 kg/m, de acuerdo al CIMEPI<sup>36</sup> la deflexión máxima para nuestros elementos es de:

$$\frac{L}{180} \text{ Por lo tanto:}$$

$$\frac{5,69m}{180} = 0,036m = 3,6cm$$

Y de acuerdo al modelo virtual la deflexión máxima es de 2,1mm (Figura 4.8). Por lo tanto la cubierta es la ideal.

<sup>36</sup> Colegio de Ingenieros Mecánicos de Pichincha

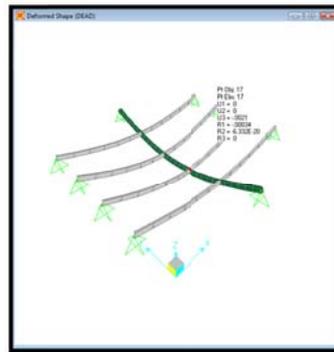


Figura 4.8. Deflexión máxima de cubierta.

#### 4.5.7 PISO.

La base de la cámara será de concreto en su mayoría con una altura que evite las filtraciones de agua y humedad gracias a la intervención del aislante. Ésta base también tendrá aislamiento para lo cual se colocarán planchas de isopanel. El tratamiento del piso es un factor muy importante para que el sistema no pierda calor, por esta razón se debe realizar un tratamiento especial a la base como se observa en la figura 4.9.

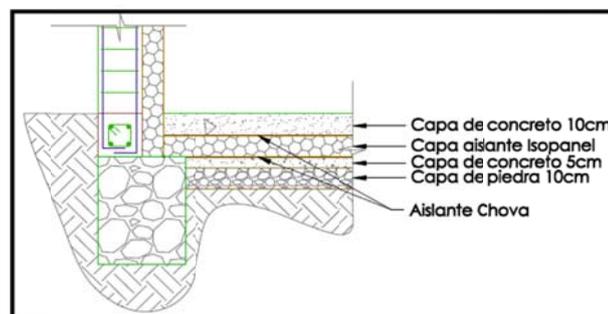


Figura 4.9. Aislamiento de suelo

Se considera una práctica eficiente instalar un tope adyacente a las paredes, como se puede observar en la Figura 4.9. Este elemento, que debe ser esencial, cumple dos importantes propósitos; primero protege a las paredes de la estructura de ser averiada por los movimientos del producto cargado en los contenedores y segundo, asegura la correcta ventilación e impide que el producto se moje, debido a la humedad de las paredes. Al aplicar este tipo de tratamiento al suelo de la cámara nos aseguramos que la cantidad de calor que se filtre será insignificante que prácticamente es considerada despreciable; por tanto, es la mejor alternativa en cuanto a diseño se trate.

#### 4.5.8 IDEALIZACIÓN DEL MODELO DE LA CÁMARA DE CURADO.

El modelo estructural de la cámara de curado se lo ha concebido con un sistema de vigas y columnas, las vigas servirán de amarre entre columnas en la parte superior, todo el conjunto se lo construirá con armaduras prefabricadas de 10x10cm (Ver ANEXO 4.3), la cimentación estará formada por un sistema de vigas con armaduras prefabricadas apoyadas sobre muros de hormigón ciclópeo en toda su longitud, este modelo esta detallado en la Figura 4.10 y en los planos de la cámara de curado. La cámara será una habitación cerrada con dos puertas para ingreso y salida de material.

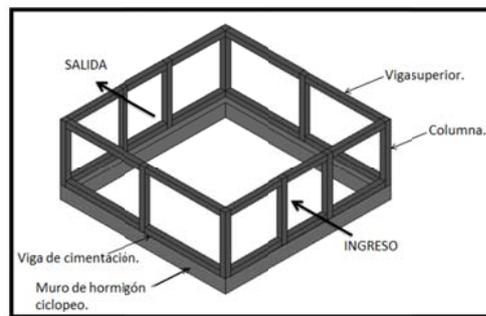


Figura 4.10. Modelo de armadura de la cámara de curado

Los planos de la cámara de curado se muestran en el Anexo 4.4.

#### 4.6 CÁLCULO DE CARGAS TÉRMICAS.

Se tendrán en cuenta las siguientes variables para el cálculo:

- Transmisión de calor a través del piso.
- Transmisión de calor a través de paredes y techo.
- Infiltración de calor por cambios de aire
- Calor que cede el producto.
- Calor de Respiración del producto.
- Ganancia térmica de fuentes internas

##### 4.6.1 CALOR GENERADO.

Dicha pérdida se la cuantifica tomando en cuenta que existe convección y conducción de calor del ambiente a las paredes de la estructura (pared-panel de poliuretano) y al interior de la cámara de curado.

$$Q = \frac{\Delta T}{R_T}$$

Donde:

- Q Cantidad de calor transferido en Btu/h
- $\Delta T$  Diferencia de temperatura a través de la pared
- $R_T$  Resistencia total de transmisión de calor hr.F/BTU

La ecuación anterior se basa en analogías eléctricas que nos permiten simplificar el cálculo de transferencia de calor a través de las paredes.

$$Q_1 = m \times C_p \times \Delta T$$

- Q = Cantidad de energía a extraerse del hormigón (KJ)
- m = Masa para la cámara (Kg.)
- $C_p$  = Calor específico del hormigón (KJ/kg °C)
- $T_e$  = Temperatura exterior del cuarto (°C)
- $T_i$  = Temperatura interior del cuarto (°C)

$$C_p = 0.88 \text{KJ/kg} \cdot ^\circ \text{C}^{37}$$

La masa del hormigón es de  $5\text{m}^3$ .

$$m = V \times \gamma$$

$$m = 5\text{m}^3 \times 1270 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$m = 6350\text{kg}$$

$$Q_1 = m \times C_p \times \Delta T$$

$$Q_{gen} = 6350\text{kg} \times 0.88 \frac{\text{KJ}}{\text{kg} \cdot ^\circ \text{C}} \times (40^\circ \text{C} - 15^\circ \text{C})$$

$$Q_{gen} = 139700\text{KJ}$$

<sup>37</sup>Transferencia de calor, J.P Holman Tabla A3, Pág 440.

El tiempo proyectado para que la cámara consiga los 40 °C. es de 2 horas, según las recomendaciones para el curado del hormigón. Con este estimado tenemos que en una hora se necesita:  $Q_{gen} = 69850KJ$

#### 4.6.2 CALOR PERDIDO

La determinación del calor perdido en las paredes se basaran de acuerdo a la Figura 4.11 en donde el calor se desplazara desde el interior de la cámara hacia el exterior cumpliendo con el principio termodinámico en el cual la transferencia de calor se desplaza desde un ambiente caliente a un ambiente frío.



Figura 4.11. Pared de Cámara

##### 4.6.2.1 CALOR PERDIDO EN LAS PAREDES.

$$Q = \frac{(T_i - T_e)}{\left(\frac{1}{h_e \cdot A}\right) + \left(\frac{\Delta_{xA}}{k_A \cdot A} + \frac{\Delta_{xB}}{k_B \cdot A}\right) + \left(\frac{1}{h_i \cdot A}\right)}$$

$h_e$  = Coeficiente de transferencia de calor con convección desde el ambiente hacia la superficie exterior de la pared de plástico ( $W/m^2 \text{ } ^\circ C$ )

$A$  = Área de las paredes ( $m^2$ )

$k_A$  = Coeficiente de conductividad térmica del isopanel ( $W/m \text{ } ^\circ C$ )

$\Delta_x$  = Espesor de la pared (m)

$h_i$  = Coeficiente de transferencia de calor con convección desde la cámara hacia la superficie interior de la pared del isopanel. ( $W/m^2 \text{ } ^\circ C$ )

Entonces para las 4 paredes se calcula:

**Coefficiente de convección externa para la pared de 6.3m.** Se considerará convección natural.

$$T_f = \frac{(T_e + T_i)}{2}$$

$$T_f = \frac{(15^\circ\text{C} + 40^\circ\text{C})}{2}$$

$$T_f = 27.5^\circ\text{C}$$

**Numero de Grashof.**

$$Gr = \frac{g \cdot \beta(T_i - T_e)}{\nu^2}$$

Propiedades del aire a 27.5°C.

$$\beta = \frac{1}{T_f}$$

$$\beta = \frac{1}{27.5^\circ\text{C}}$$

$$\beta = 3.63 \times 10^{-2} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$$

$\beta$  = Coeficiente de expansión  $3.63 \times 10^{-2} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$

$\nu$  = Viscosidad cinemática  $15.69 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$

$k$  = Coeficiente de conductividad térmica  $0.02624 \text{ W/m}\cdot^\circ\text{C}$

$Pr$  = Número de Prandtl  $0.708$

$L$  = Longitud de la pared (2 paredes de 6.3m y 2 de 4.10)

$g$  = Gravedad  $9.81 \text{ m/s}^2$

$$Gr = \frac{g \cdot \beta(T_i - T_e) \cdot L^3}{\nu^2}$$

$$Gr = \frac{9.81 \text{ m/s}^2 \cdot 3.63 \times 10^{-2} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1} (40^\circ\text{C} - 15^\circ\text{C}) \cdot (6.3\text{m})^3}{\left(15.69 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}\right)^2}$$

$$Gr = 9.05 \times 10^{12}$$

**Numero de Nusselt.**

$$N_u = c \cdot (G_r \cdot Pr)^m \rightarrow \text{si } 10^5 < Gr < 10^{11}$$

Con estas condiciones dadas en la ecuación 7.31 del libro de Holman Pg 258, los valores de “c” y “m” son:

$$c = 0.6 \quad y \quad m = 1/5$$

$$N_u = 0.6 \cdot (9.05 \times 10^{12} \cdot 0.708)^{1/5}$$

$$N_u = 218.55$$

Por lo tanto el coeficiente de convección es:

$$h_e = \frac{N_u \cdot k}{L}$$

$$h_e = \frac{218.55 \times 0.02624 \text{ W/m} \cdot ^\circ\text{C}}{6.3\text{m}}$$

$$h_e = 0.909 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$$

**Coeficiente de convección externa para la pared de 4.1m.** Se considerará convección natural.

$$T_f = \frac{(T_e + T_i)}{2}$$

$$T_f = \frac{(15^\circ\text{C} + 40^\circ\text{C})}{2}$$

$$T_f = 27.5^\circ\text{C}$$

**Numero de Grashof.**

$$Gr = \frac{g \cdot \beta (T_i - T_e)}{\nu^2}$$

Propiedades del aire a 27.5°C.

$$\beta = \frac{1}{T_f}$$

$$\beta = \frac{1}{27.5^\circ\text{C}}$$

$$\beta = 3.63 \times 10^{-2} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$$

$\beta$  = Coeficiente de expansión  $3.63 \times 10^{-2} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$

$\nu$  = Viscosidad cinemática  $15.69 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$

$k$  = Coeficiente de conductividad térmica  $0.02624 \text{ W/m}\cdot^\circ\text{C}$

$Pr$  = Número de Prandtl  $0.708$

$L$  = Longitud de la pared (2 paredes de 6.3m y 2 de 4.10)

$g$  = Gravedad  $9.81 \text{ m/s}^2$

$$Gr = \frac{g \cdot \beta (T_i - T_e) \cdot L^3}{\nu^2}$$

$$Gr = \frac{9.81 \text{ m/s}^2 \cdot 3.63 \times 10^{-2} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1} (40^\circ\text{C} - 15^\circ\text{C}) \cdot (4.1\text{m})^3}{\left(15.69 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}\right)^2}$$

$$Gr = 2.49 \times 10^{12}$$

**Numero de Nusselt.**

$$N_u = c \cdot (Gr \cdot Pr)^m \rightarrow \text{si } 10^5 < Gr < 10^{11}$$

Con estas condiciones dadas en la ecuación 7.31 del libro de Holman Pg 258, los valores de “c” y “m” son:

$$c = 0.6 \quad y \quad m = 1/5$$

$$N_u = 0.6 \cdot (2.49 \times 10^{12} \cdot 0.708)^{1/5}$$

$$Nu_u = 168.84$$

Por lo tanto el coeficiente de convección es:

$$h_e = \frac{Nu_u \cdot k}{L}$$

$$h_e = \frac{168.84 \times 0.02624 \text{ W/m} \cdot ^\circ\text{C}}{4.1\text{m}}$$

$$h_e = 1.0805 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$$

**Coeficiente de convección interna para la pared de 6.3m** Se considerará convección natural.

$$T_f = \frac{(T_e + T_i)}{2}$$

$$T_f = \frac{(40^\circ\text{C} + 90.48^\circ\text{C})}{2}$$

$$T_f = 65.24^\circ\text{C}$$

**Numero de Grashof.**

$$Gr = \frac{g \cdot \beta (T_i - T_e)}{\nu^2}$$

Propiedades del aire a 65.24°C.

$$\beta = \frac{1}{T_f}$$

$$\beta = \frac{1}{65.24^\circ\text{C}}$$

$$\beta = 1.53 \times 10^{-2} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$$

$\beta$  = Coeficiente de expansión  $1.53 \times 10^{-2} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$

$\nu$  = Viscosidad cinemática  $19.54 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$

$k$  = Coeficiente de conductividad térmica  $0.02912 \text{ W/m} \cdot ^\circ\text{C}$

$Pr$  = Número de Prandtl 0.699

$L$  = Longitud de la pared (2 paredes de 6.3m)

$g$  = Gravedad  $9.81\text{m/s}^2$

$$Gr = \frac{g \cdot \beta(T_i - T_e) \cdot L^3}{\nu^2}$$

$$Gr = \frac{9.81 \text{ m/s}^2 \cdot 1.53 \times 10^{-2} \text{ }^\circ\text{C}^{-1} (90.48^\circ\text{C} - 40^\circ\text{C}) \cdot (6.3\text{m})^3}{\left(19.54 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}\right)^2}$$

$$Gr = 4.96 \times 10^{12}$$

**Numero de Nusselt.**

$$N_u = c \cdot (G_r \cdot Pr)^m \rightarrow \text{si } 10^5 < Gr < 10^{11}$$

Con estas condiciones dadas en la ecuación 7.31 del libro de Holman. Pg. 258, los valores de “c” y “m” son:

$$c = 0.6 \quad y \quad m = 1/5$$

$$N_u = 0.6 \cdot (4.96 \times 10^{12} \cdot 0.699)^{1/5}$$

$$N_u = 193.27$$

Por lo tanto el coeficiente de convección es:

$$h_i = \frac{N_u \cdot k}{L}$$

$$h_i = \frac{193.27 \times 0.02912 \text{ W/m} \cdot ^\circ\text{C}}{6.3\text{m}}$$

$$h_i = 0.8933 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$$

**Coeficiente de convección interna para la pared de 4.1m** Se considerará convección natural.

$$T_f = \frac{(T_e + T_i)}{2}$$

$$T_f = \frac{(40^\circ\text{C} + 90.48^\circ\text{C})}{2}$$

$$T_f = 65.24^\circ\text{C}$$

**Numero de Grashof.**

$$Gr = \frac{g \cdot \beta(T_i - T_e)}{g^2}$$

Propiedades del aire a 65.24°C.

$$\beta = \frac{1}{T_f}$$

$$\beta = \frac{1}{65.24^\circ\text{C}}$$

$$\beta = 1.53 \times 10^{-2} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$$

$\beta$  = Coeficiente de expansión  $1.53 \times 10^{-2} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$

$\nu$  = Viscosidad cinemática  $19.54 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$

$k$  = Coeficiente de conductividad térmica  $0.02912 \text{ W/m}\cdot^\circ\text{C}$

$Pr$  = Número de Prandtl 0.699

$L$  = Longitud de la pared (2 paredes de 4.1m)

$g$  = Gravedad  $9.81 \text{ m/s}^2$

$$Gr = \frac{g \cdot \beta(T_i - T_e) \cdot L^3}{g^2}$$

$$Gr = \frac{9.81 \text{ m/s}^2 \cdot 1.53 \times 10^{-2} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1} (90.48^\circ\text{C} - 40^\circ\text{C}) \cdot (4.1 \text{ m})^3}{\left(19.54 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}\right)^2}$$

$$Gr = 1.36 \times 10^{12}$$

**Numero de Nusselt.**

$$N_u = c \cdot (G_r \cdot Pr)^m \rightarrow \text{si } 10^5 < Gr < 10^{11}$$

Con estas condiciones dadas en la ecuación 7.31 del libro de Holman Pg. 258, los valores de “c” y “m” son:

$$c = 0.6 \quad y \quad m = 1/5$$

$$Nu = 0.6 \cdot (1.36 \times 10^{12} \cdot 0.699)^{1/5}$$

$$Nu = 149.36$$

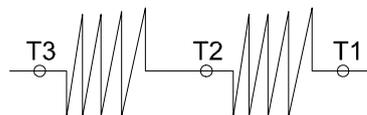
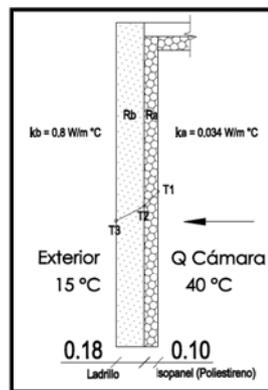
Por lo tanto el coeficiente de convección es:

$$h_i = \frac{Nu \cdot k}{L}$$

$$h_i = \frac{149.36 \times 0.02912 \text{ W/m} \cdot \text{°C}}{4.1 \text{ m}}$$

$$h_i = 1.0608 \text{ W/m}^2 \cdot \text{°C}$$

Calculados los coeficientes de calor para la cámara se procede a calcular las pérdidas de calor.



$$Q = \frac{(T_i - T_e)}{\left(\frac{1}{h_e \cdot A}\right) + \left(\frac{\Delta_{xA}}{k_A \cdot A} + \frac{\Delta_{xB}}{k_B \cdot A}\right) + \left(\frac{1}{h_i \cdot A}\right)}$$

El área de las paredes es:

Pared de 6.3m

$$A = 6.3m \times 2.35m$$

$$A = 14.805m^2$$

Pared de 4.1m

A este valor se le resta el valor del área de las puertas, las pérdidas para las puertas se calcularán más adelante.

$$A = (4.1m \times 2.35m) - 3.22m^2$$

$$A = 6.41m^2$$

La conductividad térmica del poliestireno expandido es de:

$$k_A = 0.034 \text{ W/m} \cdot \text{°C}$$

La conductividad térmica del ladrillo es de:

$$k_B = 0.8 \text{ W/m} \cdot \text{°C}$$

Por lo tanto:

Para la pared de 6.3m

$$Q = \frac{(40^\circ\text{C} - 15^\circ\text{C})}{\left(\frac{1}{0.9102 \text{ W/m}^2 \cdot \text{°C} \cdot 14.805m^2}\right) + \left(\frac{0.1m}{0.034 \text{ W/m}^2 \cdot \text{°C} \cdot 14.805m^2} + \frac{0.18m}{0.8 \text{ W/m}^2 \cdot \text{°C} \cdot 14.805m^2}\right) + \left(\frac{1}{0.8933 \text{ W/m}^2 \cdot \text{°C} \cdot 14.805m^2}\right)}$$

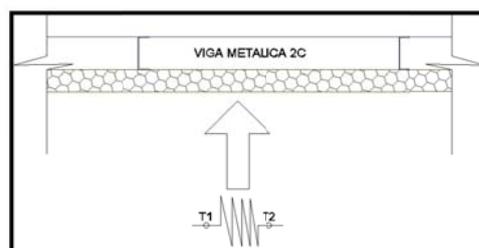
$$Q_1 = 68.74KJ$$

Para la pared de 4.1m

$$Q = \frac{(40^\circ\text{C} - 15^\circ\text{C})}{\left(\frac{1}{1.0805 \text{ W/m}^2 \cdot \text{°C} \cdot 6.41m^2}\right) + \left(\frac{0.1m}{0.034 \text{ W/m}^2 \cdot \text{°C} \cdot 6.41m^2} + \frac{0.18m}{0.8 \text{ W/m}^2 \cdot \text{°C} \cdot 6.41m^2}\right) + \left(\frac{1}{1.0608 \text{ W/m}^2 \cdot \text{°C} \cdot 6.41m^2}\right)}$$

$$Q_1 = 31.86KJ$$

#### 4.6.2.2 CALOR PERDIDO POR EL TECHO.



$$Q_2 = \frac{(T_i - T_e)}{\left(\frac{1}{h_e \cdot A}\right) + \left(\frac{\Delta_{xA}}{k_A \cdot A}\right) + \left(\frac{1}{h_i \cdot A}\right)}$$

El área del techo es:

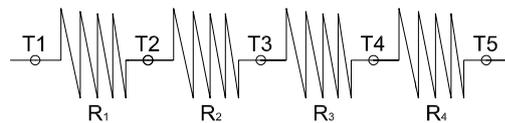
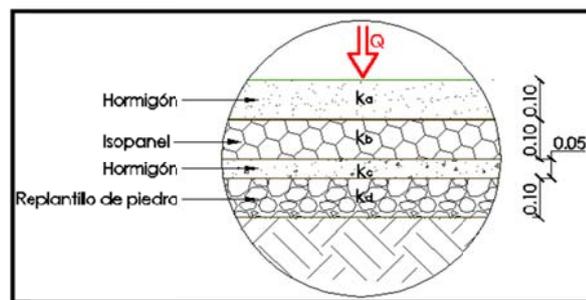
$$A = 5.7m \times 3.5m$$

$$A = 19.95m^2$$

$$Q_2 = \frac{(40^\circ C - 15^\circ C)}{\left(\frac{1}{0.9102 W/m^2 \cdot ^\circ C \cdot 19.95m^2}\right) + \left(\frac{0.1m}{0.034 W/m^2 \cdot ^\circ C \cdot 19.95m^2}\right) + \left(\frac{1}{0.8933 W/m^2 \cdot ^\circ C \cdot 19.95m^2}\right)}$$

$$Q_2 = 96.67KJ$$

#### 4.6.2.3 CALOR PERDIDO POR EL SUELO.



$$Q_2 = \frac{(T_i - T_e)}{\left(\frac{1}{h_e \cdot A}\right) + \left(\frac{\Delta_{xA}}{k_A \cdot A}\right) + \left(\frac{1}{h_i \cdot A}\right)}$$

En el caso de los valores  $h_e$  y  $h_i$ ,  $h_i$  será de  $0.9102 W/m^2 \cdot ^\circ C$ , por tener iguales condiciones que en las paredes y el techo. La temperatura del suelo será de  $10^\circ C$  y el valor para  $h_e$ , se calcula:

**Coefficiente de convección externa para el suelo.** Se considerará convección natural.

$$T_f = \frac{(T_e + T_i)}{2}$$

$$T_f = \frac{(10^\circ\text{C} + 40^\circ\text{C})}{2}$$

$$T_f = 25^\circ\text{C}$$

**Numero de Grashof.**

$$Gr = \frac{g \cdot \beta(T_i - T_e)}{\nu^2}$$

Propiedades del aire a 25°C.

$$\beta = \frac{1}{T_f}$$

$$\beta = \frac{1}{25^\circ\text{C}}$$

$$\beta = 4 \times 10^{-2} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$$

$\beta$  = Coeficiente de expansión  $4 \times 10^{-2} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$

$\nu$  = Viscosidad cinemática  $15.52 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$

$k$  = Coeficiente de conductividad térmica  $0.02608 \text{ W/m.}^\circ\text{C}$

$Pr$  = Número de Prandtl  $0.7082$

$L$  = Longitud del suelo ( $5.7\text{m}$ )

$g$  = Gravedad  $9.81\text{m/s}^2$

$$Gr = \frac{g \cdot \beta(T_i - T_e) \cdot L^3}{\nu^2}$$

$$Gr = \frac{9.81 \text{ m/s}^2 \cdot 4 \times 10^{-2} \text{ }^\circ\text{C}^{-1} (40^\circ\text{C} - 10^\circ\text{C}) \cdot (5.7\text{m})^3}{\left(15.52 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}\right)^2}$$

$$Gr = 9.05 \times 10^{12}$$

**Numero de Nusselt.**

$$N_u = c \cdot (G_r \cdot Pr)^m \rightarrow \text{si } 10^5 < Gr < 10^{11}$$

Con estas condiciones dadas en la ecuación 7.31 del libro de Holman Pg. 258, los valores de “c” y “m” son:

$$c = 0.6 \quad y \quad m = 1/5$$

$$N_u = 0.6 \cdot (9.05 \times 10^{12} \cdot 0.708)^{1/5}$$

$$N_u = 218.52$$

Por lo tanto el coeficiente de convección es:

$$h_e = \frac{N_u \cdot k}{L}$$

$$h_e = \frac{218.52 \times 0.02608 \text{ W/m} \cdot \text{°C}}{5.7\text{m}}$$

$$h_e = 0.9998 \text{ W/m}^2 \cdot \text{°C}$$

Los valores para “k” de los materiales son:

$$k_{\text{hormigón}}: 1.4 \text{ W/m} \cdot \text{°C}$$

$$k_{\text{relleno}}: 2 \text{ W/m} \cdot \text{°C}$$

El área del piso es:

$$A = 5.7\text{m} \times 3.5\text{m}$$

$$A = 19.95\text{m}^2$$

$$Q_3 = \frac{(40\text{°C} - 10\text{°C})}{\left(\frac{1}{0.9998 \cdot 19.95}\right) + \left(\frac{0.1}{1.4 \cdot 19.95} + \frac{0.1}{0.034 \cdot 19.95} + \frac{0.05}{1.4 \cdot 19.95} + \frac{0.1}{2 \cdot 19.95}\right) + \left(\frac{1}{0.8933 \cdot 19.95}\right)}$$

$$Q_3 = 114.7\text{KJ}$$

#### 4.6.2.4 CALOR PERDIDO POR LA PUERTA.

$$Q_4 = V \cdot \rho_{\text{aire}} \cdot C_{p_{\text{aire}}} \cdot (T_i - T_e)$$

- V = Caudal del aire infiltrado (m<sup>3</sup>/h)
- P<sub>aire</sub> = Densidad del aire a temperatura ambiente (1.1774 Kg./m<sup>3</sup>)
- C<sub>p aire</sub> = Calor específico del aire a temperatura ambiente (1.0057 KJ/kg.°C)

El caudal de aire infiltrado se puede calcular con relaciones empíricas como la que formula Martín Llorens <sup>38</sup> de acuerdo al tipo de construcción y las características de la edificación.

$$V = f_i \cdot L_i \cdot R \cdot H$$

- $f$  = Coeficiente de infiltración ( $m^3/h \cdot m$ )
- $L_i$  = Perímetro de las puertas, ventanas, etc. (m)
- $R$  = Coeficiente en función del cociente del área entre puertas o ventanas sometidas al viento y el área entre puertas o ventanas interiores de la cámara.
- $H$  = Coeficiente de acuerdo a características de la cámara

El coeficiente de infiltración es de  $1.5 m^3/h \cdot m$  <sup>39</sup>. La puerta de ingreso es de 1.99m x 1.39m.

$R$  es 0.9. Para  $H$  determinados el tipo de edificio B para una sola planta y una situación II de un edificio separado de otras construcciones con viento normal<sup>40</sup>  $H$  es igual a 1.94.

El caudal de aire infiltrado a temperatura ambiente y presión atmosférica es:

$$V = 1.5 m^3/h \cdot m \cdot (1.39m + 1.99m) \cdot 0.9 \cdot 1.94$$

$$V = 8.85 m^3/h$$

Entonces:

$$Q_4 = 8.85 m^3/h \cdot 1.1774 kg/m^3 \cdot 1.0057 KJ/kg \cdot ^\circ C \cdot (40^\circ C - 15^\circ C)$$

$$Q_4 = 261.98 KJ$$

#### 4.6.3 CALOR APORTADO

##### 4.6.3.1 CALOR APORTADO POR LAS PERSONAS.

$$Q_5 = \# \text{ personas} \cdot Q_{\text{personas}}$$

<sup>38</sup> Martín Llorens Enciclopedia de la climatización

<sup>39</sup> Martín Llorens Enciclopedia de la climatización

<sup>40</sup> Anexo 4 Tabla 15 pag. 78 Martín Llorens Enciclopedia de la climatización

$$Q_5 = 6 \cdot 290 \text{ W/h}$$

$$Q_5 = 1740 \text{ W/h}$$

$$Q_5 = 6264 \text{ KJ}$$

#### 4.6.3.2 CALOR APORTADO POR LA ILUMINACIÓN.

$$Q_6 = \# \text{ lámparas} \cdot Q_{\text{lámparas}}$$

$$Q_6 = 4 \cdot 40 \text{ W}$$

$$Q_6 = 160 \text{ W}$$

$$Q_6 = 576 \text{ KJ}$$

#### 4.6.4 POTENCIA CALORIFICA TOTAL.

$$Q_T = Q_{gen} + Q_{perd} - Q_{apor}$$

$$Q_T = Q_{gen} + Q_{pared} + Q_{techo} + Q_{suelo} - Q_{personas} - Q_{lamp}$$

$$Q_T = 69850 \text{ KJ} + (68.78 \text{ KJ} \cdot 2) + (31.86 \text{ KJ} \cdot 2) + 96.67 \text{ KJ} + 114.7 \text{ KJ} + 523.96 - 6264 \text{ KJ} - 576 \text{ KJ}$$

$$Q_T = 63956.53 \text{ KJ}$$

El flujo másico de agua a desplazarse para obtener un  $\Delta T = 40^\circ \text{ C}$  es:

$$\dot{Q} = \dot{m} \cdot C_p \cdot \Delta T$$

$$\dot{m} = \frac{\dot{Q}}{C_p \cdot \Delta T}$$

$$\dot{m} = \frac{63956.53 \text{ KJ}}{4.174 \text{ KJ/kg} \cdot ^\circ\text{C} \cdot 40^\circ\text{C}}$$

$$\dot{m} = 383.06 \text{ Kg/h}$$

$$\dot{m} = 0.106 \text{ Kg/s}$$

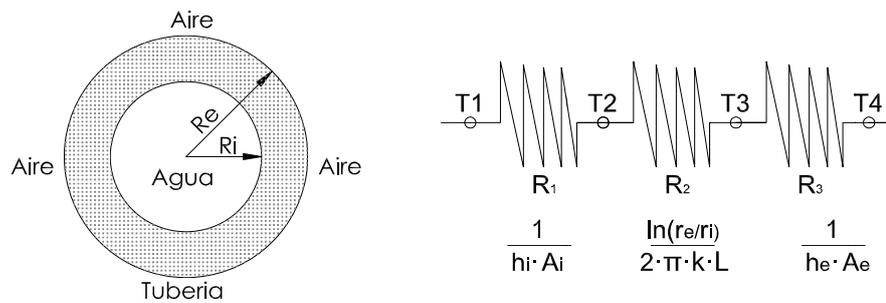
#### 4.6.5 DISEÑO DE LOS RADIADORES

$$P = U \cdot S \cdot \Delta T_{ml}$$

P = Potencia Calorífica

U = Coeficiente global de transferencia de calor

$\Delta T_{ml}$  = Diferencia de temperatura media logarítmica



### Cálculo del Coeficiente Global de Transferencia de Calor.

El material elegido para la tubería es el cobre debido a sus grandes propiedades de conducción térmica. La temperatura del agua que recorrerá por los radiadores será de 90°C y saldrá a 50°C, estos valores son tentativos para que la diferencia de estos resulte igual a la temperatura del aire en la cámara (40°C).

$$U = \frac{1}{A_e \cdot (R_i + R_a + R_e)}$$

Propiedades del agua a 90° C

- $C_p = 4.204 \text{ KJ/Kg} \cdot ^\circ\text{C}$
- $\gamma = 963.2 \text{ Kg/m}^3$
- $\mu = 3.06 \times 10^{-4} \text{ Kg/m} \cdot \text{s}$
- $k = 0.678 \text{ W/m} \cdot ^\circ\text{C}$
- $Pr = 1.90$
- $m = 0.1276 \text{ Kg/s}^{41}$

Número de Reynolds

$$R_e = \frac{\gamma \cdot v \cdot d}{\mu}$$

<sup>41</sup> Ver Pág. 139

Según Archibald Joseph Macintyre “INSTALACIONES HIDRAULICAS” La velocidad del flujo máxima para agua caliente es:

$$v = 14\sqrt{d}$$

Determinamos Nusselt para un flujo turbulento:

$$Nu = 0.023 \cdot Re^{0.8} \cdot Pr^{0.4}$$

Convección natural en el interior de la tubería:

$$h_i = Nu \cdot \frac{k}{d}$$

Resistencia térmica en el interior es:

$$R_i = \frac{1}{h_i \cdot A_i}$$

La resistencia térmica del cobre es:

$$R_a = \frac{\ln(r_e/r_i)}{2 \cdot \pi \cdot k}$$

La convección natural en el exterior para flujo laminar

$$h_e = 1.32 \cdot \left( \frac{t_e - t_\infty}{d} \right)^{(1/4)}$$

$$\frac{t_{H2O} - t_i}{R_i} = \frac{t_i - t_e}{R_a} = \frac{t_e - t_\infty}{R_e}$$

$t_e$  = Temperatura desconocida de la superficie exterior de la tubería.

$t_i$  = Temperatura interior de la tubería.

$T_{H2O}$  = Temperatura del agua.

$$\frac{t_{H2O} - t_i}{R_i} = \frac{t_i - t_e}{R_a} = \frac{t_e - t_\infty}{R_e}$$

Combinamos las ecuaciones de la resistencia térmica del cobre y convección natural

$$\frac{t_i - t_e}{R_e} = 2\pi \cdot r_e \cdot \frac{1.32}{d^{1/4}} \cdot (t_e - t_\infty)^{5/4}$$

Esta relación se introduce en el balance de energía para tener dos ecuaciones con dos incógnitas:

$$\frac{t_{H2O} - t_i}{R_i} = \frac{t_i - t_e}{R_a}$$

$$\frac{t_i - t_e}{R_e} = 2\pi \cdot r_e \cdot \frac{1.32}{d^{1/4}} \cdot (t_e - t_\infty)^{5/4}$$

Este es un sistema no lineal que se resuelve por iteración, con lo que encontramos valores para  $t_e$  y  $t_i$ . Con estos resultados calculamos la convección natural para el exterior del tubo

$$h_e = 1.32 \cdot \left(\frac{t_e - t_\infty}{d}\right)^{(1/4)}$$

Y la resistencia térmica exterior

$$R_e = \frac{1}{h_e \cdot A_e}$$

Estos valores son remplazados para encontrar el coeficiente global de transferencia de calor basado en el área exterior  $U = W/m^2 \cdot ^\circ C$

La potencia calorífica necesaria es de 76751.904KJ, o 21322,75W. La diferencia media logarítmica de temperatura es:

$$\Delta T_{ml} = \frac{(t_e - t_s)}{\ln\left(\frac{t_e \cdot t_a}{t_s \cdot t_a}\right)}$$

$$t_s = 50^\circ C$$

$$t_a = 15^\circ C$$

$$t_e = 90^\circ C$$

$$t_m = 40^\circ C$$

Por lo que  $\Delta T_{ml} = 52.48^\circ C$ . Con esto encontramos el área total de intercambio de calor:

$$A_{total} = \frac{P}{U \cdot \Delta T_{ml}}$$

La altura elegida para los tubos es de  $l = 1.5\text{m}$ :

$$A_1 = \pi \cdot d \cdot l_1$$

El número de tubos es igual a

$$\#tubos = \frac{A_{total}}{A_1}$$

El número de tubos resultante se dividirá para las 4 paredes. A continuación se detallan los cálculos realizados en Hoja electrónica de Excel (Ver análisis completo ANEXO 4.5).

**Tabla 4.1. Elección de tubos radiadores.**

Diámetro Exterior	U (W/área* °C)	AREA DE INTERCAMBIO DE CALOR	Área 1 tubo	Poder calorífico 1 tubo	Número de tubos
1/8"	16,638	20,345	0,015	13,064	1360
1/4"	14,122	23,969	0,030	22,179	801
5/16"	13,361	25,335	0,037	26,228	677
3/8"	12,782	26,483	0,045	30,110	590
1/2"	11,915	28,410	0,060	37,424	475
5/8"	11,265	30,049	0,075	44,227	402
3/4"	10,738	31,524	0,090	50,590	351
7/8"	10,329	32,773	0,105	56,772	313
<b>1"</b>	<b>9,987</b>	<b>33,893</b>	<b>0,120</b>	<b>62,738</b>	<b>220</b>
1 1/2"	9,005	37,590	0,180	84,852	209
2"	8,363	40,475	0,239	105,072	169

\*Velocidad del flujo máxima de acuerdo a Archibald Macintyre "INSTALACIONES HIDRAULICAS"

Se seleccionó una tubería de cobre de diámetro 1'' tipo K, para 2 radiadores de 110 tubos cada uno y de 1.5 m. de altura.

#### 4.7 DISEÑO DEL SISTEMA TÉRMICO DE LA CÁMARA.

##### 4.7.1 CÁLCULO DE POTENCIA NECESARIA:

Requerimientos:

Presión de trabajo: 70 PSI

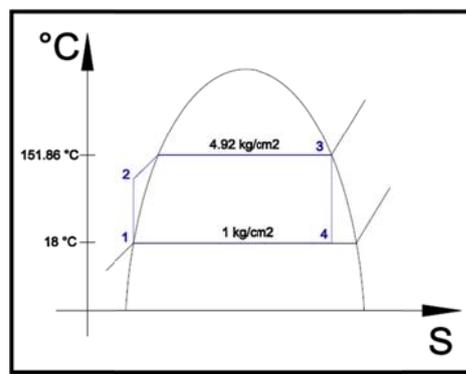
Presión de ingreso: 1 atm = 14.69PSI

Caudal másico: 0.10 Kg/s = 383.06 Kg/h

Temperatura de ingreso del agua: 18°C.

$$P = \left( \frac{\dot{m}(h_{salida} - h_{entrada})}{15.44 \times (h_{fg}@0^{\circ}C)} \right)$$

Para encontrar la potencia del caldero realizaremos el ciclo termodinámico:



Propiedades termodinámicas en el punto 1:

$$P = 1 \text{ kg/cm}^2.$$

$$T = 90^{\circ}C.$$

$$Cp_{\text{agua}} = 4.18 \text{ KJ/kg}$$

$$h_{\text{entr.}} = ?$$

$$h_f@18^{\circ}C = 75.57 \text{ KJ/kg}$$

$$v_f@18^{\circ}C = 0.0010016 \text{ KJ/kg}$$

$$h_{\text{entrada}} = 75.57 \text{ KJ/kg} - 0.0010016 \text{ KJ/kg}$$

$$h_{\text{entrada}} = 75.57 \text{ KJ/kg}$$

Propiedades Térmicas en el punto de salida:

$$P = 4.92 \text{ kg/cm}^2 = 0.5 \text{ Mpa}$$

$$T_{0.5 \text{ Mpa}} = 151.86^\circ \text{C}$$

$$h_{\text{sal}} = 2748.7 \text{ KJ/kg}^{42}$$

$$P = \left( \frac{383.06 \text{ kg/h} \left( 2748.7 \text{ KJ/kg} - 75.24 \text{ KJ/kg} \right)}{15.44 \times \left( 2501.4 \text{ KJ/kg} \right)} \right)$$

$$P \approx 20 \text{ BHP}$$

Con la potencia obtenida se realiza la consulta de los accesorios necesarios para el funcionamiento del mismo (ANEXO 4.6).

#### 4.7.2 HUMIDIFICACIÓN

La humidificación consiste en añadir agua al aire, ésta se logrará por medio de micro-aspersores, y consiste en que por medio de una bomba el agua sea distribuida por medio de los conductores (tuberías) aumentando su presión hasta llegar a los aspersores y lograr el riego.

Para la cámara de curado se colocarán dos micro-aspersores con una distancia equidistante para un diámetro de alcance de 3.80m (Ver ANEXO 4.7). Estos elementos se conectan a una tubería de 1/2" y será abastecida por una presión de 25 PSI. El micro-aspersor elegido es de acuerdo al catálogo de AMANCO el "Micro-aspersor fijo plomo de 0.80mm 360x16 diámetro CH" mayor.

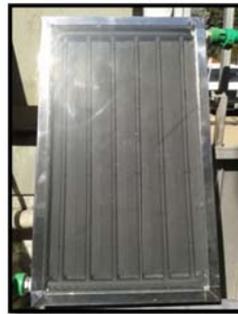
#### 4.7.3 SISTEMA AUXILIAR.

Para el sistema auxiliar de calentamiento de agua se ha elegido el uso de paneles solares-tanque termosifón. Para esto se ha consultado a la empresa cuencana "Juan

<sup>42</sup> Tabla A6. Yanus Cengel. Pg. 732

Álvarez Cía. Limitada”, encargada de la fabricación de sistemas de calentamiento de agua por medio de paneles solares y tanques termosifón.

Los paneles solares o colectores solares construidos en la compañía Juan Álvarez están constituidos por una caja de acero inoxidable dentro de la cual es inyectado poliuretano, esto servirá como aislante térmico además de alojar a los tubos radiadores de cobre de diámetro de 1” con un total de 12 tubos, finalmente se sellará con un vidrio templado (Ver figura 4.11). Este panel solar podrá calentar agua en una relación de área/litros, esto es que por cada metro cuadrado de panel solar podrá calentar 58 lts de agua<sup>43</sup>.



**Figura 4.12. Panel solar.**<sup>44</sup>

El funcionamiento de un panel solar usa la energía solar para calentar un líquido, los tubos radiadores son receptores los cuales están rodeados por un aislante térmico que será pintada de negro mate, para un aumento de la absorción del calor. El líquido calentado es almacenado por medio del sistema termosifón.

El sistema termosifón usa las corrientes de convección natural de los fluidos calientes los cuales tienden a ascender, esto se da debido a que el agua (líquido usado para calentamiento de cámara de curado) pierde densidad mientras aumenta su temperatura, por lo que esta pierde peso, gracias a este sistema se elimina el uso de una bomba para transportar el agua hacia el tanque de almacenamiento.

A través de la consulta a la Empresa Juan Álvarez se conoció que este sistema evita el uso de bombas de succión siempre que el tanque de almacenamiento sea colocado a una altura considerable de este y que debe permanecer aislado térmicamente para evitar pérdidas de calor, para garantizar que no existan pérdidas de calor el tanque

<sup>43</sup> Dato proporcionado por Compañía Juan Álvarez

<sup>44</sup> Fotografía cortesía de Fabrica Juan Alvarez.

debe ser aislado con lana de vidrio. El tamaño del tanque de acuerdo a nuestro caudal se calcula a continuación:

- Flujo másico: 383.06 kg/h
- Densidad del agua a 90°C: 965.06 kg/m<sup>3</sup> (Ver ANEXO 4.8).

$$C = \frac{965.06 \text{ kg/h}}{383.06 \text{ kg/m}^3}$$

$$C = 0.396 \text{ m}^3/\text{h}$$

Entonces el volumen del tanque para un servicio de 4 horas será:

$$v = 0.396 \text{ m}^3/\text{h} \times 4\text{h}$$

$$v = 1.6 \text{ m}^3$$

Por lo tanto la geometría del tanque será de una altura de 1.5m y un diámetro de 1.2m de forma cilíndrica.

La Figura 4.12 nos muestra de manera esquemática el sistema de calentamiento de agua por medio de colector solar.

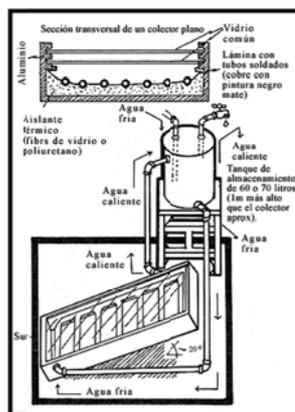


Figura 4.13. Funcionamiento de colector solar.<sup>45</sup>

Por lo tanto los paneles solares se ubicarán en el techo de la planta con orientación este-oeste, con una cantidad de 3 paneles de 2.12m x 0.96m

<sup>45</sup> (<http://www.arqhys.com/articulos/solar-calentador.html>)

#### **4.8 CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO**

El diseño de la cámara de curado se estableció con parámetros termodinámicos los cuales servirán para optimizar al máximo el proceso de curado de los prefabricados.

Se establecieron los parámetros del proceso de curado de acuerdo a las características del hormigón estructural liviano y sus requerimientos como humedad, temperatura y aceleración de endurecimiento.

Se formó el ambiente indicado para lograr que el hormigón obtenga sus cualidades mecánicas, de acuerdo a los parámetros establecidos y se resolvió que la mejor opción para el fin solicitado es un recinto semi-hermético con aislante térmico para minimizar pérdidas de calor, que llamaremos cámara de curado.

Dentro de los criterios para el diseño de la cámara de curado se tienen las condiciones internas, condiciones externas, área de trabajo y los requerimientos que solicita el hormigón para el curado.

Con todos los criterios planteados se procede a la concepción de toda la infraestructura de la cámara, paredes, puertas, techo, piso y aislante son elementos que constituyen de manera directa su idealización.

El cálculo de cargas térmicas es planteado de acuerdo a todas las medidas entregadas para el curado, donde se alcanzan parámetros que ayudan a la elección de los elementos y accesorios que garanticen que el ambiente interno de la cámara cumpla con las exigencias pretendidas para lograr el endurecimiento a corto plazo.

Un sistema auxiliar de generación de agua caliente es contemplado en el proyecto y el cual se desempeña por medio de paneles solares con tanque termosifón minimizando la dependencia de combustibles nocivos y también para disminuir costos.

La cámara de curado garantizará que los prefabricados puedan ser curados dentro de los tiempos establecidos obteniendo productos de calidad con un ahorro significativo de tiempo.

## CAPÍTULO 5. ANÁLISIS COSTO BENEFICIO

### 5.1 DEFINICIÓN DE COSTO-BENEFICIO.

El análisis de costo beneficio a realizarse es un importante estudio, ya que los datos a obtenerse nos darán la pauta para determinar si el proyecto es viable. Este pretende determinar la conveniencia mediante la valoración en términos monetarios de todos los costos y beneficios derivados por el proyecto, valorando sus consecuencias económicas.

### 5.2 PRESUPUESTOS

Las consideraciones que se han tomado para la realización de los presupuestos en cuanto a salarios mínimos por ley están registrados por la “Contraloría General del Estado” (Ver ANEXO 5.1). Los precios de equipo y utilidades están basados bajo criterio de la empresa “Cazal” por experiencia de trabajo en esta área y entregada para la ejecución de este estudio. Finalmente los precios de los materiales fueron consultados a las diferentes casas comerciales de acuerdo a nuestra conveniencia.

#### 5.2.1 PRESUPUESTO NAVE INDUSTRIAL.

Para la realización del presupuesto de la nave se tiene en consideración el cálculo de los precios unitarios de acuerdo al resumen de las cantidades de obra en la Tabla 5.1.

**Tabla 5.1. Resumen de cantidades de obra de nave industrial.**

Resumen de Cantidades de Obra		
Material	Unidad	Cantidad
<b>CIMENTACIÓN</b>		
Replanteo y nivelación	m2	551.46
Compactación subrasante posterior a excavación	m2	551.46
Excavación	m3	75.12
Material de relleno compactado	m3	45.04
Malla electrosoldada R-188 diametro 6mm c/15cm	m2	606.61
Acero de refuerzo en barras (f'y=4200 kg/cm2)	kg	835.16
Hormigón, f'c=240kg/cm2	m3	51.9737
Encofrado recto de madera	m2	108.280
<b>COLUMNAS</b>		
Acero de Refuerzo, fy=4200kg/cm2	Kg	1144.09
Hormigón, f'c=240kg/cm2	m3	10.08
Encofrado recto	m2	67.20
<b>PORTICOS</b>		
Acero placas metálicas PB1 (Acero A36)	kg	483.56
Acero estructural en Perfiles (Acero A36)	kg	10731.95
Pintura anticorrosiva	m2	905.74
Dipanel e=0.35mm	m2	613.69
<b>SISTEMA DE TRANSPORTE (PUENTE GRUA)</b>		
Acero estructural en Perfiles (Acero A36)	kg	5096.82
Pintura anticorrosiva	m2	107.06

Partiendo de los rubros que se generan para la construcción de la nave industrial se procede al cálculo de los costos unitarios para cada ítem designado, estos están identificados por su respectivo código y detalle.

<b>PROYECTO: NAVE INDUSTRIAL PARA LA EMPRESA CAZAL</b>						
<b>ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS</b>						
NOMBRE DEL PROponente: TESIS DE GRADO CHICAIZA - NASPUD						
RUBRO:		1,001	RENDIMIENTO (horas/unid)			
CODIGO:		E.2.00025				
DETALLE: Replanteo y nivelación para edificaciones						
CAPITULO:			UNIDAD: m2			
<b>EQUIPO:</b>						
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	C/HORA	RENDIM.	COSTO	
Equipo de topografía	1	2.00	2.00	0.08	0.16	
Herramientas varias	1	0.44	0.44	0.08	0.04	
<b>PARCIAL M</b>					0.20	
<b>MANO DE OBRA:</b>						
DESCRIPCION (CATEG)	CANTIDAD	JOR/HORA	C/HORA	RENDIM.	COSTO	
Albañil	1	2.82	2.82	0.08	0.23	
Topógrafo 2: Título exp. mayor de 5 años	1	3.02	3.02	0.08	0.24	
Peón	1	2.78	2.78	0.08	0.22	
<b>PARCIAL N</b>					0.69	
<b>MATERIALES:</b>						
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITAR.	COSTO		
Clavos	kg	0.03	1.91	0.06		
Tiras de eucalipto 2 x 2 x 300 cm	u	0.15	0.49	0.07		
<b>PARCIAL O</b>					0.13	
<b>TRANSPORTE (P)</b>						
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO/KM	DISTANCIA	TARIFA	COSTO
			-			
<b>PARCIAL P</b>					-	
<b>TOTAL COSTO DIRECTO</b>					1.02	
<b>C. INDIRECTO Y UTILIDAD</b>				15.00%	0.15	
<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO</b>					1.17	
<b>VALOR PROPUESTO</b>					1.17	
FIRMA _____			FECHA: abr-2013			

<b>PROYECTO:</b>		<b>NAVE INDUSTRIAL PARA LA EMPRESA CAZAL</b>				
<b>ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS</b>						
NOMBRE DEL PROPONENTE:		TESIS DE GRADO CHICAIZA - NASPUD				
RUBRO:	1,002	RENDIMIENTO (horas/unid)				
CODIGO:	E.2.00008					
DETALLE:	Excavación manual material sin clasificar					
CAPITULO:		UNIDAD:			m3	
<b>EQUIPO:</b>						
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	C/HORA	RENDIM.	COSTO	
Herramientas varias	1	0.44	0.44	1.46	0.64	
				<b>PARCIAL M</b>	0.64	
<b>MANO DE OBRA:</b>						
DESCRIPCION (CATEG)	CANTIDAD	JOR/HORA	C/HORA	RENDIM.	COSTO	
Maestro de obra	1	3.02	3.02	0.15	0.44	
Peón	1	2.78	2.78	1.46	4.06	
				<b>PARCIAL N</b>	4.50	
<b>MATERIALES:</b>						
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITAR.	COSTO		
				<b>PARCIAL O</b>	-	
<b>TRANSPORTE (P)</b>						
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO/KM	DISTANCIA	TARIFA	COSTO
			-			
				<b>PARCIAL P</b>	-	
<b>TOTAL COSTO DIRECTO</b>						5.14
<b>C. INDIRECTO Y UTILIDAD</b>					15.00%	0.77
<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO</b>						5.91
<b>VALOR PROPUESTO</b>						5.91
FIRMA _____			FECHA: abr-2013			

<b>PROYECTO:</b>		<b>NAVE INDUSTRIAL PARA LA EMPRESA CAZAL</b>				
<b>ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS</b>						
NOMBRE DEL PROPONENTE:		TESIS DE GRADO CHICAIZA - NASPUD				
RUBRO:	1,003	RENDIMIENTO (horas/unid)				
CODIGO:	E.2.13036					
DETALLE:	Relleno compactado con material de sitio					
CAPITULO:		UNIDAD: m3				
<b>EQUIPO:</b>						
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	C/HORA	RENDIM.	COSTO	
Herramientas varias	1	0.44	0.44	0.38	0.17	
Plancha vibratoria	1	4.50	4.50	0.38	1.71	
<b>PARCIAL M</b>					1.88	
<b>MANO DE OBRA:</b>						
DESCRIPCION (CATEG)	CANTIDAD	JOR/HORA	C/HORA	RENDIM.	COSTO	
Maestro de obra	1	3.02	3.02	0.04	0.11	
Peón	2	2.78	5.56	0.38	2.11	
<b>PARCIAL N</b>					2.22	
<b>MATERIALES:</b>						
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITAR.	COSTO		
<b>PARCIAL O</b>					-	
<b>TRANSPORTE (P)</b>						
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO/KM	DISTANCIA	TARIFA	COSTO
<b>PARCIAL P</b>					-	
<b>TOTAL COSTO DIRECTO</b>					4.10	
<b>C. INDIRECTO Y UTILIDAD</b>				15.00%	0.62	
<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO</b>					4.72	
<b>VALOR PROPUESTO</b>					4.72	
FIRMA			FECHA: abr-2013			

<b>PROYECTO:</b>		<b>NAVE INDUSTRIAL PARA LA EMPRESA CAZAL</b>				
<b>ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS</b>						
NOMBRE DEL PROPONENTE:		TESIS DE GRADO CHICAIZA - NASPUD				
RUBRO:	1,004	RENDIMIENTO (horas/unid)				
CODIGO:	E.2.13028					
DETALLE:	Malla electrosoldada R-131 5 mm c/15cm					
CAPITULO:		UNIDAD: m2				
<b>EQUIPO:</b>						
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	C/HORA	RENDIM.	COSTO	
Herramientas varias	2	0.44	0.88	0.10	0.09	
				<b>PARCIAL M</b>		0.09
<b>MANO DE OBRA:</b>						
DESCRIPCION (CATEG)	CANTIDAD	JOR/HORA	C/HORA	RENDIM.	COSTO	
Maestro de obra	1	3.02	3.02	0.01	0.03	
Peón	2	2.78	5.56	0.10	0.56	
				<b>PARCIAL N</b>		0.59
<b>MATERIALES:</b>						
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITAR.	COSTO		
Alambre de amarre #18 negro recocido	kg	0.02	1.47	0.03		
Malla Electro soldada de 5 mm c/15cm	u	0.07	47.50	3.33		
				<b>PARCIAL O</b>		3.36
<b>TRANSPORTE (P)</b>						
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO/KM	DISTANCIA	TARIFA	COSTO
			-			
				<b>PARCIAL P</b>		-
				<b>TOTAL COSTO DIRECTO</b>		4.04
				<b>C. INDIRECTO Y UTILIDAD</b>		15.00% 0.61
				<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO</b>		4.65
				<b>VALOR PROPUESTO</b>		4.65
FIRMA			FECHA: abr-2013			

<b>PROYECTO:</b>		<b>NAVE INDUSTRIAL PARA LA EMPRESA CAZAL</b>				
<b>ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS</b>						
NOMBRE DEL PROPONENTE:		TESIS DE GRADO CHICAIZA - NASPUD				
RUBRO:	1,005	RENDIMIENTO (horas/unid)				
CODIGO:	E.2.00017					
DETALLE:	Acero de refuerzo, cortado y figurado					
CAPITULO:		UNIDAD: kg				
<b>EQUIPO:</b>						
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	C/HORA	RENDIM.	COSTO	
Herramientas varias	2	0.44	0.88	0.04	0.04	
				<b>PARCIAL M</b>		0.04
<b>MANO DE OBRA:</b>						
DESCRIPCION (CATEG)	CANTIDAD	JOR/HORA	C/HORA	RENDIM.	COSTO	
Ayudante de fierro	1	2.78	2.78	0.04	0.11	
Fierro	1	2.82	2.82	0.04	0.11	
Maestro de obra	1	3.02	3.02	0.00	0.01	
				<b>PARCIAL N</b>		0.23
<b>MATERIALES:</b>						
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITAR.	COSTO		
Acero en v ariillas	kg	1.00	1.50	1.50		
Alambre de amarre No. 18 negro recocido	kg	0.01	2.05	0.02		
				<b>PARCIAL O</b>		1.52
<b>TRANSPORTE (P)</b>						
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO/KM	DISTANCIA	TARIFA	COSTO
			-			
				<b>PARCIAL P</b>		-
				<b>TOTAL COSTO DIRECTO</b>		1.79
				<b>C. INDIRECTO Y UTILIDAD</b>		15.00% 0.27
				<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO</b>		2.06
				<b>VALOR PROPUESTO</b>		2.06
FIRMA			FECHA: abr-2013			

<b>PROYECTO:</b>		<b>NAVE INDUSTRIAL PARA LA EMPRESA CAZAL</b>				
<b>ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS</b>						
NOMBRE DEL PROPONENTE:		TESIS DE GRADO CHICAIZA - NASPUD				
RUBRO:	1,006	RENDIMIENTO (horas/unid)				
CODIGO:	E.2.00001					
DETALLE:	Hormigón Simple f'c = 240 kg/cm <sup>2</sup>					
CAPITULO:		UNIDAD: m <sup>3</sup>				
<b>EQUIPO:</b>						
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	C/HORA	RENDIM.	COSTO	
Herramientas varias	5	0.44	2.20	0.60	1.32	
Concreteira de un saco	1	3.15	3.15	0.60	1.89	
<b>PARCIAL M</b>					3.21	
<b>MANO DE OBRA:</b>						
DESCRIPCION (CATEG)	CANTIDAD	JOR/HORA	C/HORA	RENDIM.	COSTO	
Ayudante de albañil	1	2.78	2.78	0.60	1.67	
Maestro de obra	1	3.02	3.02	0.06	0.18	
Peón	4	2.78	11.12	0.60	6.67	
<b>PARCIAL N</b>					8.52	
<b>MATERIALES:</b>						
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITAR.	COSTO		
Imperplastic	Kg	3.00	1.16	3.48		
Agua	lt	180.00	0.01	1.80		
Arena puesta en obra	m <sup>3</sup>	0.60	17.00	10.20		
Grava puesta en obra	m <sup>3</sup>	0.80	16.00	12.80		
Cemento Portland Tipo I puesto en obra	saco	8.00	7.90	63.20		
<b>PARCIAL O</b>					91.48	
<b>TRANSPORTE (P)</b>						
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO/KM	DISTANCIA	TARIFA	COSTO
			-			
<b>PARCIAL P</b>					-	
<b>TOTAL COSTO DIRECTO</b>					103.21	
<b>C. INDIRECTO Y UTILIDAD</b>				15.00%	15.48	
<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO</b>					118.69	
<b>VALOR PROPUESTO</b>					118.69	
FIRMA _____			FECHA: abr-2013			

<b>PROYECTO:</b>		<b>NAVE INDUSTRIAL PARA LA EMPRESA CAZAL</b>				
<b>ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS</b>						
NOMBRE DEL PROPONENTE:		TESIS DE GRADO CHICAIZA - NASPUD				
RUBRO:	1,007	RENDIMIENTO (horas/unid)				
CODIGO:	E.2.00021					
DETALLE:	Encofrado de madera recto (2 usos)					
CAPITULO:		UNIDAD: m2				
<b>EQUIPO:</b>						
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	C/HORA	RENDIM.	COSTO	
Herramientas varias	3	0.44	1.32	0.10	0.13	
				<b>PARCIAL M</b>		0.13
<b>MANO DE OBRA:</b>						
DESCRIPCION (CATEG)	CANTIDAD	JOR/HORA	C/HORA	RENDIM.	COSTO	
Albañil	1	2.82	2.82	0.10	0.28	
Maestro de obra	1	3.02	3.02	0.06	0.18	
Peón	2	2.78	5.56	0.10	0.56	
				<b>PARCIAL N</b>		1.02
<b>MATERIALES:</b>						
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITAR.	COSTO		
Clavos	kg	0.10	1.91	0.19		
Pingos de eucalipto	m	3.50	0.80	2.80		
Tabla ordinaria de monte 28 x 2.5 x 300 cm	u	0.60	2.50	1.50		
Tiras de eucalipto 4 x 5 x 300 cm	u	0.40	1.08	0.43		
				<b>PARCIAL O</b>		4.92
<b>TRANSPORTE (P)</b>						
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO/KM	DISTANCIA	TARIFA	COSTO
			-			
				<b>PARCIAL P</b>		-
				<b>TOTAL COSTO DIRECTO</b>		6.07
				<b>C. INDIRECTO Y UTILIDAD</b>		15.00% 0.91
				<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO</b>		6.98
				<b>VALOR PROPUESTO</b>		6.98
FIRMA			FECHA: abr-2013			

<b>PROYECTO:</b>		<b>NAVE INDUSTRIAL PARA LA EMPRESA CAZAL</b>				
<b>ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS</b>						
NOMBRE DEL PROPONENTE:		TESIS DE GRADO CHICAIZA - NASPUD				
RUBRO:	3,001	RENDIMIENTO (horas/unid)				
CODIGO:	E.2.13026					
DETALLE:	Acero A 36 estructura en perfiles, suministro y montaje.					
CAPITULO:	UNIDAD: kg					
<b>EQUIPO:</b>						
<b>DESCRIPCION</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>TARIFA</b>	<b>C/HORA</b>	<b>RENDIM.</b>	<b>COSTO</b>	
Módulo andamio metálico h= 1.5 m	6	0.09	0.54	0.02	0.01	
Herramientas varias	2	0.44	0.88	0.02	0.01	
Camión Grua de 10 Ton.	1	32.00	32.00	0.02	0.48	
Equipo de solda	1	0.75	0.75	0.02	0.01	
				<b>PARCIAL M</b>		0.51
<b>MANO DE OBRA:</b>						
<b>DESCRIPCION (CATEG)</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>JOR/HORA</b>	<b>C/HORA</b>	<b>RENDIM.</b>	<b>COSTO</b>	
Maestro soldador especializado	1	3.02	3.02	0.00	-	
Ayudante de herrero	2	2.78	5.56	0.02	0.08	
Chofer profesional licencia	1	4.16	4.16	0.02	0.06	
				<b>PARCIAL N</b>		0.14
<b>MATERIALES:</b>						
<b>DESCRIPCION</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>P. UNITAR.</b>	<b>COSTO</b>		
Suelda	kg	0.04	2.46	0.10		
Acero en perfiles A 36	Kg	1.00	1.20	1.20		
				<b>PARCIAL O</b>		1.30
<b>TRANSPORTE (P)</b>						
<b>DESCRIPCION</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>COSTO/KM</b>	<b>DISTANCIA</b>	<b>TARIFA</b>	<b>COSTO</b>
			-			
				<b>PARCIAL P</b>		-
				<b>TOTAL COSTO DIRECTO</b>		1.95
				<b>C. INDIRECTO Y UTILIDAD</b>		15.00% 0.29
				<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO</b>		2.24
				<b>VALOR PROPUESTO</b>		2.24
FIRMA			FECHA: abr-2013			

<b>PROYECTO:</b>		<b>NAVE INDUSTRIAL PARA LA EMPRESA CAZAL</b>				
<b>ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS</b>						
NOMBRE DEL PROPONENTE:		TESIS DE GRADO CHICAIZA - NASPUD				
RUBRO:	3,002	RENDIMIENTO (horas/unid)				
CODIGO:	E.2.00019					
DETALLE:	Pintura anticorrosiva para acero estructural					
CAPITULO:	UNIDAD: m2					
<b>EQUIPO:</b>						
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	C/HORA	RENDIM.	COSTO	
Herramientas varias	1	0.44	0.44	0.11	0.05	
<b>PARCIAL M</b>					0.05	
<b>MANO DE OBRA:</b>						
DESCRIPCION (CATEG)	CANTIDAD	JOR/HORA	C/HORA	RENDIM.	COSTO	
Pintor	1	2.82	2.82	0.11	0.31	
Maestro de obra	1	3.02	3.02	0.11	0.33	
Ayudante de Pintor	1	2.78	2.78	0.11	0.31	
<b>PARCIAL N</b>					0.95	
<b>MATERIALES:</b>						
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITAR.	COSTO		
Pintura anticorrosiv a	gl	0.08	12.90	0.97		
Diluyente	gl	0.08	5.45	0.41		
Lija	pliego	0.10	0.62	0.06		
<b>PARCIAL O</b>					1.44	
<b>TRANSPORTE (P)</b>						
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO/KM	DISTANCIA	TARIFA	COSTO
			-			
<b>PARCIAL P</b>					-	
<b>TOTAL COSTO DIRECTO</b>					2.44	
<b>C. INDIRECTO Y UTILIDAD</b>				15.00%	0.37	
<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO</b>					2.81	
<b>VALOR PROPUESTO</b>					2.81	
FIRMA			FECHA: abr-2013			

<b>PROYECTO:</b>		<b>NAVE INDUSTRIAL PARA LA EMPRESA CAZAL</b>				
<b>ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS</b>						
NOMBRE DEL PROPONENTE:		TESIS DE GRADO CHICAIZA - NASPUD				
RUBRO:	3,003	RENDIMIENTO (horas/unid)				
CODIGO:	E.2.34008					
DETALLE:	Cubierta de color tipo galvalumen					
CAPITULO:		UNIDAD: m2				
<b>EQUIPO:</b>						
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	C/HORA	RENDIM.	COSTO	
Herramientas varias	1	0.44	0.44	0.25	0.11	
Amoladora	1	0.19	0.19	0.25	0.05	
Andamios	4	0.20	0.80	0.25	0.20	
				<b>PARCIAL M</b>		0.36
<b>MANO DE OBRA:</b>						
DESCRIPCION (CATEG)	CANTIDAD	JOR/HORA	C/HORA	RENDIM.	COSTO	
Albañil	1	2.82	2.82	0.25	0.71	
Maestro de obra	1	3.02	3.02	0.03	0.08	
Peon	1	2.78	2.78	0.25	0.70	
				<b>PARCIAL N</b>		1.49
<b>MATERIALES:</b>						
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITAR.	COSTO		
Plancha de cubierta de Galvalumen	m2	1.00	8.00	8.00		
				<b>PARCIAL O</b>		8.00
<b>TRANSPORTE (P)</b>						
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO/KM	DISTANCIA	TARIFA	COSTO
			-			
				<b>PARCIAL P</b>		-
<b>TOTAL COSTO DIRECTO</b>						9.85
<b>C. INDIRECTO Y UTILIDAD</b>					15.00%	1.48
<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO</b>						11.33
<b>VALOR PROPUESTO</b>						11.33
FIRMA			FECHA: abr-2013			

<b>PROYECTO:</b>		<b>NAVE INDUSTRIAL PARA LA EMPRESA CAZAL</b>				
<b>ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS</b>						
NOMBRE DEL PROPONENTE:		TESIS DE GRADO CHICAIZA - NASPUD				
RUBRO:	4,003	RENDIMIENTO (horas/unid)				
CODIGO:	PG.13042					
DETALLE:	Componentes de Puente Grúa, incluye suministro, armado y colocado.					
CAPITULO:		UNIDAD:	global			
<b>EQUIPO:</b>						
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	C/HORA	RENDIM.	COSTO	
			0			
				<b>PARCIAL M</b>		-
<b>MANO DE OBRA:</b>						
DESCRIPCION (CATEG)	CANTIDAD	JOR/HORA	C/HORA	RENDIM.	COSTO	
			0			
				<b>PARCIAL N</b>		-
<b>MATERIALES:</b>						
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITAR.	COSTO		
Polipasto eléctrico a cable	u	1.00	9,500.00	9,500.00		
Sistema de electrificación del Puente Grúa	u	1.00	6,500.00	6,500.00		
Kit de carros testeros para traslación longitudinal capacidad 3 Toneladas	u	1.00	5,850.00	5,850.00		
				<b>PARCIAL O</b>		21,850.00
<b>TRANSPORTE (P)</b>						
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO/KM	DISTANCIA	TARIFA	COSTO
			-			
				<b>PARCIAL P</b>		-
			<b>TOTAL COSTO DIRECTO</b>			21,850.00
			<b>C. INDIRECTO Y UTILIDAD</b>		15.00%	3,277.50
			<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO</b>			25,127.50
			<b>VALOR PROPUESTO</b>			25,127.50
FIRMA			FECHA: abr-2013			

## 5.2.2 RESUMEN DE PRESUPUESTO DE LA NAVE INDUSTRIAL.

De acuerdo a los costos unitarios obtenidos se genera los costos totales que se requieren para la implementación de la nave industrial.

### PRESUPUESTO

PROYECTO: NAVE INDUSTRIAL PARA LA EMPRESA CAZAL

RUBRO No.	CODIGO No.	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO		PRECIO TOTAL
1		Cimentación					12,767.48
1,001	E.2.00025	Replanteo y nivelación para edificaciones	m2	551.46	1.17	645.21	
1,002	E.2.00008	Excavación manual material sin clasificar	m3	75.12	5.91	443.96	
1,003	E.2.13036	Relleno compactado con material de sitio	m3	45.04	4.72	212.59	
1,004	E.2.13028	Malla electrosoldada R-131 5 mm c/15cm	m2	606.61	4.65	2,820.74	
1,005	E.2.00017	Acero de refuerzo, cortado y figurado	kg	835.16	2.06	1,720.43	
1,006	E.2.00001	Hormigón Simple f'c = 240 kg/cm2	m3	51.9737	118.69	6,168.76	
1,007	E.2.00021	Encofrado de madera recto (2 usos)	m2	108.28	6.98	755.79	
2		Columnas					4,022.29
2,001	E.2.00017	Acero de refuerzo, cortado y figurado	kg	1144.09	2.06	2,356.83	
2,002	E.2.00001	Hormigón Simple f'c = 240 kg/cm2	m3	10.08	118.69	1,196.40	
2,003	E.2.00021	Encofrado de madera recto (2 usos)	m2	67.2	6.98	469.06	
3		Pórticos					95,802.98
3,001	E.2.13026	Acero A 36 estructura en perfiles, suministrado	kg	11215.51	2.24	25,122.74	
3,002	E.2.00019	Pintura anticorrosiva para acero estructura	m2	905.74	2.81	2,545.13	
3,003	E.2.34008	Cubierta de color tipo galvalumen	m2	6013.69	11.33	68,135.11	
4		Sistema de transporte (puente grúa)					36,845.22
4,001	E.2.13026	Acero A 36 estructura en perfiles, suministrado	kg	5096.82	2.24	11,416.88	
4,002	E.2.00019	Pintura anticorrosiva para acero estructura	m2	107.06	2.81	300.84	
4,003	PG.13042	Componentes de Puente Grúa, incluye su	global	1	25,127.50	25,127.50	
						<b>SUBTOTAL</b>	149,437.97
						<b>IVA</b>	17,932.56
<b>TOTAL:</b>						<b>TOTAL</b>	167,370.53

Son: CIENTO SESENTA Y SIETE MIL TRESCIENTOS SETENTA CON 53/100 DÓLARES

## 5.2.3 PRESUPUESTO CÁMARA DE CURADO.

De la misma manera que en el presupuesto de la nave industrial se genera el resumen de cantidades de obra.

**Tabla 5.2. Resumen de cantidades de obra para cámara de curado.**

Cantidades de Obra "CAMARA DE CURADO"		
Material	Unidad	Cantidad
<b>CIMENTACION</b>		
Hormigón ciclópeo	m3	3.8
Replanteo con piedra tipo bola	m3	1.995
Replanteo hormigón f'c=140kg/m2	m3	0.998

Replanteo hormigón f'c=240kg/m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	2.00
Malla electrosoldada Ø6mm c/10cm	m <sup>2</sup>	19.95
<b>VIGAS-COLUMNAS DE HORMIGÓN</b>		
Hormigón f'c=240kg/m <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>	1.40
Viga prefabricada V1 10x10cm	m	62.00
<b>PAREDES</b>		
Ladrillos 18x15x30cm	m <sup>2</sup>	36.34
Enlucido e=1.5cm	m <sup>2</sup>	36.34
<b>ISOPANEL</b>		
Isopanel e=10cm (paredes)	m <sup>2</sup>	36.34
Isopanel e=10cm (piso)	m <sup>2</sup>	19.95
Isopanel e=10cm (techo)	m <sup>2</sup>	21.83
<b>CUBIERTA</b>		
Acero estructural en Perfiles (Acero A36)	kg	192.19
Acero estructural en placas (Acero A36)	kg	1.41
Pintura anticorrosiva	m <sup>2</sup>	14.31
<b>TUBERIA Y ACCESORIOS</b>		
Tubo de cobre de 1"	m	330.00
Tubo de alimentación de agua 1"	m	34.15
Tubo de alimentación de agua 1/2"	m	7.00
Unión de 1"	u	8.00
Electroválvula	u	5.00
Codo 90° de 1"	u	11.00
Tee 1"	u	1.00
Válvula check	u	1.00
Unión de 1/2"	u	1.00
Codo 90° de 1/2"	u	2.00
Bomba de 1/2 HP	u	1.00
Micro-aspersores	u	2.00
Equipo Térmico, incluye suministro y mano de obra	global	28750.00

A continuación se presentan los precios unitarios.

<b>PROYECTO: CÁMARA DE CURADO PARA LA NAVE INDUSTRIAL PARA LA EMPRESA CAZAL</b>						
<b>ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS</b>						
NOMBRE DEL PROPONENTE: TESIS DE GRADO CHICAIZA - NASPUD						
RUBRO: 1,001 RENDIMIENTO (horas/unid)						
CODIGO: E.2.07008						
DETALLE: Hormigón Ciclópeo (60% H.S y 40% piedra) f'c = 210 kg/cm2						
CAPITULO: UNIDAD: m3						
<b>EQUIPO:</b>						
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	C/HORA	RENDIM.	COSTO	
Herramientas varias	5	0.44	2.20	0.70	1.54	
Concretera de un saco	1	3.15	3.15	0.70	2.21	
				<b>PARCIAL M</b>		3.75
<b>MANO DE OBRA:</b>						
DESCRIPCION (CATEG)	CANTIDAD	JOR/HORA	C/HORA	RENDIM.	COSTO	
Ayudante de albañil	1	2.78	2.78	0.70	1.95	
Maestro de obra	1	3.02	3.02	0.07	0.21	
Peón	4	2.78	11.12	0.70	7.78	
				<b>PARCIAL N</b>		9.94
<b>MATERIALES:</b>						
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITAR.	COSTO		
Agua	lt	180.00	0.01	1.80		
Piedra puesta en obra	m3	0.45	17.00	7.65		
Hormigón Simple f'c = 210 kg/cm2	m3	0.65	96.73	62.87		
				<b>PARCIAL O</b>		72.32
<b>TRANSPORTE (P)</b>						
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO/KM	DISTANCIA	TARIFA	COSTO
			-			
				<b>PARCIAL P</b>		-
				<b>TOTAL COSTO DIRECTO</b>		86.01
				<b>C. INDIRECTO Y UTILIDAD</b>		15.00% 12.90
				<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO</b>		98.91
				<b>VALOR PROPUESTO</b>		98.91
FIRMA			FECHA: abr-2013			

<b>PROYECTO: CÁMARA DE CURADO PARA LA NAVE INDUSTRIAL PARA LA EMPRESA CAZAL</b>						
<b>ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS</b>						
NOMBRE DEL PROPONENTE: TESIS DE GRADO CHICAIZA - NASPUD						
RUBRO:		RUB. AUX. 001.001		RENDIMIENTO (horas/unid)		
CODIGO:		E.2.07007				
DETALLE:		Hormigón Simple f'c = 210 kg/cm <sup>2</sup>				
CAPITULO:				UNIDAD: m <sup>3</sup>		
<b>EQUIPO:</b>						
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	C/HORA	RENDIM.	COSTO	
Herramientas varias	5	0.44	2.20	0.60	1.32	
Concreteira de un saco	1	3.15	3.15	0.60	1.89	
<b>PARCIAL M</b>					3.21	
<b>MANO DE OBRA:</b>						
DESCRIPCION (CATEG)	CANTIDAD	JOR/HORA	C/HORA	RENDIM.	COSTO	
Ayudante de albañil	1	2.78	2.78	0.60	1.67	
Maestro de obra	1	3.02	3.02	0.06	0.18	
Peón	4	2.78	11.12	0.60	6.67	
<b>PARCIAL N</b>					8.52	
<b>MATERIALES:</b>						
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITAR.	COSTO		
Imperplastic	Kg	2.80	1.16	3.25		
Agua	lt	180.00	0.01	1.80		
Arena puesta en obra	m <sup>3</sup>	0.65	17.00	11.05		
Grav a puesta en obra	m <sup>3</sup>	0.85	16.00	13.60		
Cemento Portland Tipo I puesto en obra	saco	7.00	7.90	55.30		
<b>PARCIAL O</b>					85.00	
<b>TRANSPORTE (P)</b>						
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO/KM	DISTANCIA	TARIFA	COSTO
			-			
<b>PARCIAL P</b>					-	
<b>TOTAL COSTO DIRECTO</b>					96.73	
<b>C. INDIRECTO Y UTILIDAD</b>				15.00%	14.51	
<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO</b>					111.24	
<b>VALOR PROPUESTO</b>					111.24	
FIRMA			FECHA: abr-2013			

<b>PROYECTO: CÁMARA DE CURADO PARA LA NAVE INDUSTRIAL PARA LA EMPRESA CAZAL</b>								
<b>ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS</b>								
NOMBRE DEL PROPONENTE: TESIS DE GRADO CHICAIZA - NASPUD								
RUBRO: 1,002 RENDIMIENTO (horas/unid)								
CODIGO: R.49036								
DETALLE: Replanteo de piedra e = 15 cm								
CAPITULO: UNIDAD: m2								
<b>EQUIPO:</b>								
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	C/HORA	RENDIM.	COSTO			
Herramientas varias	1	0.44	0.44	0.35	0.15			
<b>PARCIAL M</b>					0.15			
<b>MANO DE OBRA:</b>								
DESCRIPCION (CATEG)	CANTIDAD	JOR/HORA	C/HORA	RENDIM.	COSTO			
Albañil	1	2.82	2.82	0.35	0.99			
Maestro de obra	1	3.02	3.02	0.07	0.21			
Peón	1	2.78	2.78	0.35	0.97			
<b>PARCIAL N</b>					2.17			
<b>MATERIALES:</b>								
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITAR.	COSTO				
Grava puesta en obra	m3	0.02	16.00	0.32				
Piedra puesta en obra	m3	0.16	17.00	2.72				
<b>PARCIAL O</b>					3.04			
<b>TRANSPORTE (P)</b>								
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO/KM	DISTANCIA	TARIFA	COSTO		
			-					
<b>PARCIAL P</b>					-			
<b>TOTAL COSTO DIRECTO</b>					5.36			
<b>C. INDIRECTO Y UTILIDAD</b>					15.00% 0.80			
<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO</b>					6.16			
<b>VALOR PROPUESTO</b>					6.16			
<table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 50%; border: none;">FIRMA _____</td> <td style="width: 50%; border: none;">FECHA: abr-2013</td> </tr> </table>							FIRMA _____	FECHA: abr-2013
FIRMA _____	FECHA: abr-2013							

<b>PROYECTO: CÁMARA DE CURADO PARA LA NAVE INDUSTRIAL PARA LA EMPRESA CAZAL</b>								
<b>ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS</b>								
NOMBRE DEL PROPONENTE: TESIS DE GRADO CHICAIZA - NASPUD								
RUBRO: 1,003 RENDIMIENTO (horas/unid)								
CODIGO: E.2.00020								
DETALLE: Hormigón Simple f'c = 140 kg/cm <sup>2</sup>								
CAPITULO: UNIDAD: m <sup>3</sup>								
<b>EQUIPO:</b>								
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	C/HORA	RENDIM.	COSTO			
Herramientas varias	4	0.44	1.76	0.40	0.70			
Concretera de un saco	1	3.15	3.15	0.40	1.26			
<b>PARCIAL M</b>					1.96			
<b>MANO DE OBRA:</b>								
DESCRIPCION (CATEG)	CANTIDAD	JOR/HORA	C/HORA	RENDIM.	COSTO			
Ayudante de albañil	1	2.78	2.78	0.40	1.11			
Maestro de obra	1	3.02	3.02	0.30	0.91			
Peón	4	2.78	11.12	0.40	4.45			
<b>PARCIAL N</b>					6.47			
<b>MATERIALES:</b>								
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITAR.	COSTO				
Agua	lt	180.00	0.01	1.80				
Arena puesta en obra	m <sup>3</sup>	0.60	17.00	10.20				
Grava puesta en obra	m <sup>3</sup>	1.00	16.00	16.00				
Cemento Portland Tipo I puesto en obra	saco	5.25	7.90	41.48				
<b>PARCIAL O</b>					69.48			
<b>TRANSPORTE (P)</b>								
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO/KM	DISTANCIA	TARIFA	COSTO		
			-					
<b>PARCIAL P</b>					-			
<b>TOTAL COSTO DIRECTO</b>					77.91			
<b>C. INDIRECTO Y UTILIDAD</b>					15.00%	11.69		
<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO</b>					89.60			
<b>VALOR PROPUESTO</b>					89.60			
<table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 50%; border: none;">FIRMA _____</td> <td style="width: 50%; border: none;">FECHA: abr-2013</td> </tr> </table>							FIRMA _____	FECHA: abr-2013
FIRMA _____	FECHA: abr-2013							

<b>PROYECTO: CÁMARA DE CURADO PARA LA NAVE INDUSTRIAL PARA LA EMPRESA CAZAL</b>						
<b>ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS</b>						
NOMBRE DEL PROPONENTE: TESIS DE GRADO CHICAIZA - NASPUD						
RUBRO: 1,004 RENDIMIENTO (horas/unid)						
CODIGO: E.2.00001						
DETALLE: Hormigón Simple f'c = 240 kg/cm <sup>2</sup>						
CAPITULO: UNIDAD: m <sup>3</sup>						
<b>EQUIPO:</b>						
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	C/HORA	RENDIM.	COSTO	
Herramientas varias	5	0.44	2.20	0.60	1.32	
Concretera de un saco	1	3.15	3.15	0.60	1.89	
				<b>PARCIAL M</b>	3.21	
<b>MANO DE OBRA:</b>						
DESCRIPCION (CATEG)	CANTIDAD	JOR/HORA	C/HORA	RENDIM.	COSTO	
Ayudante de albañil	1	2.78	2.78	0.60	1.67	
Maestro de obra	1	3.02	3.02	0.06	0.18	
Peón	4	2.78	11.12	0.60	6.67	
				<b>PARCIAL N</b>	8.52	
<b>MATERIALES:</b>						
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITAR.	COSTO		
Imperplastic	Kg	3.00	1.16	3.48		
Agua	lt	180.00	0.01	1.80		
Arena puesta en obra	m <sup>3</sup>	0.60	17.00	10.20		
Grava puesta en obra	m <sup>3</sup>	0.80	16.00	12.80		
Cemento Portland Tipo I puesto en obra	saco	8.00	7.90	63.20		
				<b>PARCIAL O</b>	91.48	
<b>TRANSPORTE (P)</b>						
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO/KM	DISTANCIA	TARIFA	COSTO
			-			
				<b>PARCIAL P</b>	-	
				<b>TOTAL COSTO DIRECTO</b>	103.21	
				<b>C. INDIRECTO Y UTILIDAD</b>	15.00%	15.48
				<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO</b>	118.69	
				<b>VALOR PROPUESTO</b>	118.69	
FIRMA			FECHA: abr-2013			

<b>PROYECTO: CÁMARA DE CURADO PARA LA NAVE INDUSTRIAL PARA LA EMPRESA CAZAL</b>						
<b>ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS</b>						
NOMBRE DEL PROponente: TESIS DE GRADO CHICAIZA - NASPUD						
RUBRO: 1,005 RENDIMIENTO (horas/unid)						
CODIGO: E.2.13028						
DETALLE: Malla electrosoldada R-131 5 mm c/15cm						
CAPITULO: UNIDAD: m2						
<b>EQUIPO:</b>						
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	C/HORA	RENDIM.	COSTO	
Herramientas varias	2	0.44	0.88	0.10	0.09	
				<b>PARCIAL M</b>		0.09
<b>MANO DE OBRA:</b>						
DESCRIPCION (CATEG)	CANTIDAD	JOR/HORA	C/HORA	RENDIM.	COSTO	
Maestro de obra	1	3.02	3.02	0.01	0.03	
Peón	2	2.78	5.56	0.10	0.56	
				<b>PARCIAL N</b>		0.59
<b>MATERIALES:</b>						
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITAR.	COSTO		
Alambre de amarre #18 negro recocido	kg	0.02	1.47	0.03		
Malla Electro soldada de 5 mm c/15cm	u	0.07	47.50	3.33		
				<b>PARCIAL O</b>		3.36
<b>TRANSPORTE (P)</b>						
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO/KM	DISTANCIA	TARIFA	COSTO
			-			
				<b>PARCIAL P</b>		-
				<b>TOTAL COSTO DIRECTO</b>		4.04
				<b>C. INDIRECTO Y UTILIDAD</b>		15.00% 0.61
				<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO</b>		4.65
				<b>VALOR PROPUESTO</b>		4.65
FIRMA _____			FECHA: abr-2013			

<b>PROYECTO: CÁMARA DE CURADO PARA LA NAVE INDUSTRIAL PARA LA EMPRESA CAZAL</b>						
<b>ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS</b>						
NOMBRE DEL PROPONENTE: TESIS DE GRADO CHICAIZA - NASPUD						
RUBRO: 2,002 RENDIMIENTO (horas/unid)						
CODIGO: E.13043						
DETALLE: Vigas prefabricadas V1 10x10 cm						
CAPITULO: UNIDAD: m						
<b>EQUIPO:</b>						
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	C/HORA	RENDIM.	COSTO	
Herramientas varias	1	0.44	0.44	1.00	0.44	
Amoladora	1	0.19	0.19	1.00	0.19	
Andamios	1	0.20	0.20	1.00	0.20	
<b>PARCIAL M</b>					0.83	
<b>MANO DE OBRA:</b>						
DESCRIPCION (CATEG)	CANTIDAD	JOR/HORA	C/HORA	RENDIM.	COSTO	
Albañil	1	2.82	2.82	1.00	2.82	
Peón	1	2.78	2.78	1.00	2.78	
<b>PARCIAL N</b>					5.60	
<b>MATERIALES:</b>						
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITAR.	COSTO		
Vigas prefabricadas V 10 x 10 cm	m	1.00	2.80	2.80		
<b>PARCIAL O</b>					2.80	
<b>TRANSPORTE (P)</b>						
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO/KM	DISTANCIA	TARIFA	COSTO
			-			
<b>PARCIAL P</b>					-	
<b>TOTAL COSTO DIRECTO</b>					9.23	
<b>C. INDIRECTO Y UTILIDAD</b>				15.00%	1.38	
<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO</b>					10.61	
<b>VALOR PROPUESTO</b>					10.61	
FIRMA			FECHA: abr-2013			

<b>PROYECTO: CÁMARA DE CURADO PARA LA NAVE INDUSTRIAL PARA LA EMPRESA CAZAL</b>						
<b>ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS</b>						
NOMBRE DEL PROPONENTE: TESIS DE GRADO CHICAIZA - NASPUD						
RUBRO: RUB. AUX. 003.001 RENDIMIENTO (horas/unid)						
CODIGO: MP.49038						
DETALLE: Mampostería de ladrillo ancho 15 cm con mortero 1:3						
CAPITULO: UNIDAD: m2						
<b>EQUIPO:</b>						
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	C/HORA	RENDIM.	COSTO	
Herramientas varias	2	0.44	0.88	1.25	1.10	
				<b>PARCIAL M</b>		1.10
<b>MANO DE OBRA:</b>						
DESCRIPCION (CATEG)	CANTIDAD	JOR/HORA	C/HORA	RENDIM.	COSTO	
Albañil	1	2.82	2.82	1.25	3.53	
Maestro de obra	1	3.02	3.02	0.25	0.76	
Peón	1	2.78	2.78	1.25	3.48	
				<b>PARCIAL N</b>		7.77
<b>MATERIALES:</b>						
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITAR.	COSTO		
Ladrillo panelón 28 x 14 x 9 cm	u	32.00	0.20	6.40		
Mortero de cemento 1:3	m3	0.02	111.91	1.79		
				<b>PARCIAL O</b>		8.19
<b>TRANSPORTE (P)</b>						
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO/KM	DISTANCIA	TARIFA	COSTO
			-			
				<b>PARCIAL P</b>		-
				<b>TOTAL COSTO DIRECTO</b>		17.06
				<b>C. INDIRECTO Y UTILIDAD</b>		15.00% 2.56
				<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO</b>		19.62
				<b>VALOR PROPUESTO</b>		19.62
FIRMA			FECHA: abr-2013			

<b>PROYECTO: CÁMARA DE CURADO PARA LA NAVE INDUSTRIAL PARA LA EMPRESA CAZAL</b>						
<b>ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS</b>						
NOMBRE DEL PROponente: TESIS DE GRADO CHICAIZA - NASPUD						
RUBRO: RUB. AUX. 003.001 RENDIMIENTO (horas/unid)						
CODIGO:						
DETALLE: Mortero de cemento 1:3						
CAPITULO: UNIDAD: m3						
<b>EQUIPO:</b>						
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	C/HORA	RENDIM.	COSTO	
Herramientas varias	4	0.44	1.76	0.91	1.60	
<b>PARCIAL M</b>					1.60	
<b>MANO DE OBRA:</b>						
DESCRIPCION (CATEG)	CANTIDAD	JOR/HORA	C/HORA	RENDIM.	COSTO	
Albañil	1	2.82	2.82	0.91	2.57	
Maestro de obra	1	3.02	3.02	0.36	1.10	
Peón	3	2.78	8.34	0.91	7.59	
<b>PARCIAL N</b>					11.26	
<b>MATERIALES:</b>						
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITAR.	COSTO		
Agua	lt	250.00	0.01	2.50		
Arena puesta en obra	m3	1.15	17.00	19.55		
Cemento Portland Tipo I puesto en obra	saco	10.00	7.70	77.00		
<b>PARCIAL O</b>					99.05	
<b>TRANSPORTE (P)</b>						
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO/KM	DISTANCIA	TARIFA	COSTO
			-			
<b>PARCIAL P</b>					-	
<b>TOTAL COSTO DIRECTO</b>					111.91	
<b>C. INDIRECTO Y UTILIDAD</b>				15.00%	16.79	
<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO</b>					128.70	
<b>VALOR PROPUESTO</b>					128.70	
FIRMA			FECHA: abr-2013			

<b>PROYECTO: CÁMARA DE CURADO PARA LA NAVE INDUSTRIAL PARA LA EMPRESA CAZAL</b>						
<b>ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS</b>						
NOMBRE DEL PROPONENTE: TESIS DE GRADO CHICAIZA - NASPUD						
RUBRO: RUB. AUX. 003.002		RENDIMIENTO (horas/unid)				
CODIGO: A.1.48061						
DETALLE: Enlucido e=1.5 cm.						
CAPITULO:		UNIDAD: m2				
<b>EQUIPO:</b>						
<b>DESCRIPCION</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>TARIFA</b>	<b>C/HORA</b>	<b>RENDIM.</b>	<b>COSTO</b>	
Herramientas varias	1	0.44	0.44	0.10	0.04	
Andamios	4	0.20	0.80	0.10	0.08	
<b>PARCIAL M</b>					0.12	
<b>MANO DE OBRA:</b>						
<b>DESCRIPCION (CATEG)</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>JOR/HORA</b>	<b>C/HORA</b>	<b>RENDIM.</b>	<b>COSTO</b>	
Albañil	1	2.82	2.82	0.10	0.28	
Maestro de obra	1	3.02	3.02	0.01	0.03	
Peón	1	2.78	2.78	0.10	0.28	
<b>PARCIAL N</b>					0.59	
<b>MATERIALES:</b>						
<b>DESCRIPCION</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>P. UNITAR.</b>	<b>COSTO</b>		
Mortero de cemento 1:4, con impermeabilizante e=30mm	m3	0.01	101.59	1.27		
<b>PARCIAL O</b>					1.27	
<b>TRANSPORTE (P)</b>						
<b>DESCRIPCION</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>COSTO/KM</b>	<b>DISTANCIA</b>	<b>TARIFA</b>	<b>COSTO</b>
			-			
<b>PARCIAL P</b>					-	
<b>TOTAL COSTO DIRECTO</b>					1.98	
<b>C. INDIRECTO Y UTILIDAD</b>					15.00%	0.30
<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO</b>					2.28	
<b>VALOR PROPUESTO</b>					2.28	
FIRMA			FECHA: abr-2013			

<b>PROYECTO: CÁMARA DE CURADO PARA LA NAVE INDUSTRIAL PARA LA EMPRESA CAZAL</b>						
<b>ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS</b>						
NOMBRE DEL PROPONENTE: TESIS DE GRADO CHICAIZA - NASPUD						
RUBRO:		RUB. AUX. 003.002		RENDIMIENTO (horas/unid)		
CODIGO:		A.1.00025				
DETALLE:		Mortero de cemento 1:4, con impermeabilizante e=30mm				
CAPITULO:		UNIDAD: m3				
<b>EQUIPO:</b>						
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	C/HORA	RENDIM.	COSTO	
Herramientas varias	4	0.44	1.76	0.91	1.60	
				<b>PARCIAL M</b>		1.60
<b>MANO DE OBRA:</b>						
DESCRIPCION (CATEG)	CANTIDAD	JOR/HORA	C/HORA	RENDIM.	COSTO	
Albañil	1	2.82	2.82	0.91	2.57	
Maestro de obra	1	3.02	3.02	0.36	1.10	
Peón	3	2.78	8.34	0.91	7.59	
				<b>PARCIAL N</b>		11.26
<b>MATERIALES:</b>						
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITAR.	COSTO		
Imperplastic	Kg	3.00	1.16	3.48		
Agua	lt	250.00	0.01	2.50		
Arena puesta en obra	m3	1.15	17.00	19.55		
Cemento Portland Tipo I puesto en obra	saco	8.00	7.90	63.20		
				<b>PARCIAL O</b>		88.73
<b>TRANSPORTE (P)</b>						
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO/KM	DISTANCIA	TARIFA	COSTO
			-			
				<b>PARCIAL P</b>		-
				<b>TOTAL COSTO DIRECTO</b>		101.59
				<b>C. INDIRECTO Y UTILIDAD</b>		15.24
				<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO</b>		116.83
				<b>VALOR PROPUESTO</b>		116.83
FIRMA _____			FECHA: abr-2013			

<b>PROYECTO: CÁMARA DE CURADO PARA LA NAVE INDUSTRIAL PARA LA EMPRESA CAZAL</b>						
<b>ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS</b>						
NOMBRE DEL PROPONENTE: TESIS DE GRADO CHICAIZA - NASPUD						
RUBRO: 4,001 RENDIMIENTO (horas/unid)						
CODIGO: E.2.34009						
DETALLE: Isopanel e=10 cm (paredes)						
CAPITULO: UNIDAD: m2						
<b>EQUIPO:</b>						
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	C/HORA	RENDIM.	COSTO	
Herramientas varias	1	0.44	0.44	0.25	0.11	
Amoladora	1	0.19	0.19	0.25	0.05	
Andamios	4	0.20	0.80	0.25	0.20	
<b>PARCIAL M</b>					0.36	
<b>MANO DE OBRA:</b>						
DESCRIPCION (CATEG)	CANTIDAD	JOR/HORA	C/HORA	RENDIM.	COSTO	
Albañil	1	2.82	2.82	0.25	0.71	
Peon	1	2.78	2.78	0.25	0.70	
<b>PARCIAL N</b>					1.41	
<b>MATERIALES:</b>						
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITAR.	COSTO		
Isopanel	m2	1.00	15.00	15.00		
<b>PARCIAL O</b>					15.00	
<b>TRANSPORTE (P)</b>						
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO/KM	DISTAN CIA	TARIFA	COSTO
			-			
<b>PARCIAL P</b>					-	
<b>TOTAL COSTO DIRECTO</b>					16.77	
<b>C. INDIRECTO Y UTILIDAD</b>				15.00%	2.52	
<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO</b>					19.29	
<b>VALOR PROPUESTO</b>					19.29	
FIRMA			FECHA: abr-2013			

<b>PROYECTO: CÁMARA DE CURADO PARA LA NAVE INDUSTRIAL PARA LA EMPRESA CAZAL</b>						
<b>ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS</b>						
NOMBRE DEL PROPONENTE: TESIS DE GRADO CHICAIZA - NASPUD						
RUBRO: 4,002 RENDIMIENTO (horas/unid)						
CODIGO: E.2.34010						
DETALLE: Isopanel e=10cm (piso)						
CAPITULO: UNIDAD: m2						
<b>EQUIPO:</b>						
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	C/HORA	RENDIM.	COSTO	
Herramientas varias	1	0.44	0.44	0.25	0.11	
Amoladora	1	0.19	0.19	0.25	0.05	
<b>PARCIAL M</b>					0.16	
<b>MANO DE OBRA:</b>						
DESCRIPCION (CATEG)	CANTIDAD	JOR/HORA	C/HORA	RENDIM.	COSTO	
Albañil	1	2.82	2.82	0.25	0.71	
Peon	1	2.78	2.78	0.25	0.70	
<b>PARCIAL N</b>					1.41	
<b>MATERIALES:</b>						
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITAR.	COSTO		
Isopanel	m2	1.00	15.00	15.00		
<b>PARCIAL O</b>					15.00	
<b>TRANSPORTE (P)</b>						
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO/KM	DISTANCIA	TARIFA	COSTO
			-			
<b>PARCIAL P</b>					-	
<b>TOTAL COSTO DIRECTO</b>					16.57	
<b>C. INDIRECTO Y UTILIDAD</b>				15.00%	2.49	
<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO</b>					19.06	
<b>VALOR PROPUESTO</b>					19.06	
FIRMA			FECHA: abr-2013			

<b>PROYECTO: CÁMARA DE CURADO PARA LA NAVE INDUSTRIAL PARA LA EMPRESA CAZAL</b>						
<b>ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS</b>						
NOMBRE DEL PROPONENTE:		TESIS DE GRADO CHICAIZA - NASPUD				
RUBRO:	4,003	RENDIMIENTO (horas/unid)				
CODIGO:	E.2.34011					
DETALLE:	Isopanel e=10 cm (techo)					
CAPITULO:		UNIDAD: m2				
<b>EQUIPO:</b>						
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	C/HORA	RENDIM.	COSTO	
Herramientas varias	1	0.44	0.44	0.25	0.11	
Amoladora	1	0.19	0.19	0.25	0.05	
Andamios	4	0.20	0.80	0.25	0.20	
<b>PARCIAL M</b>					0.36	
<b>MANO DE OBRA:</b>						
DESCRIPCION (CATEG)	CANTIDAD	JOR/HORA	C/HORA	RENDIM.	COSTO	
Albañil	1	2.82	2.82	0.25	0.71	
Peon	1	2.78	2.78	0.25	0.70	
<b>PARCIAL N</b>					1.41	
<b>MATERIALES:</b>						
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITAR.	COSTO		
Isopanel e=10 cm (techo)	u	1.00	15.00	15.00		
<b>PARCIAL O</b>					15.00	
<b>TRANSPORTE (P)</b>						
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO/KM	DISTAN CIA	TARIFA	COSTO
			-			
<b>PARCIAL P</b>					-	
<b>TOTAL COSTO DIRECTO</b>					16.77	
<b>C. INDIRECTO Y UTILIDAD</b>				15.00%	2.52	
<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO</b>					19.29	
<b>VALOR PROPUESTO</b>					19.29	
FIRMA			FECHA: abr-2013			

<b>PROYECTO: CÁMARA DE CURADO PARA LA NAVE INDUSTRIAL PARA LA EMPRESA CAZAL</b>															
<b>ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS</b>															
NOMBRE DEL PROPONENTE: TESIS DE GRADO CHICAIZA - NASPUD															
RUBRO: 5,001 RENDIMIENTO (horas/unid)															
CODIGO: E.2.13026															
DETALLE: Acero A 36 estructura en perfiles, suministro y montaje.															
CAPITULO: UNIDAD: kg															
<b>EQUIPO:</b>															
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	C/HORA	RENDIM.	COSTO										
Módulo andamio metálico h= 1.5 m	6	0.09	0.54	0.02	0.01										
Herramientas varias	2	0.44	0.88	0.02	0.01										
Camión Grua de 10 Ton.	1	32.00	32.00	0.02	0.48										
Equipo de suelda	1	0.75	0.75	0.02	0.01										
<b>PARCIAL M</b>					0.51										
<b>MANO DE OBRA:</b>															
DESCRIPCION (CATEG)	CANTIDAD	JOR/HORA	C/HORA	RENDIM.	COSTO										
Maestro soldador especializado	1	3.02	3.02	0.00	-										
Ayudante de fierro	2	2.78	5.56	0.02	0.08										
Chofer profesional licencia	1	4.16	4.16	0.02	0.06										
<b>PARCIAL N</b>					0.14										
<b>MATERIALES:</b>															
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITAR.	COSTO											
Suelda	kg	0.04	2.46	0.10											
Acero en perfiles A 36	Kg	1.00	1.20	1.20											
<b>PARCIAL O</b>					1.30										
<b>TRANSPORTE (P)</b>															
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO/KM	DISTANCIA	TARIFA	COSTO									
			-												
<b>PARCIAL P</b>					-										
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 60%;">TOTAL COSTO DIRECTO</td> <td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 30%; text-align: right;">1.95</td> </tr> <tr> <td>C. INDIRECTO Y UTILIDAD</td> <td style="text-align: center;">15.00%</td> <td style="text-align: right;">0.29</td> </tr> <tr> <td><b>COSTO TOTAL DEL RUBRO</b></td> <td></td> <td style="text-align: right;"><b>2.24</b></td> </tr> </table>							TOTAL COSTO DIRECTO		1.95	C. INDIRECTO Y UTILIDAD	15.00%	0.29	<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO</b>		<b>2.24</b>
TOTAL COSTO DIRECTO		1.95													
C. INDIRECTO Y UTILIDAD	15.00%	0.29													
<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO</b>		<b>2.24</b>													
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 60%;">VALOR PROPUESTO</td> <td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 30%; text-align: right;">2.24</td> </tr> </table>							VALOR PROPUESTO		2.24						
VALOR PROPUESTO		2.24													
FIRMA _____			FECHA: abr-2013												

<b>PROYECTO: CÁMARA DE CURADO PARA LA NAVE INDUSTRIAL PARA LA EMPRESA CAZAL</b>						
<b>ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS</b>						
NOMBRE DEL PROPONENTE:		TESIS DE GRADO CHICAIZA - NASPUD				
RUBRO:	5,002	RENDIMIENTO (horas/unid)				
CODIGO:	E.2.00019					
DETALLE:	Pintura anticorrosiva para acero estructural					
CAPITULO:						UNIDAD: m2
<b>EQUIPO:</b>						
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	C/HORA	RENDIM.	COSTO	
Herramientas varias	1	0.44	0.44	0.20	0.09	
				<b>PARCIAL M</b>		0.09
<b>MANO DE OBRA:</b>						
DESCRIPCION (CATEG)	CANTIDAD	JOR/HORA	C/HORA	RENDIM.	COSTO	
Pintor	1	2.82	2.82	0.20	0.56	
Maestro de obra	1	3.02	3.02	0.02	0.06	
Ayudante de Pintor	1	2.78	2.78	0.20	0.56	
				<b>PARCIAL N</b>		1.18
<b>MATERIALES:</b>						
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITAR.	COSTO		
Pintura anticorrosiv a	gl	0.08	12.90	0.97		
Diluyente	gl	0.08	5.45	0.41		
Lija	pliego	0.10	0.62	0.06		
				<b>PARCIAL O</b>		1.44
<b>TRANSPORTE (P)</b>						
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO/KM	DISTANCIA	TARIFA	COSTO
			-			
				<b>PARCIAL P</b>		-
				<b>TOTAL COSTO DIRECTO</b>		2.71
				<b>C. INDIRECTO Y UTILIDAD</b>		15.00% 0.41
				<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO</b>		3.12
				<b>VALOR PROPUESTO</b>		3.12
FIRMA			FECHA: abr-2013			

<b>PROYECTO: CÁMARA DE CURADO PARA LA NAVE INDUSTRIAL PARA LA EMPRESA CAZAL</b>						
<b>ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS</b>						
NOMBRE DEL PROPONENTE:		TESIS DE GRADO CHICAIZA - NASPUD				
RUBRO:	6,001	RENDIMIENTO (horas/unid)				
CODIGO:	TC.49073					
DETALLE:	Tubería de cobre de 1"					
CAPITULO:		UNIDAD: m				
<b>EQUIPO:</b>						
<b>DESCRIPCION</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>TARIFA</b>	<b>C/HORA</b>	<b>RENDIM.</b>	<b>COSTO</b>	
Herramientas varias	1	0.44	0.44	0.10	0.04	
<b>PARCIAL M</b>					0.04	
<b>MANO DE OBRA:</b>						
<b>DESCRIPCION (CATEG)</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>JOR/HORA</b>	<b>C/HORA</b>	<b>RENDIM.</b>	<b>COSTO</b>	
Plomero	1	2.82	2.82	0.10	0.28	
<b>PARCIAL N</b>					0.28	
<b>MATERIALES:</b>						
<b>DESCRIPCION</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>P. UNITAR.</b>	<b>COSTO</b>		
Tubo de cobre de 1"	u	1.00	27.00	27.00		
<b>PARCIAL O</b>					27.00	
<b>TRANSPORTE (P)</b>						
<b>DESCRIPCION</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>COSTO/KM</b>	<b>DISTANCIA</b>	<b>TARIFA</b>	<b>COSTO</b>
			-			
<b>PARCIAL P</b>					-	
<b>TOTAL COSTO DIRECTO</b>					27.32	
<b>C. INDIRECTO Y UTILIDAD</b>					15.00%	4.10
<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO</b>					31.42	
<b>VALOR PROPUESTO</b>					31.42	
FIRMA			FECHA: abr-2013			

<b>PROYECTO: CÁMARA DE CURADO PARA LA NAVE INDUSTRIAL PARA LA EMPRESA CAZAL</b>								
<b>ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS</b>								
NOMBRE DEL PROPONENTE: TESIS DE GRADO CHICAIZA - NASPUD								
RUBRO: 6,002 RENDIMIENTO (horas/unid)								
CODIGO: TC.49074								
DETALLE: Tubería de alimentación de agua 1"								
CAPITULO: UNIDAD: m								
<b>EQUIPO:</b>								
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	C/HORA	RENDIM.	COSTO			
Herramientas varias	1	0.44	0.44	0.10	0.04			
<b>PARCIAL M</b>					0.04			
<b>MANO DE OBRA:</b>								
DESCRIPCION (CATEG)	CANTIDAD	JOR/HORA	C/HORA	RENDIM.	COSTO			
Plomero	1	2.82	2.82	0.10	0.28			
<b>PARCIAL N</b>					0.28			
<b>MATERIALES:</b>								
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITAR.	COSTO				
Tubería de alimentación de agua 1"	m	1.00	3.88	3.88				
<b>PARCIAL O</b>					3.88			
<b>TRANSPORTE (P)</b>								
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO/KM	DISTANCIA	TARIFA	COSTO		
			-					
<b>PARCIAL P</b>					-			
<b>TOTAL COSTO DIRECTO</b>					4.20			
<b>C. INDIRECTO Y UTILIDAD</b>					15.00% 0.63			
<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO</b>					4.83			
<b>VALOR PROPUESTO</b>					4.83			
<table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 50%; border: none;">FIRMA _____</td> <td style="width: 50%; border: none;">FECHA: abr-2013</td> </tr> </table>							FIRMA _____	FECHA: abr-2013
FIRMA _____	FECHA: abr-2013							

<b>PROYECTO: CÁMARA DE CURADO PARA LA NAVE INDUSTRIAL PARA LA EMPRESA CAZAL</b>						
<b>ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS</b>						
NOMBRE DEL PROPONENTE:		TESIS DE GRADO CHICAIZA - NASPUD				
RUBRO:	6,003	RENDIMIENTO (horas/unid)				
CODIGO:	TC.49075					
DETALLE:	Tubería de alimentación de agua 1/2"					
CAPITULO:		UNIDAD: m				
<b>EQUIPO:</b>						
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	C/HORA	RENDIM.	COSTO	
Herramientas varias	1	0.44	0.44	0.10	0.04	
				PARCIAL M		0.04
<b>MANO DE OBRA:</b>						
DESCRIPCION (CATEG)	CANTIDAD	JOR/HORA	C/HORA	RENDIM.	COSTO	
Plomero	1	2.82	2.82	0.10	0.28	
				PARCIAL N		0.28
<b>MATERIALES:</b>						
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITAR.	COSTO		
Tubería PVC 1/2" - 3/4"	m	1.00	2.05	2.05		
				PARCIAL O		2.05
<b>TRANSPORTE (P)</b>						
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO/KM	DISTANCIA	TARIFA	COSTO
			-			
				PARCIAL P		-
<b>TOTAL COSTO DIRECTO</b>						2.37
<b>C. INDIRECTO Y UTILIDAD</b>					15.00%	0.36
<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO</b>						2.73
<b>VALOR PROPUESTO</b>						2.73
FIRMA			FECHA: abr-2013			

<b>PROYECTO: CÁMARA DE CURADO PARA LA NAVE INDUSTRIAL PARA LA EMPRESA CAZAL</b>						
<b>ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS</b>						
NOMBRE DEL PROPONENTE:		TESIS DE GRADO CHICAIZA - NASPUD				
RUBRO:	6,004	RENDIMIENTO (horas/unid)				
CODIGO:	TC.49076					
DETALLE:	Unión de 1"					
CAPITULO:		UNIDAD:	u			
<b>EQUIPO:</b>						
<b>DESCRIPCION</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>TARIFA</b>	<b>C/HORA</b>	<b>RENDIM.</b>	<b>COSTO</b>	
Herramientas varias	1	0.44	0.44	0.05	0.02	
<b>PARCIAL M</b>					0.02	
<b>MANO DE OBRA:</b>						
<b>DESCRIPCION (CATEG)</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>JOR/HORA</b>	<b>C/HORA</b>	<b>RENDIM.</b>	<b>COSTO</b>	
Plomero	1	2.82	2.82	0.05	0.14	
<b>PARCIAL N</b>					0.14	
<b>MATERIALES:</b>						
<b>DESCRIPCION</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>P. UNITAR.</b>	<b>COSTO</b>		
Unión de 1"	u	1.00	8.00	8.00		
<b>PARCIAL O</b>					8.00	
<b>TRANSPORTE (P)</b>						
<b>DESCRIPCION</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>COSTO/KM</b>	<b>DISTANCIA</b>	<b>TARIFA</b>	<b>COSTO</b>
			-			
<b>PARCIAL P</b>					-	
<b>TOTAL COSTO DIRECTO</b>					8.16	
<b>C. INDIRECTO Y UTILIDAD</b>					15.00% 1.22	
<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO</b>					9.38	
<b>VALOR PROPUESTO</b>					9.38	
FIRMA			FECHA: abr-2013			

<b>PROYECTO: CÁMARA DE CURADO PARA LA NAVE INDUSTRIAL PARA LA EMPRESA CAZAL</b>						
<b>ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS</b>						
NOMBRE DEL PROPONENTE:		TESIS DE GRADO CHICAIZA - NASPUD				
RUBRO:	6,005	RENDIMIENTO (horas/unid)				
CODIGO:	TC.49077					
DETALLE:	Electro válvula					
CAPITULO:		UNIDAD: u				
<b>EQUIPO:</b>						
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	C/HORA	RENDIM.	COSTO	
Herramientas varias	1	0.44	0.44	1.00	0.44	
				<b>PARCIAL M</b>		0.44
<b>MANO DE OBRA:</b>						
DESCRIPCION (CATEG)	CANTIDAD	JOR/HORA	C/HORA	RENDIM.	COSTO	
Plomero	1	2.82	2.82	1.00	2.82	
				<b>PARCIAL N</b>		2.82
<b>MATERIALES:</b>						
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITAR.	COSTO		
Electro válvula	u	1.00	111.00	111.00		
				<b>PARCIAL O</b>		111.00
<b>TRANSPORTE (P)</b>						
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO/KM	DISTANCIA	TARIFA	COSTO
			-			
				<b>PARCIAL P</b>		-
				<b>TOTAL COSTO DIRECTO</b>		114.26
				<b>C. INDIRECTO Y UTILIDAD</b>		15.00% 17.14
				<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO</b>		131.40
				<b>VALOR PROPUESTO</b>		131.40
FIRMA			FECHA: abr-2013			

<b>PROYECTO: CÁMARA DE CURADO PARA LA NAVE INDUSTRIAL PARA LA EMPRESA CAZAL</b>						
<b>ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS</b>						
NOMBRE DEL PROPONENTE: TESIS DE GRADO CHICAIZA - NASPUD						
RUBRO: 6,006 RENDIMIENTO (horas/unid)						
CODIGO: TC.49078						
DETALLE: Codo 90° de 1"						
CAPITULO: UNIDAD: u						
<b>EQUIPO:</b>						
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	C/HORA	RENDIM.	COSTO	
Herramientas varias	1	0.44	0.44	0.05	0.02	
				<b>PARCIAL M</b>		0.02
<b>MANO DE OBRA:</b>						
DESCRIPCIÓN (CATEG)	CANTIDAD	JOR/HORA	C/HORA	RENDIM.	COSTO	
Plomero	1	2.82	2.82	0.05	0.14	
				<b>PARCIAL N</b>		0.14
<b>MATERIALES:</b>						
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNIFAR.	COSTO		
Codo 90° de 1"	u	1.00	0.80	0.80		
				<b>PARCIAL O</b>		0.80
<b>TRANSPORTE (P)</b>						
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO/KM	DISTANCIA	TARIFA	COSTO
			-			
				<b>PARCIAL P</b>		-
				<b>TOTAL COSTO DIRECTO</b>		0.96
				<b>C. INDIRECTO Y UTILIDAD</b>		15.00% 0.14
				<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO</b>		1.10
				<b>VALOR PROPUESTO</b>		1.10
FIRMA _____			FECHA: abr-2013			

<b>PROYECTO: CÁMARA DE CURADO PARA LA NAVE INDUSTRIAL PARA LA EMPRESA CAZAL</b>						
<b>ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS</b>						
NOMBRE DEL PROPONENTE: TESIS DE GRADO CHICAIZA - NASPUD						
RUBRO: 6,007 RENDIMIENTO (horas/unid)						
CODIGO: TC.49079						
DETALLE: Tee 1"						
CAPITULO: UNIDAD: u						
<b>EQUIPO:</b>						
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	C/HORA	RENDIM.	COSTO	
Herramientas v arías	1	0.44	0.44	0.05	0.02	
<b>PARCIAL M</b>					0.02	
<b>MANO DE OBRA:</b>						
DESCRIPCION (CATEG)	CANTIDAD	JOR/HORA	C/HORA	RENDIM.	COSTO	
Plomero	1	2.82	2.82	0.05	0.14	
<b>PARCIAL N</b>					0.14	
<b>MATERIALES:</b>						
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNIFAR.	COSTO		
Tee 1"	u	1.00	1.45	1.45		
<b>PARCIAL O</b>					1.45	
<b>TRANSPORTE (P)</b>						
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO/KM	DISTANCIA	TARIFA	COSTO
			-			
<b>PARCIAL P</b>					-	
<b>TOTAL COSTO DIRECTO</b>					1.61	
<b>C. INDIRECTO Y UTILIDAD</b>					15.00%	0.24
<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO</b>					1.85	
<b>VALOR PROPUESTO</b>					1.85	
FIRMA			FECHA: abr-2013			

<b>PROYECTO: CÁMARA DE CURADO PARA LA NAVE INDUSTRIAL PARA LA EMPRESA CAZAL</b>						
<b>ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS</b>						
NOMBRE DEL PROPONENTE: TESIS DE GRADO CHICAIZA - NASPUD						
RUBRO: 6,008 RENDIMIENTO (horas/unid)						
CODIGO: TC.49080						
DETALLE: Válvula Chek						
CAPITULO: UNIDAD: u						
<b>EQUIPO:</b>						
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	C/HORA	RENDIM.	COSTO	
Herramientas varias	1	0.44	0.44	1.00	0.44	
				<b>PARCIAL M</b>		0.44
<b>MANO DE OBRA:</b>						
DESCRIPCIÓN (CATEG)	CANTIDAD	JOR/HORA	C/HORA	RENDIM.	COSTO	
Plomero	1	2.82	2.82	1.00	2.82	
				<b>PARCIAL N</b>		2.82
<b>MATERIALES:</b>						
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNIFAR.	COSTO		
Válvula Check	u	1.00	18.36	18.36		
				<b>PARCIAL O</b>		18.36
<b>TRANSPORTE (P)</b>						
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO/KM	DISTANCIA	TARIFA	COSTO
			-			
				<b>PARCIAL P</b>		-
				<b>TOTAL COSTO DIRECTO</b>		21.62
				<b>C. INDIRECTO Y UTILIDAD</b>		15.00% 3.24
				<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO</b>		24.86
				<b>VALOR PROPUESTO</b>		24.86
FIRMA _____			FECHA: abr-2013			

<b>PROYECTO: CÁMARA DE CURADO PARA LA NAVE INDUSTRIAL PARA LA EMPRESA CAZAL</b>						
<b>ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS</b>						
NOMBRE DEL PROPONENTE:		TESIS DE GRADO CHICAIZA - NASPUD				
RUBRO:	6,009	RENDIMIENTO (horas/unid)				
CODIGO:	TC.49081					
DETALLE:	Unión de 1/2"					
CAPITULO:		UNIDAD:	u			
<b>EQUIPO:</b>						
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	C/HORA	RENDIM.	COSTO	
Herramientas varias	1	0.44	0.44	0.05	0.02	
				<b>PARCIAL M</b>	0.02	
<b>MANO DE OBRA:</b>						
DESCRIPCIÓN (CATEG)	CANTIDAD	JOR/HORA	C/HORA	RENDIM.	COSTO	
Plomero	1	2.82	2.82	0.05	0.14	
				<b>PARCIAL N</b>	0.14	
<b>MATERIALES:</b>						
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNIFAR.	COSTO		
Unión de 1/2"	u	1.00	0.30	0.30		
				<b>PARCIAL O</b>	0.30	
<b>TRANSPORTE (P)</b>						
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO/KM	DISTANCIA	TARIFA	COSTO
			-			
				<b>PARCIAL P</b>	-	
<b>TOTAL COSTO DIRECTO</b>					0.46	
<b>C. INDIRECTO Y UTILIDAD</b>					15.00% 0.07	
<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO</b>					0.53	
<b>VALOR PROPUESTO</b>					0.53	
FIRMA _____			FECHA: abr-2013			

<b>PROYECTO: CÁMARA DE CURADO PARA LA NAVE INDUSTRIAL PARA LA EMPRESA CAZAL</b>						
<b>ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS</b>						
NOMBRE DEL PROPONENTE:		TESIS DE GRADO CHICAIZA - NASPUD				
RUBRO:	6,010	RENDIMIENTO (horas/unid)				
CODIGO:	TC.49082					
DETALLE:	Codo 90° de 1/2"					
CAPITULO:		UNIDAD: u				
<b>EQUIPO:</b>						
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	C/HORA	RENDIM.	COSTO	
Herramientas varias	1	0.44	0.44	0.05	0.02	
				<b>PARCIAL M</b>		0.02
<b>MANO DE OBRA:</b>						
DESCRIPCION (CATEG)	CANTIDAD	JOR/HORA	C/HORA	RENDIM.	COSTO	
Plomero	1	2.82	2.82	0.05	0.14	
				<b>PARCIAL N</b>		0.14
<b>MATERIALES:</b>						
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNIFAR.	COSTO		
Codo 90° de 1/2"	u	1.00	0.35	0.35		
				<b>PARCIAL O</b>		0.35
<b>TRANSPORTE (P)</b>						
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO/KM	DISTANCIA	TARIFA	COSTO
			-			
				<b>PARCIAL P</b>		-
<b>TOTAL COSTO DIRECTO</b>						0.51
<b>C. INDIRECTO Y UTILIDAD</b>					15.00%	0.08
<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO</b>						0.59
<b>VALOR PROPUESTO</b>						0.59
FIRMA			FECHA: abr-2013			

<b>PROYECTO: CÁMARA DE CURADO PARA LA NAVE INDUSTRIAL PARA LA EMPRESA CAZAL</b>						
<b>ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS</b>						
NOMBRE DEL PROPONENTE:		TESIS DE GRADO CHICAIZA - NASPUD				
RUBRO:	6,011	RENDIMIENTO (horas/unid)				
CODIGO:	TC.49083					
DETALLE:	Bomba de 1/2 HP					
CAPITULO:		UNIDAD:	u			
<b>EQUIPO:</b>						
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	C/HORA	RENDIM.	COSTO	
Herramientas varias	1	0.44	0.44	2.00	0.88	
				PARCIAL M	0.88	
<b>MANO DE OBRA:</b>						
DESCRIPCION (CATEG)	CANTIDAD	JOR/HORA	C/HORA	RENDIM.	COSTO	
Plomero	1	2.82	2.82	2.00	5.64	
				PARCIAL N	5.64	
<b>MATERIALES:</b>						
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNIFAR.	COSTO		
Bomba de 1/2 HP	u	1.00	344.00	344.00		
				PARCIAL O	344.00	
<b>TRANSPORTE (P)</b>						
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO/KM	DISTANCIA	TARIFA	COSTO
			-			
				PARCIAL P	-	
<b>TOTAL COSTO DIRECTO</b>					350.52	
<b>C. INDIRECTO Y UTILIDAD</b>					15.00%	52.58
<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO</b>					403.10	
<b>VALOR PROPUESTO</b>					403.10	
FIRMA			FECHA: abr-2013			

<b>PROYECTO: CÁMARA DE CURADO PARA LA NAVE INDUSTRIAL PARA LA EMPRESA CAZAL</b>						
<b>ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS</b>						
NOMBRE DEL PROPONENTE: TESIS DE GRADO CHICAIZA - NASPUD						
RUBRO: 6,012 RENDIMIENTO (horas/unid)						
CODIGO: TC.49084						
DETALLE: Micro-aspensores						
CAPITULO: UNIDAD: u						
<b>EQUIPO:</b>						
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	C/HORA	RENDIM.	COSTO	
Herramientas v varias	1	0.44	0.44	0.50	0.22	
<b>PARCIAL M</b>					0.22	
<b>MANO DE OBRA:</b>						
DESCRIPCION (CATEG)	CANTIDAD	JOR/HORA	C/HORA	RENDIM.	COSTO	
Plomero	1	2.82	2.82	0.50	1.41	
<b>PARCIAL N</b>					1.41	
<b>MATERIALES:</b>						
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITAR.	COSTO		
Micro-aspensores	u	1.00	5.00	5.00		
<b>PARCIAL O</b>					5.00	
<b>TRANSPORTE (P)</b>						
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO/KM	DISTANCIA	TARIFA	COSTO
			-			
<b>PARCIAL P</b>					-	
<b>TOTAL COSTO DIRECTO</b>					6.63	
<b>C. INDIRECTO Y UTILIDAD</b>				15.00%	0.99	
<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO</b>					7.62	
<b>VALOR PROPUESTO</b>					7.62	
FIRMA			FECHA: abr-2013			

<b>PROYECTO: CÁMARA DE CURADO PARA LA NAVE INDUSTRIAL PARA LA EMPRESA CAZAL</b>						
<b>ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS</b>						
NOMBRE DEL PROPONENTE:		TESIS DE GRADO CHICAIZA - NASPUD				
RUBRO:	6,013	RENDIMIENTO (horas/unid)				
CODIGO:	TC.49085					
DETALLE:	Equipo Térmico, incluye suministro y mano de obra					
CAPITULO:		UNIDAD:	global			
<b>EQUIPO:</b>						
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	C/HORA	RENDIM.	COSTO	
			0			
				PARCIAL M	-	
<b>MANO DE OBRA:</b>						
DESCRIPCION (CATEG)	CANTIDAD	JOR/HORA	C/HORA	RENDIM.	COSTO	
			0			
				PARCIAL N	-	
<b>MATERIALES:</b>						
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNIFAR.	COSTO		
Equipo térmico	u	1.00	25,000.00	25,000.00		
				PARCIAL O	25,000.00	
<b>TRANSPORTE (P)</b>						
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO/KM	DISTANCIA	TARIFA	COSTO
			-			
				PARCIAL P	-	
<b>TOTAL COSTO DIRECTO</b>					25,000.00	
<b>C. INDIRECTO Y UTILIDAD</b>					15.00% 3,750.00	
<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO</b>					28,750.00	
<b>VALOR PROPUESTO</b>					28,750.00	
FIRMA			FECHA: abr-2013			

<b>PROYECTO: CÁMARA DE CURADO PARA LA NAVE INDUSTRIAL PARA LA EMPRESA CAZAL</b>														
<b>ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS</b>														
NOMBRE DEL PROPONENTE:		TESIS DE GRADO CHICAIZA - NASPUD												
RUBRO:	6,014	RENDIMIENTO (horas/unid)												
CODIGO:	TC.49086													
DETALLE:	Equipo Solar													
CAPITULO:		UNIDAD: global												
<b>EQUIPO:</b>														
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	C/HORA	RENDIM.	COSTO									
			0											
PARCIAL M					-									
<b>MANO DE OBRA:</b>														
DESCRIPCIÓN (CATEG)	CANTIDAD	JOR/HORA	C/HORA	RENDIM.	COSTO									
			0											
PARCIAL N					-									
<b>MATERIALES:</b>														
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITAR.	COSTO										
Equipo solar	u	1.00	2,670.00	2,670.00										
PARCIAL O					2,670.00									
<b>TRANSPORTE (P)</b>														
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO/KM	DISTANCIA	TARIFA	COSTO								
			-											
PARCIAL P					-									
<table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: 0;"> <tr> <td>TOTAL COSTO DIRECTO</td> <td></td> <td style="text-align: right;">2,670.00</td> </tr> <tr> <td>C. INDIRECTO Y UTILIDAD</td> <td style="text-align: center;">15.00%</td> <td style="text-align: right;">400.50</td> </tr> <tr> <td>COSTO TOTAL DEL RUBRO</td> <td></td> <td style="text-align: right;">3,070.50</td> </tr> </table>						TOTAL COSTO DIRECTO		2,670.00	C. INDIRECTO Y UTILIDAD	15.00%	400.50	COSTO TOTAL DEL RUBRO		3,070.50
TOTAL COSTO DIRECTO		2,670.00												
C. INDIRECTO Y UTILIDAD	15.00%	400.50												
COSTO TOTAL DEL RUBRO		3,070.50												
<table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: 0;"> <tr> <td>VALOR PROPUESTO</td> <td></td> <td style="text-align: right;">3,070.50</td> </tr> </table>						VALOR PROPUESTO		3,070.50						
VALOR PROPUESTO		3,070.50												
FIRMA			FECHA: abr-2013											

## 5.2.4 RESUMEN DE PRESUPUESTO DE LA CÁMARA DE CURADO.

PRESUPUESTO						
PROYECTO:		CÁMARA DE CURADO PARA LA NAVE INDUSTRIAL PARA LA EMPRESA CAZAL				
RUBRO No.	CODIGO No.	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
1		Cimentación				807.72
1,001	E.2.07008	Hormigón Ciclópeo (60% H.S y 40% piedra) f'c = 210 kg/cm2	m3	3.8	98.91	375.86
1,002	R.49036	Replanteo de piedra e = 15 cm	m2	1.995	6.16	12.29
1,003	E.2.00020	Hormigón Simple f'c = 140 kg/cm2	m3	0.998	89.60	89.42
1,004	E.2.00001	Hormigón Simple f'c = 240 kg/cm2	m3	2	118.69	237.38
1,005	E.2.13028	Malla electrosoldada R-131 5 mm c/15cm	m2	19.95	4.65	92.77
2		Vigas-Columnas de Hormigón				823.99
2,001	E.2.00001	Hormigón Simple f'c = 240 kg/cm2	m3	1.4	118.69	166.17
2,002	E.13043	Vigas prefabricadas V1 10x10 cm	m	62	10.61	657.82
3		Paredes				795.85
3,001	MP.49038	Mampostería de ladrillo ancho 15 cm con mortero 1:3	m2	36.34	19.62	712.99
3,002	A.1.48061	Enlucido e=1.5 cm.	m2	36.34	2.28	82.86
4		Isopanel				1,502.35
4,001	E.2.34009	Isopanel e=10 cm (paredes)	m2	36.34	19.29	701.00
4,002	E.2.34010	Isopanel e=10cm (piso)	m2	19.95	19.06	380.25
4,003	E.2.34011	Isopanel e=10 cm (techo)	m2	21.83	19.29	421.10
5		Cubierta				478.31
5,001	E.2.13026	Acero A 36 estructura en perfiles, suministro y montaje.	kg	193.6	2.24	433.66
5,002	E.2.00019	Pintura anticorrosiva para acero estructural	m2	14.31	3.12	44.65
6		Tubería de Accesorios				43,163.55
6,001	TC.49073	Tubería de cobre de 1"	m	330	31.42	10,368.60
6,002	TC.49074	Tubería de alimentación de agua 1"	m	34.15	4.83	164.94
6,003	TC.49075	Tubería de alimentación de agua 1/2"	m	7	2.73	19.11
6,004	TC.49076	Unión de 1"	u	8	9.38	75.04
6,005	TC.49077	Electro válvula	u	5	131.40	657.00
6,006	TC.49078	Codo 90° de 1"	u	11	1.10	12.10
6,007	TC.49079	Tee 1"	u	1	1.85	1.85
6,008	TC.49080	Válvula Chek	u	1	24.86	24.86
6,009	TC.49081	Unión de 1/2"	u	1	0.53	0.53
6,010	TC.49082	Codo 90° de 1/2"	u	2	0.59	1.18
6,011	TC.49083	Bomba de 1/2 HP	u	1	403.10	403.10
6,012	TC.49084	Micro-aspersores	u	2	7.62	15.24
6,013	TC.49085	Equipo Térmico, incluye suministro y mano de obra	global	1	28,750.00	28,750.00
6,014	TC.49086	Equipo Solar	global	1	2,670.00	2,670.00
<b>SUBTOTAL</b>						47,571.77
<b>TOTAL:</b>						53,280.38
Son: CINCUENTA Y TRES MIL DOSCIENTOS OCHENTA CON 38/100 DÓLARES						
<hr/> TESIS DE GRADO CHICAIZA - NASPUD CONSULTOR						Cuenca, abr-13 LUGAR Y FECHA

## 5.3 COSTO DEL PROYECTO.

Obtenidos los precios de los presupuestos para el proyecto se calcula el costo total de inversión del proyecto.

**Tabla 5.3. Costo total de inversión.**

COSTO TOTAL DE INVERSION DEL PROYECTO	
COSTO NAVE INDUSTRIAL	167370.5264
COSTO CAMARA DE CURADO	53280.38
<b>TOTAL IMPLEMENTACION PROYECTO CAZAL</b>	<b>220650.91</b>

Después de recopilar la información de los costos hemos llegado a la conclusión que el costo para la implementación del proyecto sugerido es de \$220650,91.

## 5.4 ANÁLISIS COSTO-BENEFICIO.

### 5.4.1 CÁLCULO DEL PRECIO DE VENTA AL PÚBLICO (PVP).

Para el análisis costo beneficio iniciamos determinando el precio de producción de un metro cúbico de prefabricado, este dato fue entregado por el propietario de la empresa Cazal.

Así mismo el porcentaje de utilidades es determinado por la misma empresa de acuerdo a sus criterios de venta.

- Costo de 1m<sup>3</sup> de prefabricado: \$220.
- Porcentaje de utilidades: 40%.

Con estos datos se calcula el precio de venta al público.

**Tabla 5.4. Determinación de PVP**

Denominación		Precio \$
Costo de producción de 1m <sup>3</sup>		220
Utilidad del producto	40%	88.00
Costo + utilidad		308
	IVA 12%	36.96
	<b>PVP</b>	<b>344.96</b>

El precio de 1m<sup>3</sup> de prefabricado para la venta es de \$344.96.

### 5.4.2 GANANCIA DE PRODUCCIÓN.

La ganancia de producción será determinada de acuerdo al mejoramiento de tiempos de recorrido mostrados en la Tabla 2.2, además del mejoramiento del tiempo en el proceso de curado explicado en el Capítulo 4, estos valores se los cuantificará teniendo una relación entre los tiempos actuales y los tiempos de mejora propuestos.

**Tabla 5.5. Ganancia de producción.**

Tiempo con proceso actual	28.004042014	días
Tiempo con implementación proceso Cazal	7.001469907	días
<b>Ganancia de producción</b>	<b>21.002572107</b>	<b>días</b>

Obtenida la ganancia de producción se tiene un aumento de producción de 4 veces más, lo que resulta una ganancia de  $264\text{m}^3$  con una producción diaria de  $3\text{m}^3$ .

En la Tabla 5.6 se muestra una comparación entre la producción actual y la producción con mejoramiento, para los dos casos se tiene una producción diaria de  $3\text{m}^3$  con una utilidad del 40 % que de acuerdo a la Tabla 5.4 tiene un valor de \$88.

**Tabla 5.6. Tabla comparativa para producción.**

PRODUCCIÓN	VALOR (m3)	UTILIDAD DEL PRODUCTO (\$)	UTILIDAD NETA
Produccion mensual actual	66	88.00	5808.00
Produccion con mejoramiento	264	88.00	23230.48

Con una producción de  $264\text{m}^3$  por mes obtenemos una utilidad neta de \$23230.48 lo que representa un aumento del 400% por mes

### 5.4.3 TIEMPO DE AMORTIZACIÓN.

En términos generales la amortización se refiere al reembolso gradual de una deuda, dicho esto de acuerdo al mejoramiento en la utilidad neta en relación con el costo de implementación se tiene el cálculo para la amortización por mes (Tabla 5.7):

**Tabla 5.7. Relación para amortización**

Utilidad neta	\$ 23230.48	30 días
Costo de implementación	\$ 220,650.91	x días

De acuerdo a la Tabla 5.7 se calcula que el costo de la implementación con una producción diaria de  $3\text{m}^3$  será amortizada en 9 meses.

Por lo tanto después de recopilar la información de los costos hemos llegado a la conclusión que la inversión para la implementación del proyecto sugerido de \$220650.91 es viable.

## 5.5 CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO

Se realiza un análisis económico de todas las propuestas entregadas en este proyecto con el propósito de conocer si los diseños planteados son viables y se puede lograr un beneficio significativo el cual apoye la realización del ideal presentado.

Se levanta un presupuesto donde se cuantifican todos y cada uno de los elementos analizados y elegidos para el proyecto, donde se enfatizan los precios unitarios de materiales, equipo, mano de obra, transporte, utilidad y salarios, con los costos obtenidos se tiene un precio del proyecto de \$220650.91.

Se calcula el precio de venta al público por metro cúbico de hormigón, este es proporcionado por la empresa Cazal y no es calculado por medio de procesos productivos debido a que estos son considerados un secreto industrial, seguido a esto se obtiene la ganancia de producción cuantificado en días obteniendo una relación entre la producción actual y una eventual producción de acuerdo a datos proporcionados por Cazal, medida en dólares de ganancia.

Finalmente se relacionan las ganancias de producción con el precio de proyecto obtenido alcanzando el tiempo de amortización de 9 meses, Por lo tanto la inversión para la implementación del proyecto sugerido de \$220650.91 es viable.

## BIBLIOGRAFÍA

- KANAWATY GEORGE, *Introducción al estudio del trabajo*, Cuarta Edición, 1996.
- INFORMACIONES TÉCNICAS ICPA, *Informaciones técnicas*, Curado del hormigón.
- P. REYES, *Reducción del tiempo de ciclo*, Sept 2007.
- NEUFERT, *El arte de proyectar en arquitectura*, 14 Edición.
- INGENIERO GERMÁN URDANETA H, *Tipología del acero estructural*.
- DRA ING. MARÍA GRACIELA FRATELLI, *Diseño de estructura metálicas, Estados Límites LRFD*.
- MC CORMAC, JACK, *Diseño de Estructuras de Acero Método LRFD*, 2a Edición, 2002.
- DR. ING. JOEL MARTÍNEZ, *Diseño estructural 2009-1*, Facultad de Ingenierías UABC, Guide for the design and construction of Mill Buildings, AISE Technical Report N°13, 2003.
- R NONNAST, *El proyectista de estructuras metálicas*, 18 Edición, Tomo I, 1993.
- R NONNAST, *El proyectista de estructuras metálicas*, 18 Edición, Tomo II, 1993.
- WILLIAM T. SEGUI, *Diseño de estructuras de acero con LRFD*.
- AISI, *American Iron and Steel Institute, North American Specification for the Design of Cold Formed Steel Structural Members*, 2007 Edition.
- NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN, *NEC-11*, Capítulo 2.
- J CALAVERA, *Calculo de Estructuras de Cimentación*, 4ta Edición.

- ARTHUR H. NILSON, *Diseño de estructuras de concreto*.
- CISC, *Canadian Institute of Steel Construction; Crane-Supporting Steel Structures*; 2da Ed; 2009.
- AISE, *Association of Iron and Steel Engineers*, Reporte N13; Guide for the Design and Construction of Mill Buildings.
- TOMAS H ORIHUELA JR, PE, *Design of Monorail Systems*.
- CMAA, *Specifications for top running*.
- WEIGLER Y KARL, Hormigones ligeros armados.
- FERRER JOSÉ, *Procedimiento para el fraguado y secado de piezas de cemento celular*.
- J.P HOLMAN, *Transferencia de calor*.
- MARTIN LLORENS, *Enciclopedia de la climatización*.
- YANUS A. CENGEL, *Termodinámica I*, Cuarta Edición.
- PEDRO FERNÁNDEZ DÍEZ. *Procesos Termosolares en baja, media y alta temperatura*.
- ICPA, Instituto del Cemento Portland Argentino.
- CHASE JACOBS MF, *Administración de operaciones, producción*.

# **ANEXO 1.1. PROPIEDADES DEL HORMIGÓN LIVIANO ESTRUCTURAL<sup>46</sup>**

---

<sup>46</sup> Instituto del Cemento Portland Argentino, <http://www.icpa.org.ar/publico/files/hormliv2.pdf>

## **HORMIGONES DE AGREGADOS LIVIANOS**

### **Generalidades:**

Resultan de la sustitución de los agregados minerales ordinarios (densos) que se utilizan en la elaboración de hormigones comunes, por agregados livianos inorgánicos u orgánicos.

La estructura que presentan estos hormigones es, aparentemente, semejante a la de los hormigones ordinarios, pero contiene en su interior una gran cantidad de alveolos que ocupan un volumen considerable. Mientras en los hormigones celulares anteriormente descritos los alveolos están distribuidos uniformemente en su masa, los hormigones de agregados livianos presentan una distribución heterogénea de vacíos repartidos en los agregados. Para que estos hormigones reúnan las características esenciales requeridas es indispensable que los agregados livianos estén repartidos de manera muy regular en la mezcla, que no estén colmatados por el mortero de cemento y que no presenten una gran absorción de agua.

### **Clasificación:**

Existe una gran diversidad de agregados livianos de distintas propiedades, características y origen, utilizados en la elaboración de hormigones livianos, pudiendo ser clasificados estos teniendo en cuenta el agregado que ha intervenido en su composición.

## **HORMIGONES DE AGREGADOS LIVIANOS INORGÁNICOS:**

Pueden ser clasificados en dos grandes grupos:

1.- Agregados naturales, provenientes de yacimientos minerales y utilizados directamente después de diversas operaciones de molido y clasificación.

2.- Agregados artificiales, provenientes de una transformación térmica, efectuada por el hombre, de distintos productos minerales utilizados solos o en mezcla.

Dentro de la primera categoría pueden establecerse los siguientes subgrupos:

a) rocas de origen sedimentario

b) rocas de origen ígneo

En la segunda categoría

a) agregados provenientes de la transformación de sustancias inorgánicas especialmente extraídas a tal efecto

b) agregados provenientes de la recuperación de residuos de sustancias inorgánicas extraídas para otros usos.

### **1.- Agregados naturales**

#### **a) Rocas de origen sedimentario:**

**a1)** Tierras diatomáceas o diatomita o sílice fósil. Consiste esencialmente en residuos microscópicos del esqueleto silíceo de un organismo fósil. Presenta una contextura formada por innumerables poros y canales, con una densidad aparente muy reducida, lo que permite obtener un hormigón muy liviano, y por lo tanto, muy poco resistente. Como consecuencia, la capacidad de absorción de agua es considerable, debiendo tomarse precauciones especiales para evitar retracciones importantes y figuraciones durante el periodo de fraguado y endurecimiento.

**a2)** Conchillas calcáreas. Material frágil, de estructura laminar. Se lo utiliza previa trituración o al estado natural.

#### **b) Rocas ígneas**

**b1)** Piedra pómez. Material de origen volcánico, de estructura celular esponjosa obtenida naturalmente por distensión de la materia bajo la acción de una fuerte presión de gas en su interior y un enfriamiento rápido.

Al estado natural se la encuentra en bancos de un metro o más de espesor, mezclada con cenizas volcánicas, detritos y esquistos, que deben ser eliminados por lavado y flotación, con lo que se reduce su peso específico aparente que, en estado seco, varía entre 500 y 700 kg/m<sup>3</sup>.

La piedra pómez mezclada con arena silíceo o arena de pómez y cemento portland origina hormigones livianos de excelente calidad, de peso específico aparente – para material suelto y seco – comprendido entre 650 y 1600 kg/m<sup>3</sup>

**b2)** Escorias volcánicas. Material de origen volcánico de células más grandes, menos numerosas y más irregulares que la piedra pómez. Su peso específico aparente para material suelto y seco varía entre 700 y 1500 kg/m<sup>3</sup>.

**b3)** Tobas. Cenizas volcánicas más o menos consolidadas en una roca porosa.

## **2.- Agregados artificiales**

### **a) Especialmente fabricados**

**a1)** Arcillas y pizarras expandidas. Tienen la propiedad – cuando son calentadas rápidamente y a una temperatura adecuada de dilatarse o hincharse, dando lugar a un producto poroso de estructura celular. La materia prima proveniente de la cantera – previa trituración, molido y convenientemente mezclado – es introducida en hornos especiales cuya temperatura alcanza los 1100 a 1400°C en la zona más caliente.

En ella el material arcilloso, en principio de fusión, se vuelve plástico, formándose una superficie de protección sobre las partículas. Mientras tanto, en el interior de la mezcla se produce un desprendimiento de gases provenientes del agua de combinación y principalmente de las materias combustibles y de los carbonatos que contienen las materias primas, o que pueden serle especialmente añadidas a tal efecto. Este desprendimiento gaseoso da lugar a la formación de pequeñas celdas que le proporcionan al material su configuración alveolar característica.

Asimismo, se produce una notable expansión de las partículas arcillosas que origina una marcada rugosidad superficial. Al ser descargado del horno el material se presenta bajo la forma de nódulos clinkerizados. Se procede entonces a un enfriamiento lento y a un posterior molido y tamizado.

Los alveolos de las arcillas y pizarras expandidas tienen, en general, mayor dimensión que los de la piedra pómez, aumentando con el grosor de los granos, y

pudiéndose graduar a voluntad regulando el tiempo de enfriamiento posterior al desprendimiento gaseoso.

Según el tamaño de los granos, el peso específico aparente del material suelto y seco varia entre 350 kg/m<sup>3</sup> para granos gruesos (9,5 a 19 mm) y 1200 kg/m<sup>3</sup> para granos finos (0 a 4,75 mm). Las arcillas y pizarras expandidas son conocidas en la practica bajo muy diversas denominaciones comerciales, a saber: Haydite, Cravelite, Lytag, Porag, Rocklite, Nodulite, etc. y también se las designa Clinker de arcilla, marga expansiva, etc. Particularmente, en el campo de la construcción ha sido adoptado el nombre de Haydite, denominación que proviene de su inventor Stephen Hyde quien, por primera vez, obtuvo un producto de las características mencionadas en el año 1913 en EE.UU.

En la elaboración de hormigones livianos a base de arcillas y pizarras expandidas la dosificación correspondiente dependerá del peso específico que se desee obtener.

#### **a2) Silicatos expandidos extra – livianos.**

\*) Perlita. Roca volcánica vítrea compuesta de feldespato y silicato de alúmina, que contiene 2 a 5% de agua combinada, la cual no se elimina por simple secado sino solamente a la temperatura de fusión, provocando una expansión notable. El material así obtenido presenta una contextura de partículas o nódulos de forma perlada; de allí su nombre.

Entre las denominaciones comerciales de este producto se encuentran:

Permalite, Superlite, Peralex, Ryolex, Agite, etc.

El peso específico aparente del material suelto y seco varia, según el tamaño de los granos, entre 150 y 250 kg/m<sup>3</sup> Los hormigones livianos elaborados a base de perlita tienen pesos específicos aparentes que varían entre 450 y 950 kg/m<sup>3</sup>

\*) Vermiculita. Mineral de aspecto micáceo que, desde el punto de vista de su composición química, es un aluminio – silicato de hierro y de magnesio. Por calentamiento a una temperatura que varia entre 700 y 1300o C puede sufrir una expansión de 30 a 35 veces su volumen inicial. Dicha expansión es debida a la

liberación de vapor de agua por efecto del calor y varía según el origen y la constitución de la vermiculita. Este proceso se denomina exfoliación.

La vermiculita exfoliada se presenta, en general, bajo la forma de granos de diferentes tamaños, desde polvo fino hasta granos de 30 mm. el peso específico aparente del material suelto y seco es de 100 a 200 kg/m<sup>3</sup>. El material triturado a la dimensión conveniente deberá sufrir un calentamiento brusco, y simultáneamente, un batido activo a efectos de regularizar la acción calorífica en toda la masa.

Los hormigones livianos a base de vermiculita pueden alcanzar pesos específicos aparentes variables entre 350 y 1200 kg/m<sup>3</sup>.

#### **b) Subproductos**

**b1) Escorias.** Residuos de la combustión del carbón en hornos industriales. Son materiales de estructura celular en que ciertas partes han sufrido un proceso de vitrificación; otras están constituidas por cenizas y el resto es carbón o coque sin consumir. Son materiales de naturaleza silico – aluminosa con presencia de diversos áridos (calcio, magnesio, hierro, etc.) y ciertos compuestos de azufre.

Para su empleo como agregados en la elaboración de hormigones livianos es necesario tomar una serie de precauciones para asegurar un buen comportamiento.

Se utilizan esencialmente las escorias duras calcinadas que presenten rastros de fusión superficial, molidas y clasificadas según las granulometrías deseadas.

La presencia de granos de carbón sin quemar puede conducir a una inestabilidad del hormigón elaborado con estos agregados, debido a que, en presencia de la cal del aglomerante y de la humedad, da lugar a la formación rápida de eflorescencias.

El tenor máximo de materias combustibles aconsejado oscila entre 10 y 35%.

Asimismo, el porcentaje de sulfatos no debe pasar de 1% para evitar eflorescencias y la destrucción del producto por expansión.

Deberán realizarse ensayos de estabilidad para verificar el cumplimiento de las especificaciones precedentes.

**b2)** Escorias granuladas de altos hornos. Producto obtenido por enfriamiento brusco de las escorias en fusión provenientes de altos hornos de la industria siderúrgica. El enfriamiento se produce por presencia de gran cantidad de agua que se agrega a tal efecto. Mediante el mencionado proceso se obtiene un material amorfo, de textura vidriosa. El tamaño de los granos oscila entre 0 y 5 mm.

El peso específico del material suelto y seco (que varía entre 900 y 2000 kg/m<sup>3</sup>) y la resistencia propia de este tipo de agregado varían con su composición química (en general, es tanto más liviano y menos resistente cuanto mayor es el tenor de óxido de calcio y menor el de hierro y manganeso), con su temperatura y con la velocidad de su enfriamiento a la salida del alto horno.

**b3)** Escorias expandidas. Producto obtenido directamente a partir de escorias en fusión provenientes de altos hornos de la industria siderúrgica, de los que salen a una temperatura de 1400°C. Sometido el material a chorros de agua a presión en cantidad limitada y controlada que producen una gran evaporación y una agitación posterior, el vapor de agua se reparte en forma de burbujas en la masa de las escorias. Al cabo del enfriamiento y solidificación se obtiene un material de gran estabilidad, lleno de poros regulares y bien formados.

Después del molido y cribado correspondientes se obtienen las escorias expandidas bajo la forma de agregado liviano. Los tamaños de granos utilizados preferentemente van de 0 a 0,15 mm, recibiendo el nombre de arena de escorias los agregados de este tipo cuyos granos oscilan entre 0 y 3 mm.

**b4)** Cascotes de ladrillos. Material proveniente de los hornos de ladrillos o de la recuperación de escombros. Constituye un agregado liviano de mayor peso específico aparente que los descriptos anteriormente (peso específico del material suelto y seco: 900 a 1200 kg/m<sup>3</sup>). Su porosidad depende de la naturaleza de las tierras utilizadas y del proceso de elaboración.

Si proviene de escombros, estos serán triturados, cribados y clasificados en dos o tres grupos de acuerdo al tamaño de los granos. Se eliminarán los granos cuya dimensión sea inferior a 3 mm pues son los que contienen mayor cantidad de impurezas perjudiciales, en particular polvo de yeso, con lo que se logrará, además, una mejor

adherencia con el cemento. Si se desea obtener granos finos se procederá a la retritución de los elementos de tamaño superior.

## **HORMIGONES DE AGREGADOS LIVIANOS**

### **a) Peso específico aparente:**

Con los diversos tipos de agregados livianos enumerados en el capítulo correspondiente se puede elaborar un gran número de hormigones de este tipo con distintos pesos específicos que dependerán de la naturaleza y composición de los agregados, la adición y la proporción de arena, el tenor de cemento, los procedimientos de compactación, la cantidad de agua, etc. Las características de los hormigones de agregados livianos variaran consecuentemente. Una idea comparativa para diferentes dosificaciones y para los principales agregados puede obtenerse observando el cuadro 2.

### **b) Resistencia**

La resistencia de los hormigones de agregados livianos varía entre límites muy amplios con los mismos componentes y, además, varía con la resistencia propia del agregado. Por lo tanto, es posible considerar el problema desde dos puntos de vista diferentes según se busque obtener hormigones resistentes y, en consecuencia, de peso específico medio, o que se desee hormigones de reducido peso específico pero de menor resistencia. Cuando se trata de ejecutar elementos de construcción armados (columnas, losas, vigas, etc.) la condición fundamental a cumplir es la resistencia del material. Existe el problema de la protección y adherencia de la armadura, lo que podrá exigir un aumento del tenor de cemento y de compacidad. En esta categoría se encuentran los hormigones que incluyen agregados livianos y ordinarios en proporciones adecuadas. A igualdad de tenor de cemento, los hormigones más resistentes serán los más compactos o, por lo menos, los de textura menos abierta. Es así que los hormigones de agregados con granulometría variada sin discriminación tienen, en general, una resistencia menor que aquellos que resultan de una proporción racional de elementos gruesos y finos en el agregado. Por el contrario, cuando se desea un hormigón de muy bajo peso específico, siendo suficiente una reducida resistencia, deberán utilizarse los menos compactos, que se lograrán mediante una

compactación incompleta, con incorporación de aire o recurriendo a los agregados extra – livianos (vermiculita, perlita). Esta situación se presenta cuando se trata de resolver problemas de aislación o de relleno.

### **c) Aislación térmica.**

El coeficiente de conductibilidad térmica de los hormigones de agregados livianos varia en relación directa con su peso específico. Es, en general, muy reducido, pudiendo descender – para los hormigones de vermiculita a la decima parte del valor correspondiente a los hormigones ordinarios. El término medio oscila alrededor de 0,2 kcal/moCh. para un peso específico aparente seco del orden de los 1200 kg/m<sup>3</sup>, es decir. a 1/5 del que corresponde a los hormigones ordinarios, pero puede ser menor aun si se disminuye el peso específico.

Asimismo dicho coeficiente puede llegar a 0,5 o más para hormigones ricos en cemento, más compactos o elaborados con agregados menos porosos.

### **d) Retracción.**

En términos generales puede decirse que la retracción de los hormigones de agregados livianos es dos veces superior a la de los hormigones ordinarios. Se atribuye el hecho a la mayor cantidad de agua de mezclado, a la mayor porosidad de estos hormigones y, en parte, a la mayor deformabilidad de los agregados bajo el efecto de las tensiones internas debidas a la retracción de la lechada de cemento. Se ha constatado que ciertos agregados dan lugar a retracciones más elevadas que otros, a igualdad de las demás condiciones. Después de una conservación durante 90 días al aire, con una humedad aproximada del 50%, la retracción puede alcanzar valores comprendidos entre 0,5 y 1 mm por metro pudiendo llegar hasta 1,5 a 1,7 mm por metro o mas, según la granulometría y deformabilidad de los agregados, el tenor de cemento, la cantidad de agua de mezclado y el grado de compactación del hormigón. Los hormigones de vermiculita y de perlita de gran absorción han sufrido retracciones superiores a los 2 mm por metro. Sin embargo, el modulo de elasticidad mas reducido de los hormigones de agregados livianos, la mayor compresibilidad de algunos agregados livianos, la relación entre la resistencia a la tracción y la resistencia a la compresión, bastante mas elevada que la de los hormigones

ordinarios, permiten a los hormigones de agregados livianos sufrir sin fisuración deformaciones de retracción mas importantes.

Por consecuencia, es necesario efectuar una cuidadosa selección de los agregados y de la composición del hormigón y, además, tomar las precauciones necesarias para reducir la retracción, especialmente para impedir que el comienzo del endurecimiento se produzca muy rápidamente, para lo cual deberá mantenerse húmedo el hormigón durante un tiempo suficiente.

#### **d) Absorción de agua.**

El peso específico de los hormigones de agregados livianos varia entre limites tan amplios que es necesario, para poder comparar capacidades de absorción, expresar estas en porcentajes de agua con relación al volumen aparente del hormigón y no con respecto al peso del mismo. Dichos valores oscilan entre 18 y 30% y, excepcionalmente, 40%. En los hormigones ordinarios varían entre 7,5 y 23%.

Teniendo en cuenta que la presencia de agua dentro de la estructura porosa están íntimamente vinculadas con el deterioro de los hormigones sometidos a congelación, se deduce que existe una relación directa entre la absorción de agua y la durabilidad. Cuanto mayor es el porcentaje de cemento mayor es la resistencia del hormigón a ciclos de congelación y deshielo.

#### **f) Resistencia al fuego**

De una manera general puede decirse que todos los hormigones de agregados livianos ofrecen una buena resistencia al fuego, muy superior a la de los hormigones ordinarios de agregados silíceos. Dentro de ellos se destaca especialmente el hormigón de vermiculita que constituye uno de los mejores materiales de protección contra la propagación del fuego.

#### **g) Aislación acústica**

La existencia de cámaras de aire en la textura de los hormigones de agregados livianos hace que estos ofrezcan resistencia al paso del sonido. En el valor de la conductibilidad acústica influyen el peso específico del hormigón, la naturaleza del

agregado y el proceso de fabricación, siendo posible encontrar – a igual peso específico aparente seco – valores muy diferentes. h) Posibilidad de ser clavados y aserrados La posibilidad de ser clavados es función, por una parte, de la dureza propia de los agregados; de la presencia o no de arena natural en la composición del hormigón y del tenor de cemento. Los hormigones de cascotes de ladrillos, de escorias granuladas pesadas, de arcillas y pizarras expandidas no son fáciles de clavar cuando el tenor de cemento es elevado. Por el contrario, los hormigones de piedra pómez, de escorias expandidas, de escorias granuladas livianas, de perlita, de vermiculita, de escorias, se clavan fácilmente. La mayor o menor facilidad con que los hormigones de agregados livianos pueden ser aserrados con la sierra común depende de los mismos factores que la posibilidad y facilidad de ser clavados, pero es mayor la influencia del grado de dureza de los agregados. Así, son fácilmente aserrables los hormigones extra livianos de perlita y vermiculita, de piedra pómez y de escorias expandidas (con excepción de dosificaciones con alto contenido de cemento). Por el contrario no presentan tal propiedad los hormigones de arcillas y pizarras expandidas, de escorias, escorias granuladas y cascotes de ladrillos. La presencia de arena natural en cualquier tipo de hormigón de agregados livianos lo hace difícil de aserrar.

### **i) Inercia química**

La estabilidad de los hormigones de agregados livianos puede verse afectada en los casos en que los agregados utilizados contengan impurezas susceptibles de provocar reacciones ulteriores a su colocación en obra. Tal situación podrá producirse, por ejemplo, con las escorias de hierro o los residuos de pizarras que pueden contener productos nocivos o materias combustibles sin quemar. Este riesgo puede disminuirse considerablemente si dichas materias son sometidas a un tratamiento previo de cocción destinado a producir su expansión. La transformación a elevada temperatura así realizada contribuye a la destrucción de una proporción importante de elementos nocivos.

# **ANEXO 2.1. ESTUDIO DEL TRABAJO<sup>47</sup>**

---

<sup>47</sup> INTRODUCCIÓN AL ESTUDIO DEL TRABAJO, Kanawaty George, Cuarta Edición, 1996

**INSTALACIONES DE PLANTAS INDUSTRIALES.** El proceso de ubicación del lugar adecuado para instalar una planta industrial requiere el análisis de diversos factores, y desde los puntos de vista económico, social, tecnológico y del mercado entre otros. La localización industrial, la distribución del equipo o maquinaria, el diseño de la planta y la selección del equipo son algunos de los factores a tomar en cuenta como riesgos antes de operar, que si no se llevan a cabo de manera adecuada podrían provocar serios problemas en el futuro y por ende la pérdida de mucho dinero.

“La distribución en planta implica la ordenación física de los elementos industriales y comerciales. Esta ordenación ya practicada o en proyecto, incluye, tanto los espacios necesarios para el movimiento del material, almacenamiento, trabajadores indirectos y todas las actividades de servicio”<sup>48</sup>.

**CAUSAS PARA UN ESTUDIO DE DISTRIBUCION.** Estas se pueden englobar en cuatro grupos como se definen a continuación:

- a) **Proyecto de una planta completamente nueva.** En este tipo de proyecto el grupo de especialistas encargados de la distribución diseñará la instalación de la empresa desde el principio, considerando todos aquellos elementos que facilitan el flujo de hombres y materiales, tales como: entradas y salidas áreas de servicio, almacenes, etc.

**TIPOS DE DISTRIBUCION EN PLANTA.** Fundamentalmente existen siete sistemas de distribución en planta:

1. **Disposición por componente principal fijo.** Esta disposición consiste cuando el material que se debe elaborar no se desplaza en la fábrica, sino que permanece en un solo lugar, y que por lo tanto toda la maquinaria y demás equipo necesario se llevan hacia él.
2. **Disposición por proceso o función.** Consiste cuando todas las operaciones de la misma naturaleza están agrupadas.

---

<sup>48</sup> Administración de producción y operaciones Pág., 374

3. **Disposición por producto o en línea.** Vulgarmente denominada "Producción en cadena". En éste caso, toda la maquinaria y equipos necesarios para fabricar determinado producto se agrupan en una misma zona y se ordenan de acuerdo con el proceso de fabricación.
4. **Distribución híbrida (Por célula).** Agrupación de máquinas y trabajadores que elaboran una sucesión de operaciones sobre múltiples unidades de un ítem o familia de ítems. En esencia, la fabricación liviano estructural busca poder beneficiarse simultáneamente de las ventajas derivadas de las distribuciones por producto y de las distribuciones por proceso, particularmente de la eficiencia de las primeras y de la flexibilidad de las segundas.

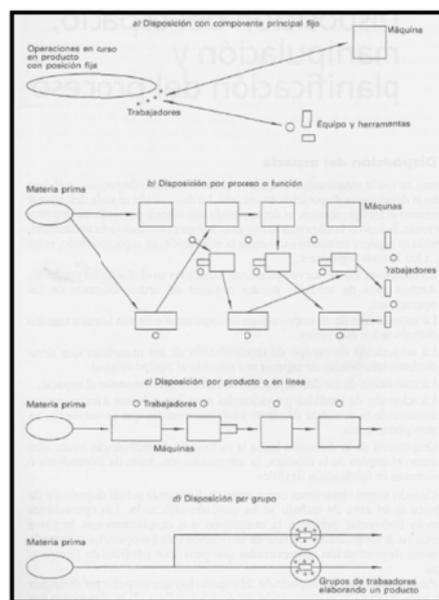


Figura A1. Tipos de disposiciones clásicas<sup>49</sup>.

**BENEFICIOS DE UNA BUENA DISTRIBUCION.** Entre los beneficios se tienen:

- Se reducen los riesgos de enfermedades profesionales y de accidentes de trabajo.
- Se mejora la moral y se da mayor satisfacción al trabajador.

<sup>49</sup> Introducción al estudio del trabajo. George Kanawaty, pg. 208.

- Se aumenta la producción.
- Se obtiene un menor número de retrasos.
- Se obtiene un ahorro de espacio.
- Se reduce el manejo de materiales.
- Se utiliza mejor la maquinaria, la mano de obra y los servicios.
- Se reduce el material en proceso.
- Se fabrica más rápido.
- Se reduce el trabajo de oficina, y se emplea mejor la mano de obra.
- Se obtiene una vigilancia mejor y más fácil.
- Se obtiene un menor congestionamiento.
- Se reducen los riesgos de deterioro del material y se aumenta la calidad del producto.
- Se facilita el ajuste de la planta al variar las condiciones.
- Se obtiene un control de costos.
- Se facilita el mantenimiento del equipo.
- Se aumenta el número de obreros que pueden beneficiarse con sistemas de incentivos.
- Se obtiene un mejor aspecto de las zonas de trabajo.
- Se obtienen mejores condiciones sanitarias.

### **FACTORES QUE AFECTAN LA DISTRIBUCION EN PLANTA.**

**Factor 1. Material.** Es el factor más importante en una distribución es el material Incluye los siguientes elementos o particularidades:

- Materias primas.
- Materias entrantes.

- Material en proceso.
- Productos acabados.
- Material saliente o embalado.
- Materiales accesorios empleados en el proceso.
- Piezas rechazadas a recuperar o repiten.
- Material de recuperación.
- Chatarra, viruta, desperdicios, desechos.
- Materiales de embalaje.
- Materiales para mantenimiento. Taller de utillajes u otros servicios.

**Factor 2. Maquinaria.** Después del producto o material sigue en orden de importancia la maquinaria y el equipo de proceso. La información sobre la maquinaria las herramientas y equipo es fundamental para una ordenación apropiada de la misma. Los elementos o particularidades del factor maquinaria incluyen:

- Maquinaria de producción.
- Equipo de proceso o tratamiento.
- Dispositivos especiales.
- Herramientas, moldes, patrones. Plantillas y montajes.
- Aparatos y galgas de medición y de comprobación, unidades de prueba.
- Herramientas manuales y eléctricas manejadas por el operario.
- Controles o cuadros de control.
- Maquinaria de repuestos o inactiva.
- Maquinaria para mantenimiento: Talleres de utillaje u otros servicios.

**Factor 3. El hombre.** Como factor producción, el hombre es mucho más flexible que cualquier material o maquinaria. Se le puede trasladar, se puede dividir o repartir su trabajo, entrenarle para nuevas operaciones y generalmente, encajarle en cualquier

distribución que sea apropiada para las operaciones deseadas. El trabajador debe ser tomado en consideración, como la fría economía de la reducción de costos. Los elementos y particularidades del factor hombre (los hombres que intervienen en el trabajo), abarcan:

- Mano de obra directa.
- Jefes de equipo y capataces.
- Jefes de sección y encargado.
- Jefes de servicio
- Personal indirecto o de actividades auxiliares

**Factor 4. Movimiento.** El movimiento de al menos uno de los tres elementos básicos de la producción es esencial. Generalmente se trata del material. El movimiento de los materiales es tan importante que muchas industrias tienen equipos de ingenieros que no hacen más que plantar el equipo y métodos de manejo.

**Factor 5. Espera.** Cuando la distribución está correctamente planeada, los circuitos de flujo de material se reducen a un grado óptimo. Nuestro objetivo es una circulación de material clara y veloz del material a través de la planta, siempre en progreso hacia el acabado del producto. Siempre que los materiales son detenidos, tienen lugar las esperas o demoras y éstas cuestan dinero. Los costos de espera incluyen los siguientes:

- Costos del manejo efectuado hacia el punto de espera y del mismo hacia la producción.
- Costo de manejo en el área de espera.
- Costos de los registros necesarios para no perder la pista del material en espera.
- Costos de espacio y gastos generales.
- Intereses de dinero representado por el material ocioso.
- Costo de protección del material en espera.

- Costo de los contenedores o equipo de retención involucrada.

**Factor 6. Servicio.** La palabra servicio tiene multitud de significados en la industria. Por lo que a distribución se refiere los servicios de una planta son las actividades, elementos y personal que sirven y auxilian a la producción. Los servicios mantienen y conservan en actividades a los trabajadores, materiales y maquinaria. Estos servicios comprenden:

- Vías de acceso.
- Instalaciones para el uso del personal.
- Protección contra incendios.
- Iluminación.
- Calefacción y ventilación.
- Oficinas.
- Servicios relativos al material:
  - Control de calidad.
  - Control de producción.
  - Control de rechazos, mermas y desperdicios.
- Servicios relativos a la maquinaria:
  - Mantenimiento.
  - Distribución de líneas de servicios auxiliares.

**Factor 7. Edificio.** Tanto si planeamos una distribución para una planta enteramente nueva o para un edificio ya existente como si reordenamos una distribución en vigencia, debemos conceder al edificio la importancia que en realidad tiene. El edificio influirá en la distribución sobre todo si ya existe en el momento de proyectarla. Los elementos o particularidades del factor edificio que con mayor frecuencia intervienen en el problema de la distribución son:

- Edificio especial o de usos general.
- Edificio de un solo piso o de varios.
- Su forma.
- Sótanos o altillos.
- Ventanas.
- Suelos.
- Cubiertas y techos.
- Paredes y columnas.
- Ascensores, montacargas, escaleras, etc.

**Factor 8. Cambio.** De una cosa podemos estar seguros y es de que las condiciones de trabajo cambiarán y que estos cambios afectarán a la distribución en mayor o menor grado. El cambio es una parte básica de todo concepto de mejora y su frecuencia y rapidez se va haciendo cada día mayor. Para los proyectos de distribución incluye las reglas que siguen:

- Definir los límites razonables de cambio y de su influencia o efectos sobre la distribución.
- Diseñar la distribución con una flexibilidad suficiente para operar dentro de estos límites.
- Primero identifiquemos cuáles y como van a ser probablemente estos cambios.
- Veremos que envuelven modificaciones en los elementos básicos de la producción (hombres, materiales y maquinaria) y en las actividades auxiliares.
- Cambio en los materiales (diseño del producto, materiales, demanda, variedad.
- Cambio en la maquinaria (proceso y métodos)

- Cambio en el personal (horas de trabajo, organización o supervisión, habilidades).
- Cambio en las actividades auxiliares (manejo, almacenamiento, servicios, edificio).
- Cambio externos y limitaciones debidas a la instalación.

### **ESTUDIO DE METODOS.**

“El estudio de métodos es el registro y examen crítico sistemáticos de los modos de realizar actividades, con el fin de efectuar mejoras.”<sup>50</sup>

Los términos análisis de operaciones, simplificación del trabajo e ingeniería de métodos se utilizan con frecuencia como sinónimos. En la mayor parte de los casos se refieren a una técnica para aumentar la producción por unidad de tiempo y, en consecuencia, reducir el costo por unidad. Para desarrollar un centro de trabajo, fabricar un producto o proporcionar un servicio, se debe seguir un procedimiento sistemático, el cual comprenderá las siguientes operaciones:

- **Seleccionar.** El trabajo que se ha de estudiar y definir sus límites.
- **Registrar.** Por observación directa los hechos relevantes relacionados con ese trabajo y recolectar de fuentes apropiadas todos los datos adicionales que sean necesarios.
- **Examinar.** De forma crítica, el modo en que se realiza el trabajo, su propósito, el lugar en que se realiza, la secuencia en que se lleva a cabo y los métodos utilizados.
- **Establecer.** El método más práctico, económico y eficaz mediante los aportes de las personas concernidas.
- **Evaluar.** Las diferentes opciones para establecer un nuevo método comparando la relación costo-eficacia entre el nuevo método y el actual.
- **Definir.** El nuevo método de forma clara y presentarlo a todas las personas a quienes pueda concernir.

---

<sup>50</sup> Introducción al estudio del trabajo. George Kanawaty, pg. 90.

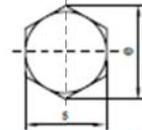
- **Implantar.** El nuevo método como una práctica normal y formar a todas las personas que han de utilizarlo.
- **Controlar.** La aplicación del nuevo método e implantar procedimientos adecuados para evitar una vuelta al uso del método anterior.

## **ANEXO 2.2. CATÁLOGO DE PERNOS DE ANCLAJE.**



**TORNILLO HEXAGONAL**  
**HEXAGONAL BOLT**

Con rosca hasta la cabeza DIN 933 ISO 4017  
Totally threaded

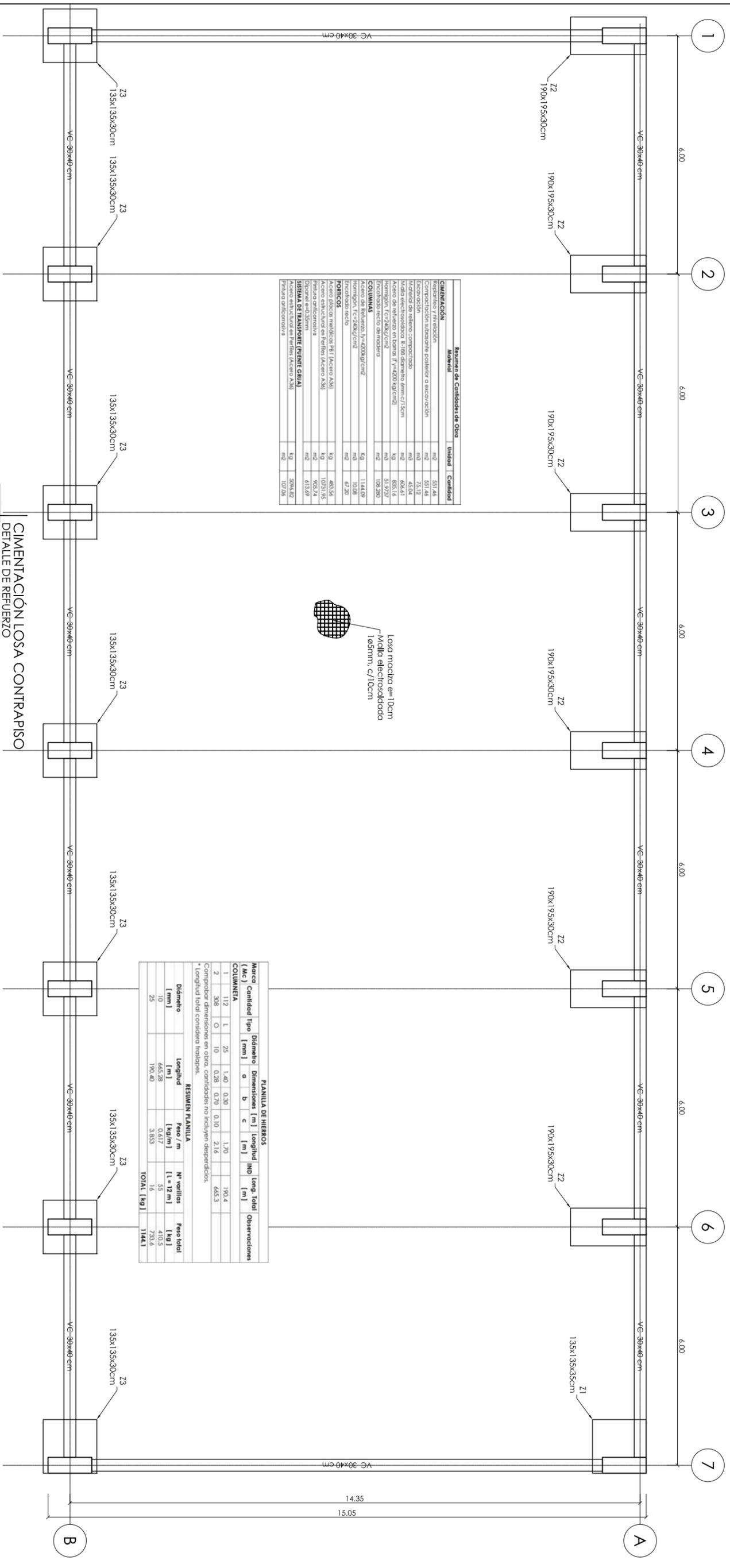


Thread d		(M7)	M8	M10	M12	(M14)	M16	(M18)	M20					
P		1	1,25	1,5	1,75	2	2	2,5	2,5					
a	max.	3	3,75	4,5	5,25	6	6	7,5	7,5					
	min.	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,2	0,2	0,2					
c	max.	0,5	0,6	0,6	0,6	0,6	0,8	0,8	0,8					
	max.	7,8	9,2	11,2	13,7	15,7	17,7	20,2	22,4					
d <sub>h</sub>	type	min.	A	9,6	11,6	14,6	15,6	16,6	17,4	19,6	20,5	22,5	25,3	28,2
			B	9,4	11,4	14,4	15,4	16,4	17,2	19,2	20,1	22	24,8	27,7
e	type	min.	A	12,12	14,38	17,77	18,9	20,03	21,1	23,35	24,49	26,75	30,14	33,53
			B	11,94	14,2	17,59	18,72	19,85	20,88	22,78	23,91	26,17	29,56	32,95
k	type	dimension	A	4,8	5,3	6,4	7,5	8,8	10	11,5	12,5			
			min.	A	4,65	5,15	6,22	7,32	8,62	9,8	11,28	12,28		
				max.	4,95	5,45	6,56	7,68	8,98	10,18	11,72	12,72		
			B	min.	4,56	5,06	6,11	7,21	8,51	9,71	11,15	12,15		
max.	5,04	5,54		6,69	7,79	9,09	10,29	11,85	12,85					
k'		min.	3,19	3,54	4,28	5,05	5,96	6,8	7,8	8,5				
r		min.	0,25	0,4	0,4	0,6	0,6	0,6	0,6	0,8				
s	max. = dimension s.			11	13	16	17	18	19	21	22	24	27	30
	type	min.	A	10,73	12,73	15,7	16,73	17,73	18,67	20,67	21,67	23,67	26,67	29,67
			B	10,57	12,57	15,57	16,57	17,57	18,48	20,16	21,16	23,16	26,15	29,16

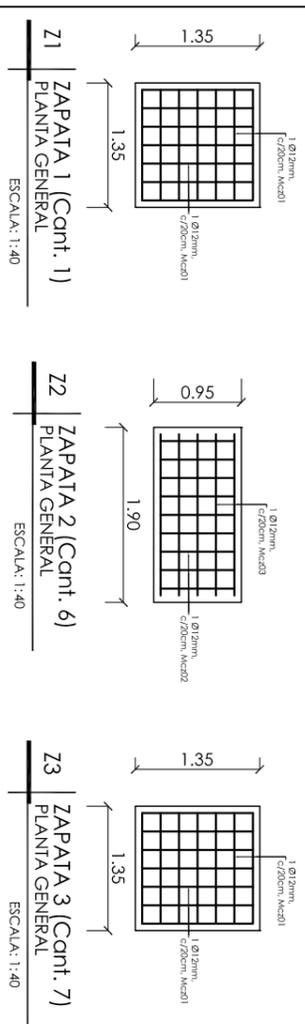
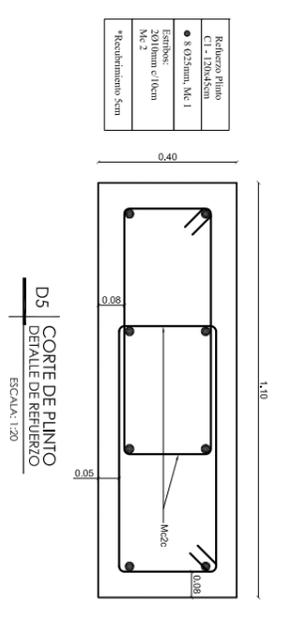
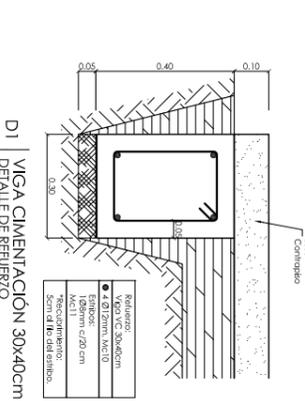
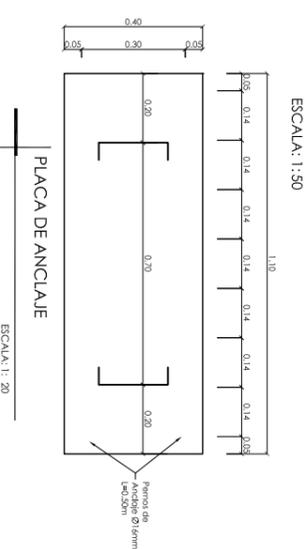
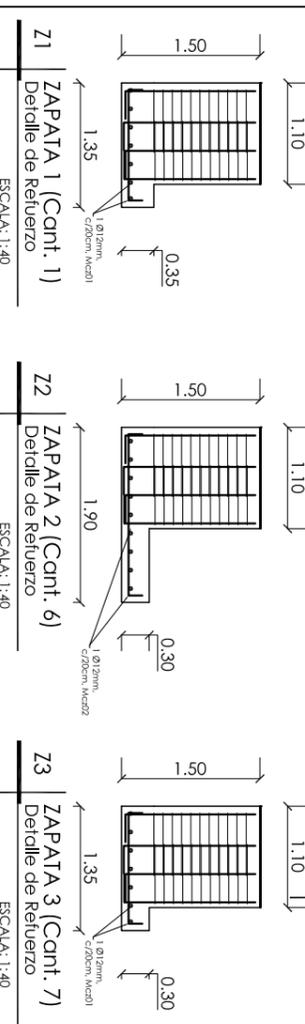
Dimen- sion	I Type				weight (7,85 kg/dm <sup>3</sup> ) kg/1.000 pieces															
	A		B																	
	min.	max.	min.	max.																
(7)	6,71	7,29			5,6															
8	7,71	8,29			5,85															
10	9,71	10,29			6,35	9,1	16,2	23,2												
12	11,65	12,35			6,85	9,8	17,2	25	40	52,9										
(14)	13,65	14,35			7,35	10,5	18,2	26,4	42	55,6										
16	15,65	16,35			7,85	11,1	19,2	27,7	44	58,3	82	105								
(18)	17,65	17,65			8,35	11,7	20,2	29,1	46	60,9	84,9	110								
20	19,58	19,58			8,85	12,3	21,2	31	48	63,5	87,2	114								
(22)	21,58	21,58			9,35	12,9	22,2	33	50	66,2	92,2	119								
25	24,58	24,58			10	13,9	23,7	34,1	53	70,2	95,8	124								
(28)	27,58	28,42			10,7	14,9	25,2	36,2	55,9	74,2	100	129								
(30)	29,58	30,42			11,3	15,5	26,2	37,7	57,9	76,9	104	134								
35	34,5	35,5			12,5	17,1	28,7	41,3	62,9	83,5	112	145								
40	39,5	40,5			13,8	18,7	31,2	44,9	67,9	90,2	120	155								
45	44,5	45,5			15	20,3	33,7	48,5	72,9	97,1	128	165								
50	49,5	50,5			16,3	21,8	36,2	52	77,9	103	136	176								
55	49,5	55,6			17,5	23,4	38,7	55,6	82,8	110	145	186								
60	54,4	60,6			18,7	25	41,3	58,2	87,8	117	153	196								
65	59,4	65,6			20	26,5	43,8	62,8	92,8	123	161	207								
70	64,4	70,6	68,5	71,5	21,2	28,2	46,3	66,4	97,9	130	169	217								
(75)	74,4	70,6	73,5	76,5	22,5	29,8	48,8	70	102	137	177	227								
80	79,4	90,6	78,5	81,5	23,7	31,4	51,3	73,6	107	144	186	238								
(85)	84,3	85,7	83,25	86,75	25	33	53,8	77,2	112	150	194	247								
90	89,3	90,7	88,25	91,75	26,2	34,6	56,3	80,8	117	157	202	258								

## **ANEXO 2.3. PLANOS DE NAVE INDUSTRIAL.**

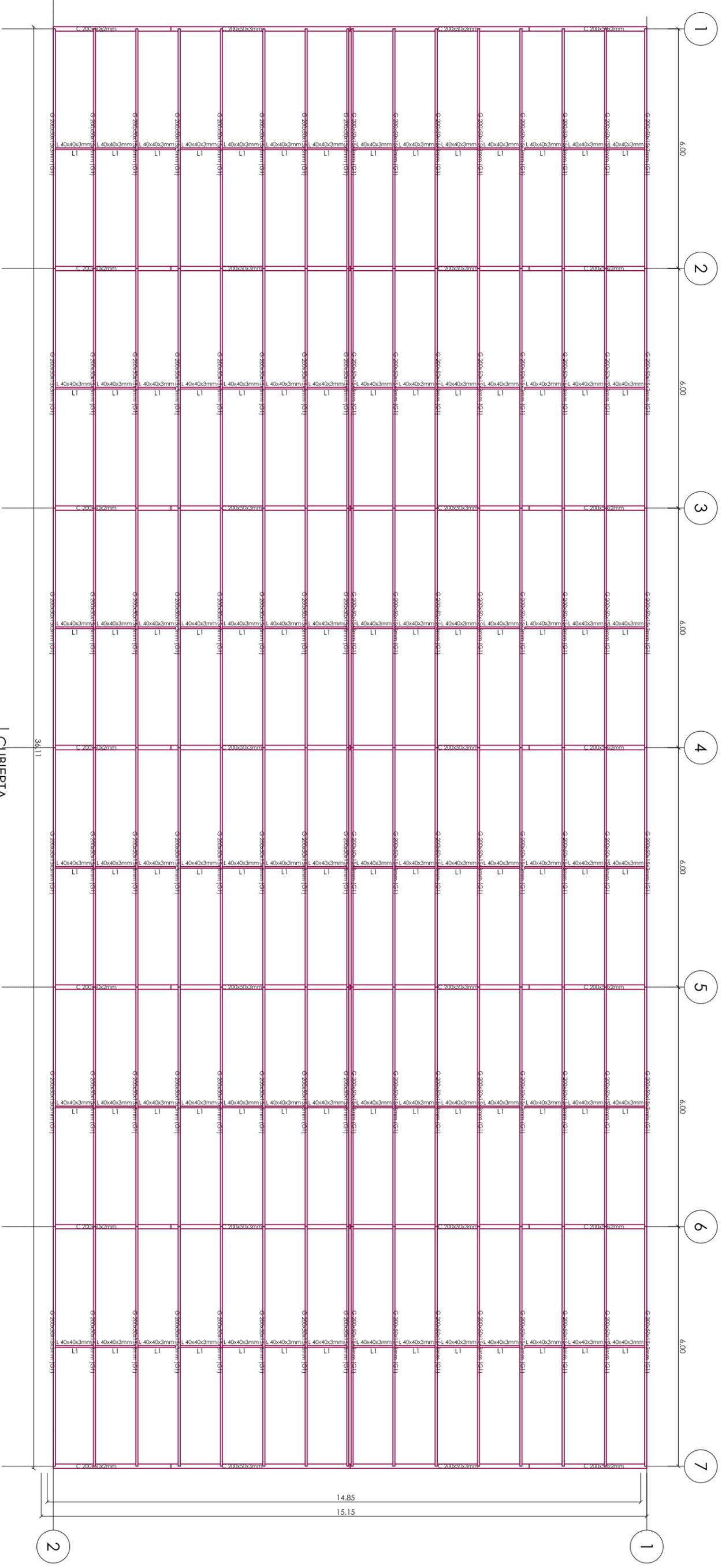
Resumen de Cantidades de Obra		
Material	Unidad	Cantidad
<b>CIMENTACIÓN</b>		
Repartido y vibrado	m <sup>2</sup>	551.44
Formas	m <sup>2</sup>	551.44
Concreto	m <sup>3</sup>	127.42
Concreto con agregado	m <sup>3</sup>	127.42
Unidad del relleno compactado	m <sup>3</sup>	45.04
Acero de refuerzo en barras (F=4000 kg/cm <sup>2</sup> )	kg	4064.1
Herrmijan F=2728 kg/cm <sup>2</sup>	kg	855.16
Perforados recto diámetros	m <sup>2</sup>	51.9737
Perforados recto diámetros	m <sup>2</sup>	108.280
<b>COLUMNAS</b>		
Acero de refuerzo (F=4000 kg/cm <sup>2</sup> )	kg	1144.09
Formas	m <sup>2</sup>	1144.09
Perforados recto	m <sup>2</sup>	41.20
<b>FORJADOS</b>		
Acero placa metálica PB1 (Acero A36)	kg	483.56
Acero estructural en perfiles (Acero A36)	kg	10731.95
Placa anticorrosiva	m <sup>2</sup>	905.74
Formas en 32mm	m <sup>2</sup>	613.69
<b>SISTEMA DE TRANSPORTE (PUENTE GAULA)</b>		
Acero de refuerzo (Acero A36)	kg	5094.82
Formas anticorrosiva	m <sup>2</sup>	107.26



PLANILLA DE HIERROS							
Marcos	Cantidad	Tipo	Diámetro	Dimensiones [m]	Longitud [m]	Long. Total [m]	
<b>COLUMNENA</b>	1	112	1	25	1.40	0.30	1.70
	2	308	0	10	0.28	0.70	2.16
							190.4
							665.3
Comprobar dimensiones en obra, cantidades no incluyen desperdicios.							
* Longitud total considera topes.							
RESUMEN PLANILLA							
Diámetro [mm]	Longitud [m]	Peso / m [kg/m]	N° varillas	Peso total [kg]			
10	0.617	665.28	55	410.5			
25	190.40	3.853	16	733.6			
				<b>TOTAL [kg]</b>	<b>1144.1</b>		



<b>ESCALA:</b> Indicadas	<b>Fecha</b> 15/05/2013	<b>Nombre</b> Chicaiza – Naspud		<b>UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA</b> SEDE MATRIZ CUENCA
<b>Dibujado</b> Comprobado	15/05/2013	Ing. Nelson Jara		
<b>VISTA EN PLANTA CIMENTACIÓN</b>				
Ing. Mecánica Producción				Lámina N° 01



**CUBIERTA**  
**DETALLE DE CORREAS**  
 ESCALA: 1 : 50

<b>Fecha</b>	15/05/2013	<b>Nombre</b>	Chicaiza – Naspud		<b>UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA</b> <b>SEDE MATRIZ CUENCA</b>
<b>Dibujado</b>	15/05/2013	<b>Ing. Nelson Jara</b>			
<b>Comprobado</b>	15/05/2013				

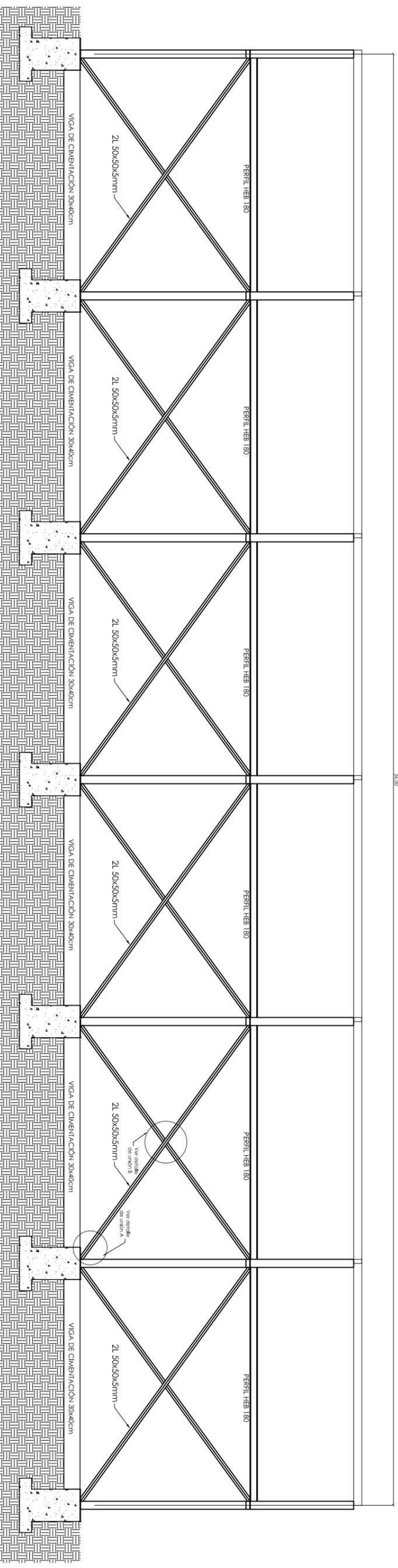
**ESCALA:**  
 Indicadas

**VISTA PLANTA DE CUBIERTAS**

**Ing. Mecánica**  
 Producción

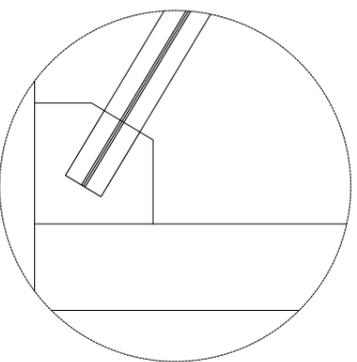
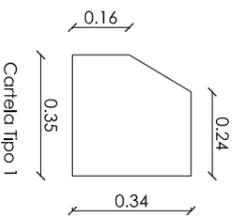
**Lámina N° 02**



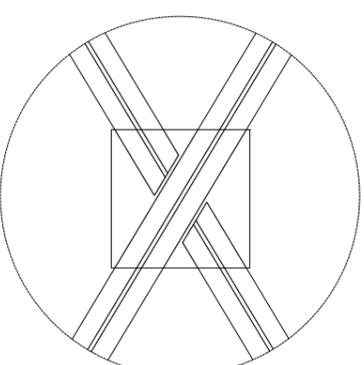
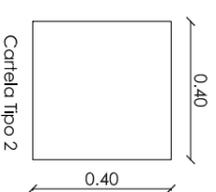


VISTA LATERAL NAVE TIPO  
DETALLE DE ARROSTRAMIENTO

ESCALA: 1:50



DETALLE A



DETALLE B

	<i>Fecha</i>	<i>Nombre</i>	<p>UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE MATRIZ CUENCA</p>	
<i>Dibujado</i>	15/05/2013	Chicaiza – Naspud		
<i>Comprobado</i>	15/05/2013	Ing. Nelson Jara		
<b>ESCALA:</b> <i>Indicadas</i>	<b>VISTA LATERAL DE LA NAVE TIPO</b>			Ing. Mecánica Producción Lámina Nº 04

# **ANEXO 3.1. PLANO GENERAL DEL PUENTE GRÚA.**



## **ANEXO 3.2. COMPONENTES DEL PUENTE GRÚA**



TELF.: 4096351  
EMAIL: dchicaiza.raster@gmail.com

Cotización No. CL-120716RV

**TRANSPORTE**



Puentes grúa, Teles eléctricos y mecánicos a cable y cadena.  
Sistemas de electrificación.  
Tirfor - malacates - winches - trolleys  
Carretillas y aplicadores hidráulicos  
Montacargas eléctricos

**POTENCIA**



Motoreductores coaxiales y ortogonales,  
motorvariadores de velocidad,  
Variadores electrónicos (inverters)

**PESAJE**



Balanzas mecánicas,  
electrónicas de piso y pedestal  
Sistemas industriales de pesaje y dosificación.  
Balanzas tipo supermercado.

**MAQUINAS**



Taladros, fresadoras de bandas y engranajes.  
Tornos paralelos automáticos.  
Fresadoras universales y de torreta  
Cortadoras de sierra - dobladoras  
Accesorios en general.

ATTN: SR. DIEGO CHICAIZA  
Presente.-

Ref. : Componentes para Puente Grúa de Capacidad 3,2 Toneladas.

Por medio del presente nos permitimos cotizar a ustedes de acuerdo a su amable solicitud, los siguientes componentes para un Puente Grúa de 3,2Toneladas:

• **CARACTERISTICAS TECNICAS**

Tipo	:	MONORRIEL
Ref	:	Q3.2L15R42H42
Alcance general del suministro	:	Componentes electromecánicos
Capacidad de Carga	:	3,2 toneladas
Luz Entre Apoyos	:	15 Mts.
Recorrido	:	42 Mts.
Altura Izaje	:	4,5 Mts.
Voltaje de servicio	:	220VAC, 3fases, 60Hz

**COMPONENTES DEL SUMINISTRO**

**1.- POLIPASTO ELECTRICO A CABLE**

MARCA	R&M
FABRICANTE	ROBINS & MEYERS MATERIAL HANDLING INC.
PAIS DE ORIGEN	USA.
MODELO MONORRIEL	SX30410032P25FA/ SINGLE REEVED / LOW HEDROOM TROLLEY
CAPACIDAD	3,2 TON ( 3 200 Kg )
NUMERO DE RAMALES	4
CLASIFICACION SERVICIO	FEM 2m
ALTURA DE IZAJE	Hasta 6 mts.
VELOCIDAD IZAJE	DOBLE: 6 y 1 m/min.
POTENCIA DE MOTOR	4,3 y 0,7 kW.
VELOCIDAD DE TROLLEY	Variable, desde 5 a 20 m/min, aprox. Mediante variador de frecuencia, arranque y parada gradual (rampa).
ANCHO DE PATIN	100 a 410 mm
VOLTAJE	220VAC, 3fases, 60Hz
VALOR UNIT.....	US\$. 9.550 -IVA.

Polipasto eléctrico a cable para desplazamiento inferior a puente monorriel, capacidad 3200 Kg. Altura de levante hasta 6 metros. Doble velocidad de izaje, velocidad rápida para traslación vertical y la velocidad lenta para posicionamiento. Múltiple velocidad de desplazamiento del trolley desde 5 a 20 mts/min. Progresiva. Cable de acero anti giratorio y galvanizado. Número de ramales 4. Con limitador de carga, fines de carrera superior e inferior, grupo FEM 2m. Protección nema 3R totalmente sellado contra polvo y agua. Incluye botonera de 6 comandos, para operación completa del puente grúa.

Características estándar del polipasto Spacemaster SX :

- Tambor de recogimiento del cable en acero sin costura.
- Doble velocidad de elevación (motor de izaje 2 velocidades)
- Velocidad variable de traslación (motor de trolley múltiple velocidades)
- Freno de disco D.C. auto ajustable en motor de izaje
- Freno de disco D.C. en motor de trolley
- Limitadores de izaje superior e inferior electromecánico y rotacional
- Limitador de sobrecarga
- Fabricación y diseño bajo normas FEM, ASME, ISO.
- Gancho de carga con giro de 360°.
- Motores con aislamiento clase F con 60% de servicio efectivo.
- Protección térmica tipo Klixon (interruptor bimetalico).
- Gancho en forja y con pestillo de seguridad.

OFICINA Y PLANTA: Juan Molineros Lote 3 y Eloy Alfaro Telfs.: 2805364 – 2805365 Fax: 2805328  
E-mail: claudio.loachamin@comrepsa.com - comrepsa@uio.satnet.net QUITO-ECUADOR



**TRANSPORTE**



Puentes grúa, Troles eléctricos y mecánicos a cable y cadena. Sistemas de electrificación. Tírol - malacates - winches - trolleys. Carretillas y aplicadores hidráulicos. Montacargas eléctricos.

**POTENCIA**



Motorreductores coaxiales y ortogonales, motorvariadores de velocidad. Variadores electrónicos (inverters).

**PESAJE**



Balanzas mecánicas, electrónicas de plato y pedestal. Sistemas industriales de pesaje y dosificación. Balanzas tipo supermercado.

**MAQUINAS**



Taladros, fresadores de banda y engranajes. Tornos paralelos automáticos. Fresadoras universales y de torreta. Cortadoras de sierra - dobladoras. Accesorios en general.

**2.- SISTEMA DE ELECTRIFICACIÓN DEL PUENTE GRUA.**

ALIMENT. DE LA GRUA	Gabinete plástico encapsulado 40Amp.- 1 X 42 MTS
ALIMENT. DEL POLIPASTO	Cable Plano flexible Festonado 1 X 15 MTS
CONTROL DEL POLIPASTO	Cable Plano flexible Festonado 1 X 15 MTS
CONTROL DEL PUENTE GRUA	- Tablero de control master para control total de puente grúa.- x 1 und. - Variador de frecuencia de 2 hp/220V.- x 1 und. - Fines de carrera o paros de emergencia electromecánicos para recorrido y trolley-polipasto.- x 4 und. - Supervisor de fases.- x 1 und.
MONTAJE Y PUESTA EN MARCHA	Incluidos
<b>VALOR SISTEMA DE ELECTRIFICACION.....</b>	<b>US\$. 6.560+ IVA.</b>

- El sistema de electrificación para el recorrido de la grúa consiste en un gabinete de plástico encapsulado (Mobilis), paralelas a un lado de las vigas carrileras, de las cuales se alimentan las escobillas dando la energización necesaria.
- Para la alimentación y control del polipasto, se ha considerado el tipo de cable plano sistema Festoon, con todos sus accesorios para alimentar y controlar en el desplazamiento del polipasto a lo largo de la viga puente.
- Incluye variador de frecuencia para el control de la velocidad del puente grúa (RUEDAS MOTRICES).
- Incluye fines de carrera para parada del polipasto y del puente grúa al llegar a los extremos de la viga y la nave respectivamente.
- Incluye supervisor de fases para detectar protección del polipasto en el caso de la falta de una fase de energía.

**3.- KIT DE CARROS TESTEROS PARA TRANSLACION LONGITUDINAL CAP. 3.2TON.**

Tipo	: TIPO CAJON ABIERTO
Referencia	: R&M252431D150
Dimensiones Aprox.	: 2500x240x310 mm
Diámetro de rodadura	: 150 mm
Cantidad	: 2 ruedas motrices y 2 ruedas locas
Ruedas	: SAE 1045
Motorreductores	: 2 und. de 1HP/pendulares con electro freno
Velocidad. de desplazamiento	: Variable, desde 9 hasta 27 m/min. aprox., mediante variador de frecuencia y regulable de acuerdo a las necesidades del cliente
Voltaje	: 220VAC, 3F 60Hz.
<b>VALOR POR EL KIT.....</b>	<b>US\$. 5.850 + IVA</b>

Las vigas testeras son unidades electromecánicas donde descansará la/s viga(s) puente para poder desplazarse en el recorrido longitudinal de la nave, incluye ruedas motrices y ruedas conducidas para el recorrido sobre riel, ejes, rodamientos, motorreductores.

Se suministrarán las unidades selladas.

La velocidad de desplazamiento es controlada con un variador de frecuencia, el precio está contemplado en el sistema de electrificación.

**4.- SISTEMA ESTRUCTURAL PARA PUENTE GRUA DE 3.2 TON**

VIGA PUENTE MONORRIEL	: TIPO CAJON 1 x 15m x 149kg/m = 2235 kg Aprox.
VIGAS CARRILERAS	: POR CUENTA DEL CLIENTE
RIEL DE RODADURA SOBRE VIGAS CARRILERAS	: RIEL DE RODAD TIPO UPN 2 x 42m x 7kg/m = 588 kg Aprox.
COLUMNAS SOPORTE CON MENSULAS RESPECTIVAS	: POR CUENTA DEL CLIENTE.
TERMINADOS	: Vigas puente armado, alineado y a nivel con vigas testeras, pintura de color amarillo ce espesor 120 micras aprox.
MONTAJE	: Incluidos

OFICINA Y PLANTA: Juan Molineros Lote 3 y Eloy Alfaro Telfs.: 2805364 – 2805365 Fax: 2805328  
E-mail: claudio\_loachamin@comrepsa.com - comrepsa@uio.satnet.net QUITO-ECUADOR



**TRANSPORTE**



Puentes grúa, Teleros eléctricos y mecánicos a cable y cadena.  
Sistemas de electrificación.  
Tiror - malacates - winches - trolleys  
Carretillas y aplicadores hidráulicos  
Montacargas eléctricos

**POTENCIA**



Motoreductores coaxiales y ortogonales,  
motoconvertidores de velocidad,  
Variadores electrónicos (inverters)

**PESAJE**



Balanzas mecánicas,  
electrónicas de piso y pedestal  
Sistemas industriales de pesaje y dosificación.  
Balanzas tipo supermercado.

**MAQUINAS**



Taladros, fresadores de banda y engranajes.  
Tornos paralelos automáticos.  
Fresadoras universales y de torreta  
Cortadoras de sierra - dobladoras  
Accesorios en general.

OTROS	Incluye planos de taller e implantación de: Viga puente, Vigas Carrileras para construcción en taller por parte del cliente.
<b>VALOR UNIT.....</b>	<b>US\$ 8.750 + IVA</b>

**COSTO TOTAL DE PROVISION, INSTALACION Y PUESTA EN MARCHA.....US\$. 30.700 + IVA**

**5.- NORMAS DE DISEÑO**

TODOS LOS EQUIPOS COTIZADOS CUMPLEN CON LAS NORMAS PARA EL DISEÑO, FABRICACION Y MONTAJE DE PUENTES GRUA: **CMAA 74, DIN 15018, DIN 4132**

- SPECIFICATIONS FOR TOP RUNNING & UNDER RUNNING SINGLE GIRDER ELECTRIC TRAVELING CRANE UTILIZING UNDER RUNNING TROLLEY HOIST
- CRANE STEEL STRUCTURES PRINCIPLES OF DESIGN AND CONSTRUCTION
- CRANEWAYS; STEEL STRUCTURES; PRINCIPLES FOR CALCULATION, DESIGN AND CONSTRUCTION

**6.- SERA POR CUENTA DEL CLIENTE**

- Sistema soportante: columnas y/ménsulas alineadas y a nivel.
- Provisión de punto de energía para la alimentación del sistema de electrificación.
- Provisión de tomas eléctricas para las soldadoras 220v - trifásico y 110v - monofásico.
- Bodegaje y guardiana de equipos y materiales.

**7.- NUESTROS PRECIOS INCLUYEN**

- Provisión e instalación de polipasto Cap. 3,2Ton.
- Provisión e instalación del sistema estructural: Viga puente, riel de rodadura sobre vigas carrileras, vigas testeras.
- Provisión e Instalación de sistema de electrificación.
- Pluma y/o montacargas para el montaje de equipos y puente grúa
- Puesta a punto para servicio con pruebas de funcionamiento.
- Servicio de capacitación en manejo de los equipos para el personal operativo.
- Durante el primer año el servicio técnico en mantenimiento será gratuito, excepto viáticos y movilización del personal técnico.

**GARANTIAS DE FUNCIONAMIENTO.-**

365 DIAS

AL SER REPRESENTANTES Y DISTRIBUIDORES EXCLUSIVOS DE LA MARCA ROBINS & MEYERS MATERIALS HANDLING INC. (R&M) EN ECUADOR. NUESTROS CLIENTES TIENEN GARANTIA DE FABRICA; Y AMPARA LA REPARACION Y/O SUSTITUCION DE LAS PARTES QUE RESULTAREN AVERIADAS A CAUSA DE DEFECTOS DE MATERIAL O DE CONSTRUCCION SIEMPRE Y CUANDO SE SOMETAN LOS EQUIPOS O PARTES AL USO ESPECIFICO PARA EL QUE HAN SIDO DISEÑADOS DE ACUERDO A ESPECIFICACIONES TECNICAS Y MANUALES DE USO Y MANTENIMIENTO RESPECTIVOS.

**CONDICIONES COMERCIALES**

Forma de pago	:	50% de anticipo y 50% según avance de obra
Tiempo de entrega	:	Equipos: inmediato. Instalación y montaje: 4 semanas aprox.
Validez de la Oferta	:	Una vez recibida la orden de compra y el anticipo. 30 días

Seguros de poder negociar con ustedes,  
Cordial saludo,

**ING. RAFAEL VEGA RON**  
DISTRIBUIDOR MASTER DE R&M  
COMREPSA CRANES

**ING. CLAUDIO LOACHAMIN**  
DPTO. PROYECTOS

OFICINA Y PLANTA: Juan Molineros Lote 3 y Eloy Alfaro Telfs.: 2805364 – 2805365 Fax: 2805328  
E-mail: claudio.loachamin@comrepsa.com - comrepsa@uio.satnet.net QUITO-ECUADOR

## **ANEXO 3.3. CATÁLOGO DE PERFIL LAMINADO TIPO HEB**



**HEB**

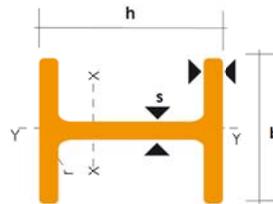
**PERFILES LAMINADOS  
HEB**

**Especificaciones Generales**

- Calidad:** ASTM A 36
- Otras calidades:** Previa Consulta
- Largo normal:** 6,00m y 12,00m
- Otros largos:** Previa Consulta
- Acabado:** Natural
- Otro acabado:** Previa Consulta



DENOMINACION	DIMENSIONES					SECCION PESOS		TIPOS			
	h	b	s	t	r	cm <sup>2</sup>	Kg/mt	I <sub>x</sub>	I <sub>y</sub>	W <sub>x</sub>	W <sub>y</sub>
	mm	mm	mm	mm	mm			cm <sup>4</sup>	cm <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>	cm <sup>3</sup>
HEB 100	100	100	6.00	10.00	12	26.00	20.40	450	167	89	33.50
HEB 120	120	120	6.50	11.00	12	34.00	26.70	864	318	144	52.90
HEB 140	140	140	7.00	12.00	12	43.00	33.70	1510	550	216	78.50
HEB 160	160	160	8.00	13.00	15	54.30	42.60	2490	889	311	111.00
HEB 180	180	180	8.50	14.00	15	65.30	51.20	3830	1360	426	151.00
HEB 200	200	200	9.00	15.00	18	78.10	61.30	5700	2000	570	200.00
HEB 220	220	220	9.50	16.00	18	91.00	71.50	8090	2840	736	258.00
HEB 240	240	240	10.00	17.00	21	106.00	83.20	11260	3920	938	327.00
HEB 260	260	260	10.00	17.50	24	118.00	93.00	14920	5130	1150	395.00
HEB 280	280	280	10.50	18.00	24	131.00	103.00	19270	6590	1380	471.00
HEB 300	300	300	11.00	19.00	27	149.00	117.00	25170	8560	1680	571.00
HEB 320	320	300	11.50	20.50	27	161.00	127.00	30820	9240	1930	616.00



# **ANEXO 3.4. CATÁLOGO DE POLIPASTO R&M**



## SPACEMASTER® SX WIRE ROPE HOISTS



The Spacemaster® SX represents an innovative design that includes a large drum diameter giving Spacemaster® SX hoists the lowest headroom and best wheel loads in the industry while providing near true vertical lift with single reeved hoists, and both exceptional hook approaches and heights of lift.

Standard configurations include normal headroom, low headroom and double girder trolley designs. Hoists in short ton ratings (ASME) or metric ratings (FEM) meet a wide variety of application requirements:

- 1/2, 80 ton (500 - 80,000 kg) capacities
- Two-component epoxy paint
- CSA class rating as well as a NEMA 3R rating for electrical enclosures
- Life expectancy 101,5 to 62,10 fpm (30.5 - 19.3 m/min)
- 208, 230, 460, 575/360 or 380/260 power supply
- ASME H4 duty (FEM 1Am, 2m, or 3m) ratings
- Single reeved or double-reeved

Quality assurance with all R&M equipment is very important to us. The R&M production facility is ISO9001 certified and all equipment is fully factory inspected prior to shipment. Units are shipped with a test certificate, owner's manual and a parts list. The Spacemaster® SX unit is a CSA listed product.



Wire Rope Hoists | Electric Chain Hoists | Crane Components | R&M Genuine Replacement Parts™ | Training



## SPACEMASTER® SX WIRE ROPE HOISTS



**Low Headroom Trolley:**

- The best solution for single girder cranes
- Its compact design provides maximum space-efficiency



**Normal Headroom Trolley:**

- An ideal selection for monorails and job crane applications
- Hardened wheels for patented track applications are also available



**Double Girder Trolley:**

- Superior clearance and headroom for double girder crane applications



**Spacemaster® SX1**  
The ideal hoist for monorails, jibs and light crane systems!

Spacemaster® SX1RX  
48 hour Delivery  
Call 1-800-955-9967 for details

Optional second brake

www.rmhoist.com

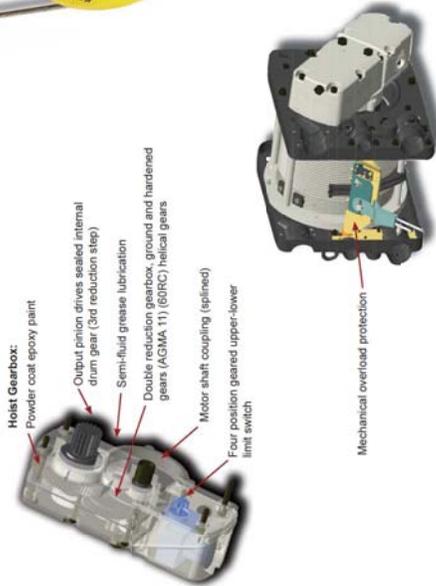


R&M Materials Handling, Inc.

## SPACEMASTER® SX WIRE ROPE HOISTS



- Hoisting Motor:**
- Dual-speed holding with 6:1 ratio
  - Class F insulation and IP55 protection class
  - Heavy duty type 60% ED rating (exceeds 30 min. rating)
  - Optimum cooling with fan and directed air flow
  - Thermistors as standard (cut off at 170°C)



- Hoist Gearbox:**
- Powder coat epoxy paint
  - Output pinion drives sealed internal drum gear (3rd reduction step)
  - Semi-fluid grease lubrication
  - Double reduction gearbox, ground and hardened gears (AGMA 11) (60RC) helical gears
  - Motor shaft coupling (splined)
  - Four position geared upper-lower limit switch

Mechanical overload protection

www.rmhoist.com

3

RAM Materials Handling, Inc.

## INNOVATIVE STANDARD FEATURES



- Trolley Drive:**
- Long life adjustment free compact brake
  - Minimized maintenance with grease gearbox
  - AGMA 11 carbonized and ground helical gearing
  - Inverter duty motor with IP55 protection
  - Spline fit direct drive sealed travel system



- Hoisting Brake:**
- 200% torque DC disk type
  - Lining designed for hoist lifetime, over 1 million operations
  - Sealed dust-proof
  - Heavy duty
  - Easy to check air gap

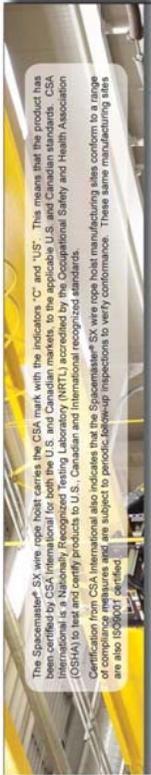


- Wire Rope Drum and Guide:**
- Optimized dimensions - Excellent hook approaches
  - Longer lifetime - Minimum drum to rope ratio = 40:1
  - Minimal hook drift +/- 1/8" per ft of travel
  - Ductile iron rope guide
  - Minimal rope bending
  - Lower pressure on drum bearing
  - Galvanized wire rope

www.rmhoist.com

4

RAM Materials Handling, Inc.



The Spacemaster® EX wire rope hoist carries the CSA mark with the indicators "C" and "US". This means that the product has been certified by CSA International for both the U.S. and Canadian markets, to the applicable U.S. and Canadian standards. CSA International is a Nationally Recognized Testing Laboratory (NRTL) accredited by the Occupational Safety and Health Association (OSHA) for its C-certified products to U.S., Canadian, and International recognition standards. The Spacemaster EX wire rope hoist conforms to a range of compliance standards and are subject to periodic factory inspections to verify conformance. These same manufacturing data are also ISO9001T certified.



#### Special Applications Main/Aux Trolley Hoists



- High Capacity Hoists:**
- Main hoist / auxiliary hoist on a common trolley
  - Double girder under running trolley
  - Motorized bottom block
  - Specialized controls
  - Double girder hoist rotated 90°
  - Outdoor use / dusty environment
  - High altitude
  - Special trolley rail gauges
  - Low connection double girder trolleys



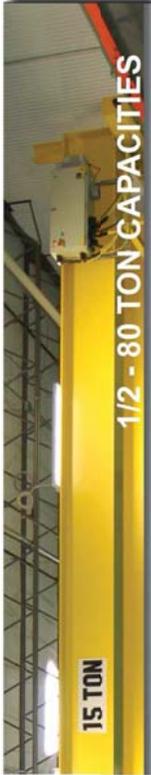
#### Spacemaster® EX Hazardous Location Hoists:

- Two speed hoist with 6:1 ratio
- Hoist motor is class F insulated 60% effective duty and thermally protected
- Trolley motor with compact disc brake
- Rope guide with spring loaded pressure roller
- Approx. 40:1 drum to rope diameter ratio
- NEMA 4,7 rated control panel
- Two speed trolley with 4:1 ratio
- Push button assembly and pendant
- 115 volt control transformer
- Sealed hoist brake
- Mainline contactor
- Trolley bumpers



#### Explosion Proof Enclosure

R&M Materials Handling, Inc.



## 15 TON

## 1/2 - 80 TON CAPACITIES

#### Bridge Controls Standard Features:

- Standard inverter offers two speed or 2-step infinitely variable speed control
- CSA class approved NEMA 3R type rated control enclosures
- Mainline disconnect switch (mounted in door)
- 115 volt transformer with fused secondary



#### NRGmaster Electrification System:

- Decrease maintenance pitfalls associated with traditional C-track festoons
- Radio control is standard

#### NRGmaster Electrification System = The Most Space Savings in New Construction

- Unmatched clearances - The floor area under your new crane can now be used more efficiently - Better hook to wall dimensions (A) compared to the competition
- Lower roof heights/maximum lifting heights - Your new building design can be smaller and more functional giving you savings in initial construction. Better hook to ceiling dimensions (H) compared to the competition
- Lower operating costs - Continual savings in heating and/or air conditioning expenses over the lifetime of your building
- Maximum flexibility - Factory layout and material flow planning is optimized



Figure 1. C-track Festoon

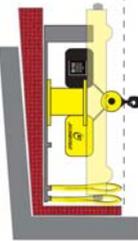
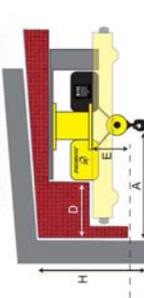


Figure 2. NRGmaster Electrification System



- A. Decreased distance from hook to wall (versus C-track festoon cranes)
- D. Increased inner span distance to wall (no festoon obstruction)
- E. Less obstruction from hook to girder (no dangling cables)
- F. Decreased distance from hook to ceiling (versus competitor cranes)

Potential space savings when using R&M's OX modular crane package versus competitors' cranes (Figure 1) and standard C-track festoon system cranes (Figure 2)

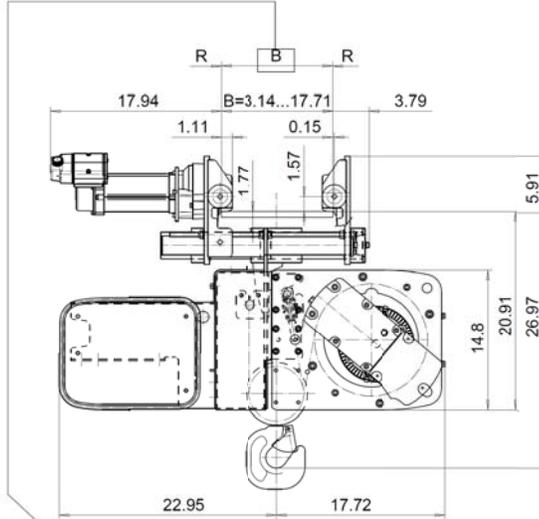
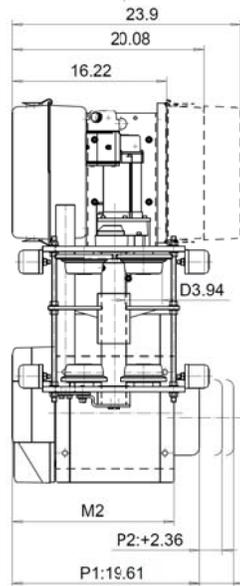
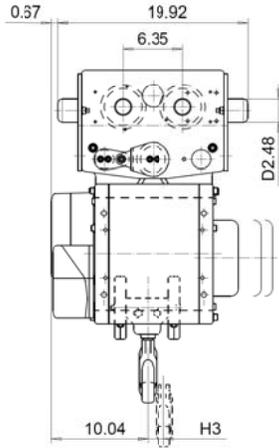
R&M Materials Handling, Inc.

# **ANEXO 3.5. DATOS TÉCNICOS DEL POLIPASTO**

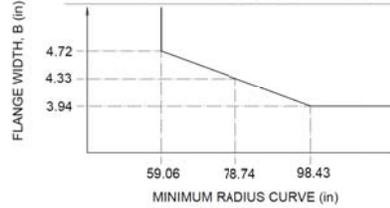
**NORMAL HEADROOM, 4 PART SINGLE**

Hoist type:  
SX2041..N0  
SX3041..N0

US-60Hz



**MINIMUM RADIUS CURVE CHART**



Load (TCN)	Class ASME	Hoisting speed (ft/min)			
		Gear+Motor code:			
		F+P1	F+P2	G+P2	H+P3
1 1/2	H4+	20/3.1	20/3.1	25/3.9	30/4.9
2	H4	20/3.1	20/3.1	25/3.9	30/4.9
2 1/2	H4+	-	20/3.1	25/3.9	30/4.9
3	H4	-	20/3.1	25/3.9	30/4.9
+ weight (lb):		-	20	20	26

HOL (ft)	Length code	M2 (inch)	H3 (inch)	Weight (lb)
19'-3"	A	16.97	1.77	510
31'-2"	C	22.09	2.83	550

This document is the absolute property of R&M Materials Handling, Inc. This document must not be copied without the written permission of R&M Materials Handling, Inc. The contents thereof must not be disclosed to a third party nor be used for any unauthorized purpose. Contravention will be prosecuted.

RTT/PAL Design	RTT/PAL Date	Appr	Eng. Drawing	QA-N-04
2002-08-26				
SLG/DOCV				
R&M				
TROLLEY; NORMAL HEADROOM 4 ROPE FALLS				1 of 1
D002082-A				4

D002082-A\_4 2004-04-21 QA-N-04

**ANEXO 4.1. TABLA DE  
PARAMETROS CLIMATICOS EN  
LA CIUDAD DE CUENCA<sup>1</sup>.**

---

<sup>1</sup> [http://es.wikipedia.org/wiki/Cuenca\\_\(Ecuador\)#Clima](http://es.wikipedia.org/wiki/Cuenca_(Ecuador)#Clima)

 **Parámetros climáticos promedio de Cuenca, Ecuador**  [ocultar]

Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Annual
Temperatura máxima registrada (°C)	26.7	26.1	27.2	24.4	25.0	25.0	22.8	25.6	25.0	27.2	27.2	27.1	27.2
Temperatura diaria máxima (°C)	20.6	21.1	20.6	20.6	19.4	18.9	18.3	18.9	20.6	21.1	21.7	21.7	20.3
Temperatura diaria promedio (°C)	15.3	15.8	15.6	15.3	14.4	13.6	13.3	13.3	14.7	15.3	14.7	15.6	14.7
Temperatura diaria mínima (°C)	10.0	10.6	10.6	10.0	9.4	8.3	8.3	7.8	8.9	9.4	7.8	9.4	9.2
Temperatura mínima registrada (°C)	3.3	2.8	3.9	1.1	0.0	-0.6	-1.7	-1.1	2.2	-0.6	-0.6	1.1	-1.7
Lluvias (mm)	67	85	107	109	77	68	53	47	56	73	69	67	878
Días de lluvias (≥ 0.1 mm)	20	21	22	19	15	11	10	10	12	16	13	10	179
Horas de sol	155	113	124	120	155	150	186	186	150	155	150	155	1799
Fuente N°1: Sistema de Clasificación Bioclimática Mundial (temperatures) <sup>29</sup>													
Fuente N°2: Cuenca Climate Guide <sup>30</sup>													

**ANEXO 4.2. PANEL  
TERMOACÚSTICO KUBIEC.**

#

#

#

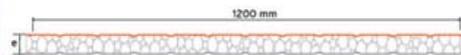
#

## Especificaciones técnicas láminas metálicas

<b>MATERIAL</b>	ACERO ESTRUCTURAL según norma.
<b>RECUBRIMIENTO</b>	Galvalume por inmersión en caliente: aluminio 55% zinc 43% y 2% silicio, según norma ASTM A792. Espesor del galvalume: AZ150 (150gr/m ).
<b>ESPESOR</b>	Superior e inferior 0.40mm TCT (bajo pedido fabricamos en espesores diferentes).
<b>ACABADO</b>	Pintura Cara principal: Primer Epóxico 5u, pintura de acabado: poliéster 20u, con Foil de protección plástico. Pintura Cara posterior. Pintura Adquidica: 8u.

### ASLAMIENTO

<b>MATERIAL</b>	Poliestireno expandido EPS
<b>ESPEORES</b>	35, 50, 75, 100, 150 mm
<b>DENSIDAD</b>	16-20 kg/m <sup>3</sup>



#

#

#

#

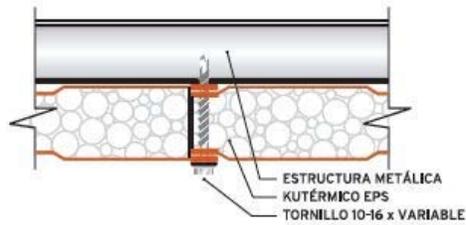
#

#

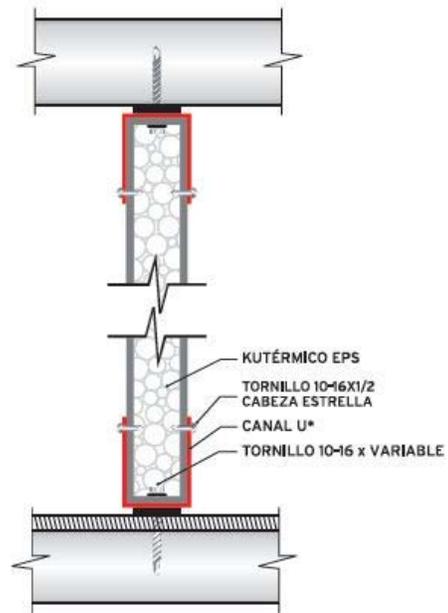
CAPACIDADES DE CARGA VS. SEPARACIÓN DE APOYOS													
e Espesor Panel mm	R value Long term thermal resistance m <sup>2</sup> °k/Watts	P Peso Panel kg/m <sup>2</sup>	C (carga) kg/m <sup>2</sup>	c					c				
				60	80	100	120	150	60	80	100	120	150
35	5,24	7,26	L (m)=	2,25	2,20	1,61	1,14	0,61	1,97	1,90	1,38	1,00	0,55
50	7,48	7,53	L (m)=	3,53	3,49	2,82	2,23	1,56	3,14	3,04	2,47	2,00	1,35
75	11,22	7,98	L (m)=	4,91	4,90	4,18	3,44	2,67	4,40	4,31	3,59	3,04	2,28
100	14,96	8,43	L (m)=	6,40	6,36	5,52	4,75	3,87	5,71	5,58	4,78	4,22	3,28
150	22,44	9,33	L (m)=	8,36	8,01	7,08	6,28	5,37	7,42	6,95	6,28	5,64	4,48

Para cargas de succión por viento, aplicar un factor de 1.33 a la carga estimada

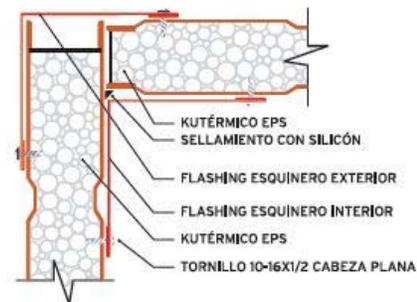
#### TRASLAPE ENTRE PANELES



#### FIJACIÓN PISO TECHO



#### TRASLAPE INTERIOR - EXTERIOR



#

#

#

#

#

## **ANEXO 4.3. CATÁLOGO DE ARMADURAS VIGA-COLUMNA.**

#

#

## 🔗 vigas



Longitud estándar de 6.50m.  
Especiales bajo pedido.

### descripción

Es una armadura de sección rectangular o cuadrada, producida en base a varillas trelladas o varillas de acero antisísmico.

### USOS

Se utiliza como refuerzo del hormigón armado en pórticos, columnas, vigas y postes.

### normas técnicas

**ASTM 185** ( americana )  
Malla electrosoldada lisa para hormigón armado.

**ASTM 497** ( americana )  
Malla electrosoldada corrugada para hormigón armado.

**NTE INEN 2 209** ( ecuatoriana )  
Malla Electrosoldada para hormigón armado.  
Requisitos, inspección y ensayos.

**NTE INEN 1510** ( ecuatoriana )  
Alambre liso trellado en frío para hormigón armado.

**NTE INEN 1511** ( ecuatoriana )  
Alambre conformado en frío para hormigón armado.

21

### 🔗 dimensiones y especificaciones técnicas

VARILLAS LONGITUDINALES						ESTRIBOS		
TIPO DE VIGA	ARMADURA cm	Cant.	DIÁMETRO mm	PATA SUP. cm	PATA INF. cm	Cant.	mm.	PESO TOTAL Kg/6,50m
V1	10 X 10	4	7corrug.	40	25	40c/15 cm	4 liso	9.590
V2	10 X 15	4	7corrug.	40	25	40c/15 cm	4 liso	9.867
V3	15 X 15	4	7corrug.	40	25	40c/15 cm	4 liso	10.380
V4	10 X 20	4	7corrug.	40	25	40c/15 cm	4 liso	10.380
V5 *	10 X 15	4	9corrug.	40	25	40c/15 cm	5.5 corrug.	16.789
V5 *	15 X 15	4	9corrug.	40	25	40c/15 cm	5.5 corrug.	17.759
V7 *	10 X 20	4	9corrug.	40	25	40c/15 cm	5.5 corrug.	17.759
V8 *	15 X 15	4	12corrug.	30	20	40c/15 cm	6 corrug.	29.915
V9 *	15 X 25	4	12corrug.	30	20	40c/15 cm	6 corrug.	31.363

\* En vigas desde V5 hasta V9, las varillas son de acero antisísmico y sus estribos de varilla trellada.

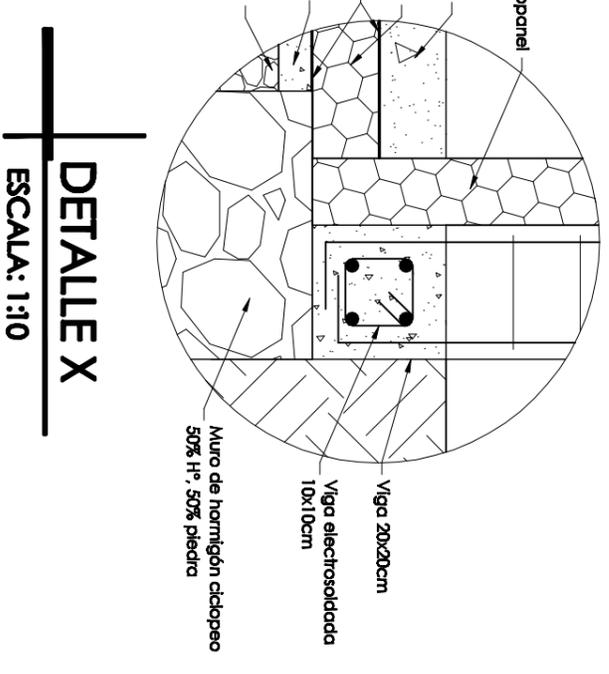
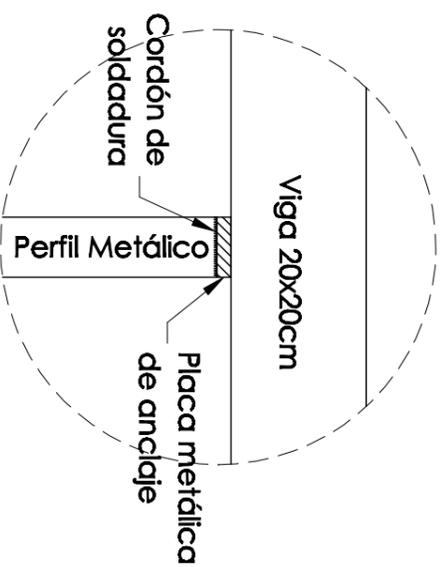
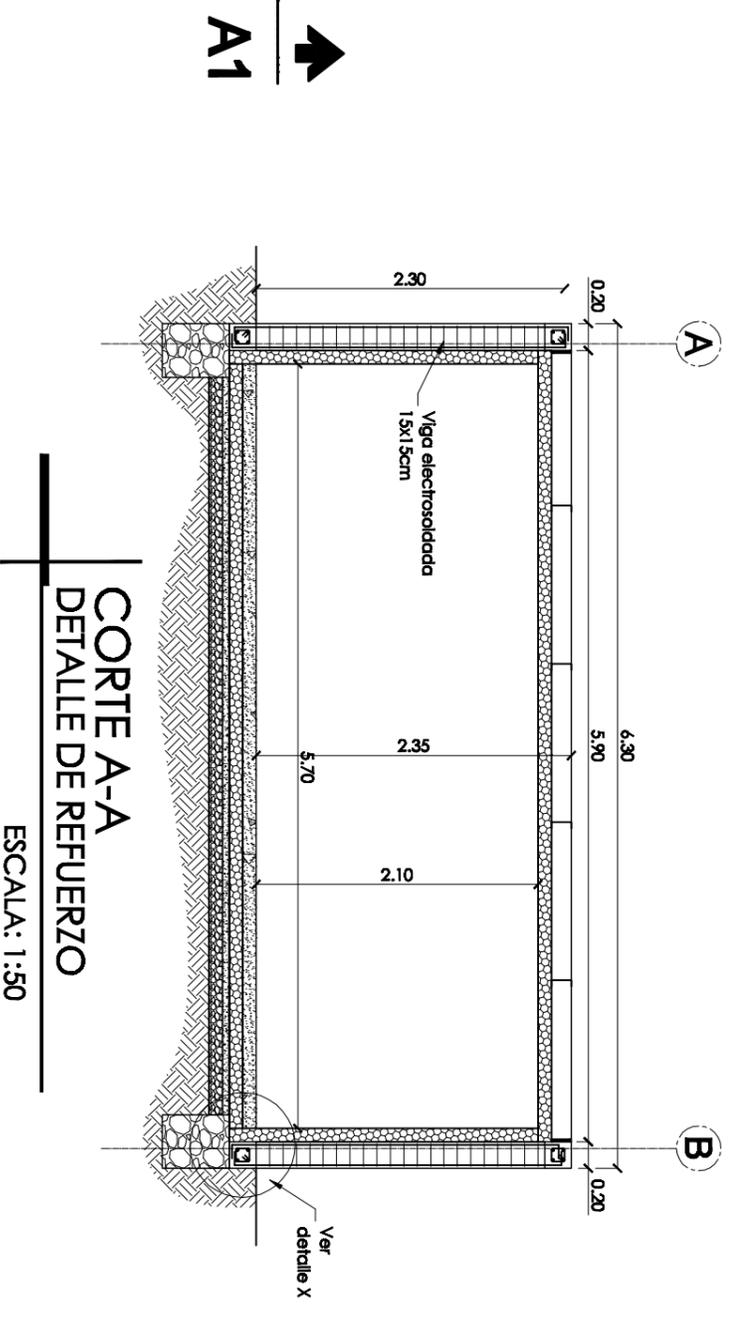
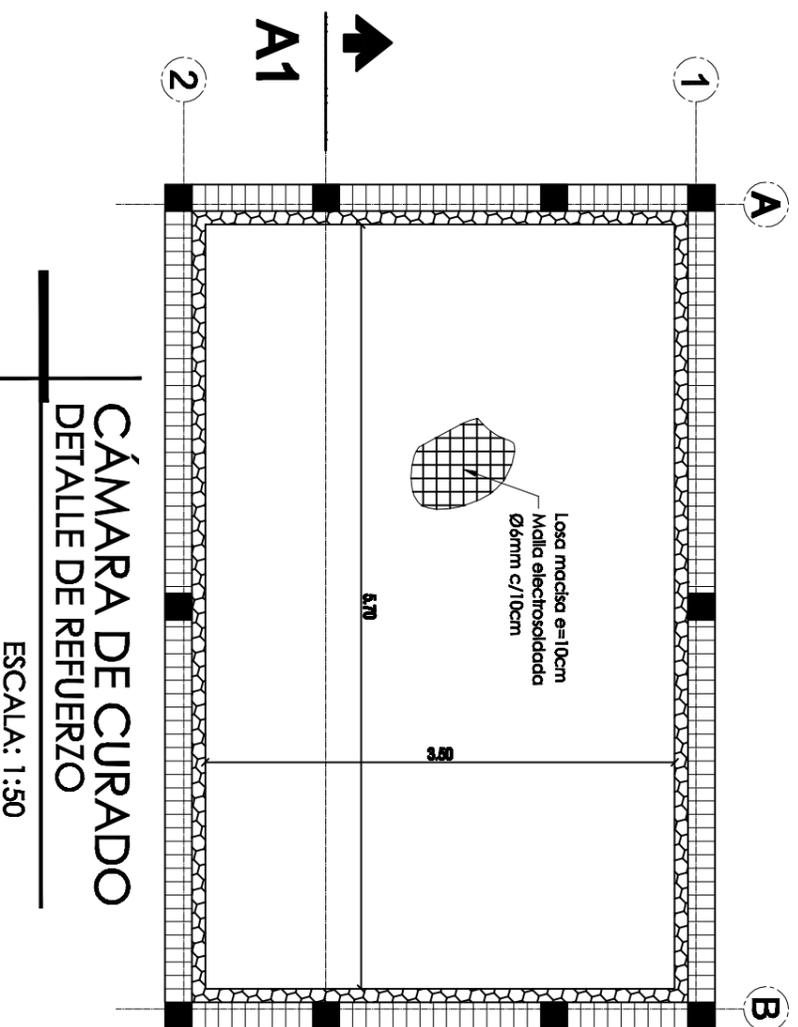
#

#

#

#  
#  
#  
#  
#  
#  
#  
#

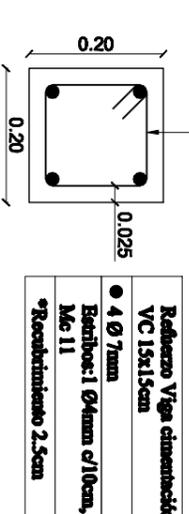
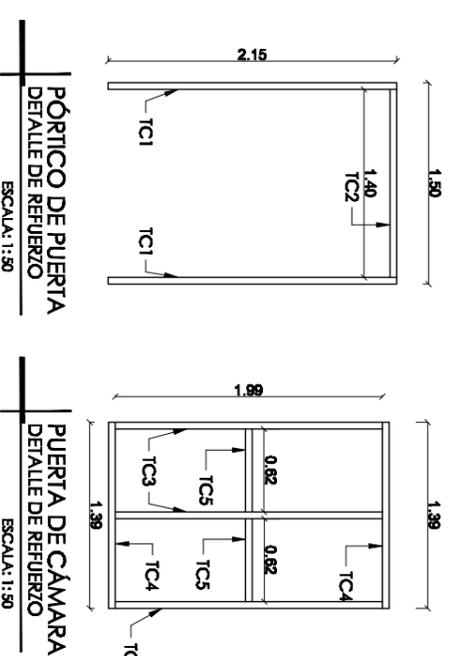
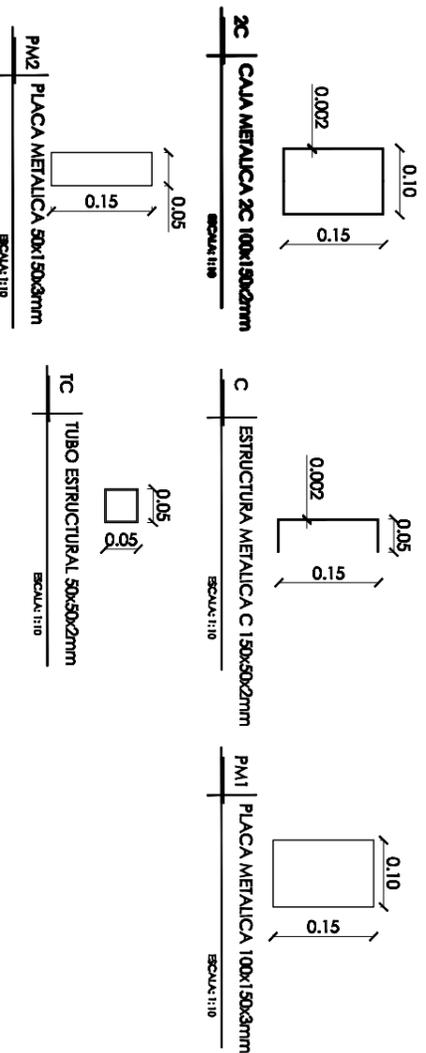
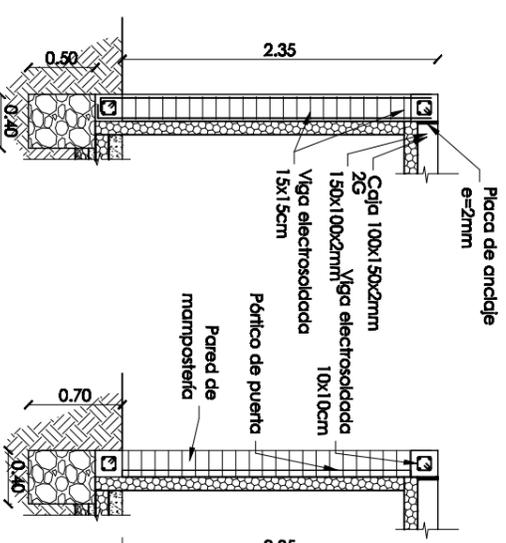
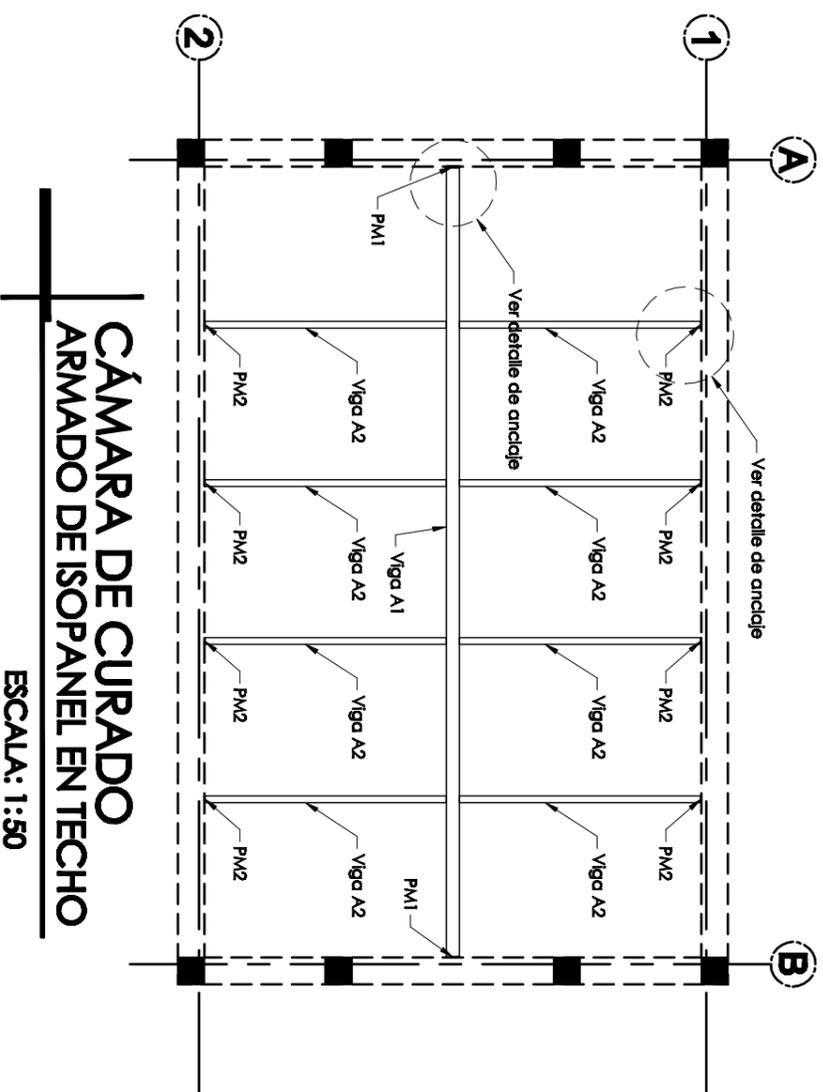
## **ANEXO 4.4. PLANOS DE CÁMARA DE CURADO.**



DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD
<b>Cimentación</b>		
Hormigón Ciclopeo (60% H.S y 40% piedra) f'c = 210 kg/cm <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>	3,8
Replanteo de piedra e = 15 cm	m <sup>2</sup>	1,995
Hormigón Simple f'c = 140 kg/cm <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>	0,998
Hormigón Simple f'c = 240 kg/cm <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>	2
Malla electrosoldada R-131 5 mm c/15cm	m <sup>2</sup>	19,95
<b>Vigas-Columnas de Hormigón</b>		
Hormigón Simple f'c = 240 kg/cm <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>	1,4
Vigas prefabricadas V1 10x10 cm	m	62
<b>Paredes</b>		
Mampostería de ladrillo ancho 18cm con mortero 1:3	m <sup>2</sup>	36,34
Enlucido e=1,5 cm.	m <sup>2</sup>	36,34
<b>Isopanel</b>		
Isopanel e=10 cm (paredes)	m <sup>2</sup>	36,34
Isopanel e=10cm (piso)	m <sup>2</sup>	19,95
Isopanel e=10 cm (techo)	m <sup>2</sup>	21,83
<b>Cubierta</b>		
Acero A36 estructura en perfiles, suministro y montaje.	kg	193,6
Pintura anticorrosiva para acero estructural	m <sup>2</sup>	14,31

Fecha	Nombre	 <b>UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA</b> SEDE MATRIZ CUENCA
15/05/2013	Chicaiza – Naspud	
15/05/2013	Ing. Nelson Jara	
<b>ESCALA:</b> Indicadas		<b>Ing. Mecánica</b> Producción Lámina N° 01

**CÁMARA DE CURADO**



**CAMARA DE CURADO**

CLASE DE ACERO: A36

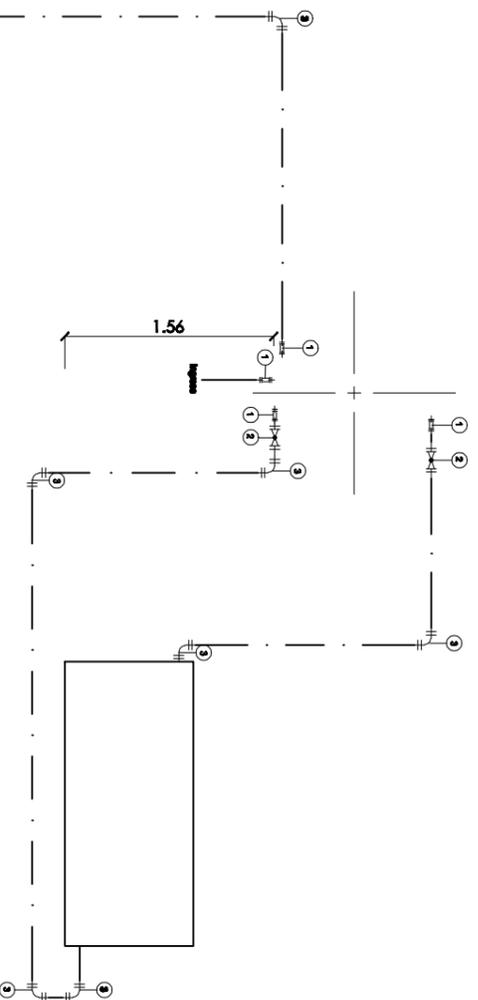
PLANILLA PERFILES METALICOS		OBSERVACIONES	
MARCA	L [m]	Cantidad	DESCRIPCION
A1	5,90	1	2C 150x50x2mm
A2	1,80	8	C 150x50x2
T1	2,15	4	Tubo 50x50x2mm
T2	1,40	2	Tubo 50x50x2mm
T3	1,99	6	Tubo 50x50x2mm
T4	1,39	4	Tubo 50x50x2mm
T5	0,62	4	Tubo 50x50x2mm
<b>TOTAL</b>		<b>51,68</b>	

**RESUMEN DE PLANILLA PERFILES METALICOS**

DESCRIPCION	Longitud	PESO	Peso Total
	Total [m]	[kg/m]	Acero A36 [kg]
2C 150x50x2mm	5,90	7,65	45,15
C 150x50x2	14,40	3,83	55,10
Tubo 50x50x2mm	31,38	2,93	91,94
<b>TOTAL PESO:</b>		<b>51,68</b>	<b>192,19</b>

\*Cantidades no incluye desperdicios

Fecha	Nombre	<p><b>UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA</b></p> <p>SEDE MATRIZ CUENCA</p>
19/02/2013	Chicaiza – Nospud	
Comprobado	Ing. Nelson Jara	<p><b>CÁMARA DE CURADO</b></p> <p>Ing. Mecánica Producción</p> <p>Lámina N° 01</p>
ESCALA: Indicadas		



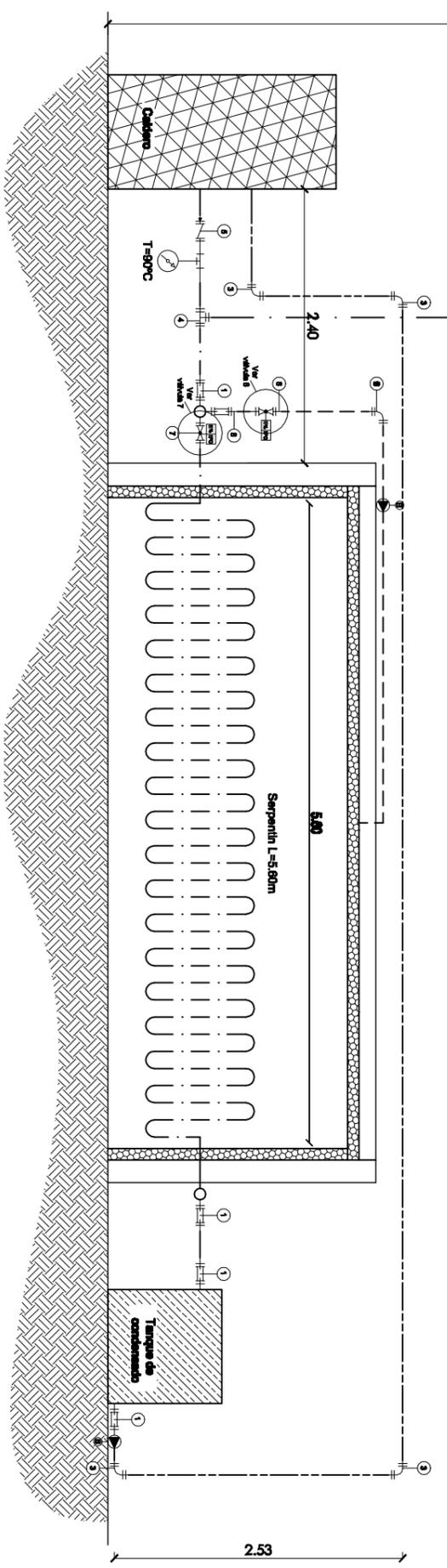
Cantidades de Obra "CAMARA DE CURADO"		
Material	Unidad	Cantidad
<b>TUBERIA Y ACCESORIOS</b>		
Tubo de cobre de 1"	m	330,00
Tubo de alimentación de agua 1"	m	34,15
Tubo de alimentación de agua 1/2"	m	7,00
Union de 1"	U	8,00
Electrovalvula	U	5,00
Codo 90° de 1"	U	11,00
Tee 1"	U	1,00
Valvula check	U	1,00
Union de 1/2"	U	1,00
Codo 90° de 1/2"	U	2,00
Bomba de 1/2 HP	U	1,00
Micro-aspersores	U	2,00

**SIMBOLOGIA**

- TUBERIA 80"
- TUBERIA 60"
- ① UNION 80"
- ② ELECTROVALVULA 1 1/4"
- ③ CODO 80" 90°
- ④ TEE 80"
- ⑤ VALVULA CHECK
- ⑥ ELECTROVALVULA 1 1/4" J
- ⑦ ELECTROVALVULA 1 1/4" T
- ⑧ UNION 80"
- ⑨ CODO 80" 45°
- ⑩ BOMBA

ELECTROVALVULA E:  
SI HUMEDAD RELATIVA < 85% Y T < 40°C SISTEMA VALVULA "OFF"  
SI HUMEDAD RELATIVA < 85% Y T < 40°C VALVULA "ON"

ELECTROVALVULA T:  
T < 40°C SISTEMA VALVULA "OFF"  
T < 40°C VALVULA "ON"



**CÁMARA DE CURADO**  
**SISTEMA HIDRAULICO**

ESCALA: 1:50

Fecha	Nombre	 <b>UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA</b> SEDE MATRIZ CUENCA
19/02/2013	Chicaiza – Nospud	
19/02/2013	Ing. Nelson Jara	

ESCALA: Indicadas

**CÁMARA DE CURADO**

Ing. Mecánica  
Producción  
Lámina Nº 03

**ANEXO 4.5. HOJA DE CÁLCULO  
PARA TUBOS RADIADORES.**

flujo masico agua caliente=	0.1064069334 kg/s
velocidad del flujo=	1.7141 m/s

Long de calculo 1	m
longitud tubo	1.5 m
PODER CALORIFICO NECESARIO	17765.7 KJ/hora

temperatura de entrada agua 90°C	
Cp 4.204	
densidad 983.2	
viscosidad 3.06E-04	
coeficiente de conductividad 0.678	
Prandtl 1.9	
velocidad del flujo 1.577719874	

Te	90
ΔT ml	52.48

Diametro Exterior	Diametro Exterior (m)	Diametro Interior (m)	espesor	# de Reynolds	nusselt flujo turbulento	conveccion natural hi	ra	ri	he	re	U (W/area °C)	AREA DE INTERCAMBIO DE CALOR	area 1 tubo	poder calorifico 1 tubo	Numero de tubos
1/8"	0.00375	0.001655	0.000765	8219.075	40.280	8601.488	0.153	0.022	17.128	5.854	16.638	20.345	0.015	13.084	1380
1/4"	0.00635	0.00483	0.000765	23886.787	94.887	10131.247	0.064	0.007	14.403	3.481	14.122	23.969	0.030	22.179	801
5/16"	0.0079375	0.0063115	0.000813	31344.225	117.532	10039.250	0.054	0.005	13.621	2.944	13.361	25.335	0.037	26.228	677
3/8"	0.009525	0.007939	0.000813	39226.080	140.639	10010.866	0.044	0.004	13.074	2.588	12.782	26.463	0.045	30.110	590
1/2"	0.0127	0.010774	0.000813	54955.792	184.286	9838.272	0.032	0.003	12.111	2.070	11.915	28.410	0.060	37.424	475
5/8"	0.015875	0.014097	0.000889	70006.640	223.538	9546.992	0.028	0.002	11.454	1.751	11.265	30.049	0.075	44.227	402
3/4"	0.01905	0.016891	0.00107	83976.585	258.562	9202.352	0.028	0.002	10.944	1.527	10.738	31.524	0.090	50.590	351
7/8"	0.02225	0.019945	0.00114	99051.027	295.064	9001.282	0.025	0.002	10.530	1.360	10.329	32.773	0.105	56.772	313
1"	0.0254	0.023	0.0012	114222.794	330.698	8827.292	0.023	0.002	10.184	1.231	9.987	33.893	0.120	62.738	220
1 1/2"	0.0381	0.0351	0.0015	174313.916	463.762	8252.768	0.019	0.001	9.202	0.908	9.005	37.590	0.180	84.852	209
2"	0.0508	0.04724	0.00178	234603.887	588.162	7949.882	0.017	0.001	8.564	0.732	8.363	40.475	0.238	105.072	169

\*Velocidad del flujo máxima de acuerdo a Archibald Mcartyre "INSTALACIONES HIDRAULICAS"

# **ANEXO 4.6. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL CALDERO**

**ELECON** ELECTRO-CONSTRUCTORA  
*Dirección:* Km. 3 Vía a Miraflores - Sinincay s/n Barrio Santa Fe  
*E-mail:* elecon@hotmail.es / *Web:* www.electro-constructora.com  
*Telf.:* (07) 4060313 / *Cel.:* 095919884 / CUENCA-ECUADOR



Cuenca, 27 de abril del 2013

Sr. Diego Chicaiza  
Telf. 0980447870  
Email: dchicaiza.raster@gmail.com  
Ciudad.

## **PROFORMA # E13-2704**

En atención a su solicitud que desde ya agradecemos, ponemos a su disposición la siguiente proforma

### **CALDERO 20BHP HORIZONTAL DIESEL**

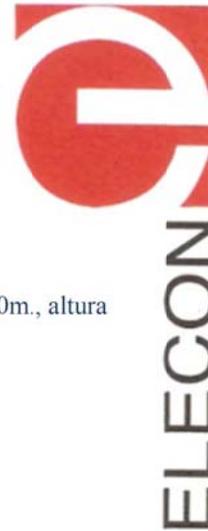
- Capacidad 20BHP.
- Sistema de calentamiento piro tubular de 3pasos.
- 680 libras de vapor por hora.
- 660.000 BTU/hora

#### **CARACTERISTICAS TECNICAS**

- Presión de diseño 120PSI
- Presión de trabajo 50-80 PSI
- Prueba hidrostática.
- Tanque interior de presión fabricado en plancha naval ASTM 131-Grado A de 1/2" (12.7mm.) de espesor
- Espejos fabricados en plancha naval ASTM 131- Grado A de 1" (25.4mm.) de espesor
- Hogar fabricado en plancha naval ASTM 131-Grado A de 1/2" (12.7mm.) de espesor
- Tubos de caldero de diámetro 2". (norma de tubo DIN17175/ST35.8).  
expandidos y abocinados con anillo de cobre.
- Aislamiento térmico del tanque externo con lana mineral de roca y lana de vidrio. de 2". de espesor.
- Recubrimiento de caldero.  
-Plancha inoxidable mate pulida N4 0.7mm. de espesor
- Cámara de combustión interna fundidas con cemento refractario para 1.600°C
-

## **ELECON** ELECTRO-CONSTRUCTORA

*Dirección:* Km. 3 Vía a Miraflores - Sinincay s/n Barrio Santa Fe  
*E-mail:* elecon@hotmail.es / *Web:* www.electro-constructora.com  
*Telf.:* (07) 4060313 / *Cel.:* 095919884 / CUENCA - ECUADOR



- Salida de vapor
- de 1 1/2"
- Sistema de tapas abatible para limpieza
- Dos registros de limpieza
- Medidas aproximadas de la máquina: longitud 2.70m ancho 1.20m., altura 1.50m. horizontal.
- Diámetro de chimenea 25 cm.

### **CONTROLES Y ACCESORIOS**

- Doble válvula de seguridad de 1" y 3/4".
- Censores electrónicos para nivel de agua.
  - De trabajo 3 sondas.
  - Control secundario de seguridad de nivel de agua
- Visor de nivel de agua Pírex
- Doble control de presión marca DANFOSS.
  - De trabajo.
  - De seguridad con bloqueo.
- Manómetro de 3 1/2". WINTERS.
- Sistema de purga:
  - Para nivel de agua de 1/2"
  - Para sensores y mandos de presión 1/2"
  - Para tanque principal de 1 1/2".

### **QUEMADOR**

- Quemador marca (ELECON).
- Encendido automático con ciclo de barrido.
- Electrodos de encendido con dos ciclos.
- Transformador de encendido marca ALLANSON (Canadá)
- Control de llama con foto celda.
- Sensor de flujo de aire.
- Motor de ventilador 2 HP trifásico 1700RPM Marca SIEMENS
- Bomba diesel Marca SUNTEC
- Electroválvulas marca Danfoss

### **COMBUSTIBLE**

- Consumo de diesel (Nº2) 6 Gl. /Hora.
- Nota: El consumo de combustible es a 2.500 msnm

### **TABLERO DE CONTROLES**

- Tablero eléctrico de mandos

## ELECON ELECTRO-CONSTRUCTORA

*Dirección:* Km. 3 Vía a Miraflores - Sinincay s/n Barrio Santa Fe  
*E-mail:* elecon@hotmail.es / *Web:* www.electro-constructora.com  
*Tel.:* (07) 4060313 / *Cel.:* 095919884 / CUENCA - ECUADOR



- Programa de control de funcionamiento del caldero con PLC (marca SIEMENS) con respaldo de memoria y CD.
- Indicador de fallos textuales luminosos y sirena. (Con sensores para nivel de agua, sobrepresión, combustible, aire de combustión y encendido de llama).
- Horómetro (indicador de horas de funcionamiento del caldero para determinar el mantenimiento preventivo de los elementos indicados en el manual de funcionamiento.)
- Contactor, relé térmico y elementos de control marca SIEMENS para bomba de agua.

### TANQUE DE CONDENSADO

- Tanque de condensado capacidad 16 galones. En plancha negra 3mm. pintada con estructuras metálicas.
- Bomba de agua de 1HP 220V.
- Visor de nivel de agua pírex
- Control de nivel con flotador válvula flotadora de cobre.
- Dos sondas de nivel de agua electrónicas (acoplado al control eléctrico del caldero).
- Filtro colector de impurezas de 1”.
- Válvula de servicio de 1”
- Doble válvula check de 1/2” para ingreso de agua al caldero.

**ELECON** ELECTRO-CONSTRUCTORA  
Dirección: Km. 3 Vía a Miraflores - Sinincay s/n Barrio Santa Fe  
E-mail: elecon@hotmail.es / Web: www.electro-constructora.com  
Telf.: (07) 4060313 / Cel.: 095919884 / CUENCA- ECUADOR



**ELECON**

**COSTOS**

El equipo anteriormente especificado tendrá el siguiente costo:

DENOMINACION	CANTIDAD	P. UNITARIO	P. TOTAL
Caldero 20BHP D	1	25.500,00	25.500,00

<b>TOTAL A CANCELAR</b>	<b>\$</b>	<b>USD</b>
-------------------------	-----------	------------

**FORMA DE PAGO**

70% a la firma del contrato y 30% a la entrega de la máquina

**FECHA DE ENTREGA**

El caldero de 20HP se entregará en 60 días.

**NOTA:**

El transporte y la instalación del equipo corren por cuenta del comprador.

**GARANTIA**

1 año de garantía sobre cualquier defecto de fabricación.

**VALIDEZ**

La presente oferta tiene por validez 5 días.

**ELECON:** se reserva el derecho de cambiar y hacer modificaciones sin previo aviso.

Afentamente:  
  
FIRMA AUTORIZADA

**Pablo Campoverde**  
**FIRMA AUTORIZADA**  
**ELECON**

# **ANEXO 4.7. CATÁLOGO DE MICRO-ASPERSORES**

## MICRO ASPERSOR FIJO AMANCO

### BOQUILLAS



### ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Boquilla		Presión (PSI)	Caudal (lph)	360° x 16 Chorros		330° x 11 Chorros		360° Sólido
Color	(mm)			Diámetro		Diámetro		
				Menor	Mayor	Menor	Mayor	
Plomo	0.80	15	25	2.30	3.30	3.40	4.10	1.50
		20	31	2.60	3.70	3.70	4.60	1.50
		25	36	2.90	3.80	3.90	4.80	1.50
Negro	0.90	15	28	2.30	3.10	3.50	4.70	1.50
		20	35	2.90	3.80	4.30	5.70	1.50
		25	40	3.30	4.40	5.00	6.60	1.50
Lima	1.00	15	34	2.20	2.80	3.50	4.20	1.50
		20	43	2.90	3.70	4.30	5.10	1.50
		25	50	2.70	3.60	4.10	5.00	1.50
Beige	1.10	15	37	2.60	3.40	4.20	5.60	1.50
		20	46	3.20	4.10	5.10	6.80	1.50
		25	55	3.70	4.80	5.90	7.90	1.50
Blanco	1.14	15	45	2.60	3.50	4.40	5.70	1.50
		20	55	3.30	4.10	5.50	6.60	1.50
		25	63	3.80	4.70	6.00	7.80	1.50
Amarillo	1.20	15	52	2.70	3.60	4.10	5.00	1.50
		20	63	3.00	4.00	4.40	5.40	1.50
		25	73	3.50	4.60	4.90	6.00	1.50
Marrón	1.30	15	58	2.90	3.90	5.10	6.50	1.50
		20	71	3.50	4.80	6.20	8.00	1.50
		25	82	4.00	5.50	7.20	9.20	1.50
Púrpura	1.40	15	63	3.20	4.10	4.50	5.50	1.50
		20	78	3.60	4.80	5.00	6.20	1.50
		25	90	3.80	5.00	5.20	6.40	1.50
Verde	1.50	15	73	3.00	4.00	5.30	6.80	1.50
		20	88	3.70	4.90	6.50	8.30	1.50
		25	103	4.20	5.70	7.50	9.50	1.50



**ANEXO 4.8. TABLA DE  
DENSIDADES DEL AGUA A  
DIFERENTES TEMPERATURAS**

## Densidad del agua líquida entre 0 °C y 100 °C

[www.vaxasoftware.com](http://www.vaxasoftware.com)

Presión externa: 1 atm = 101 325 Pa

Temperatura °C	Densidad kg / m <sup>3</sup>	Temperatura °C	Densidad kg / m <sup>3</sup>	Temperatura °C	Densidad kg / m <sup>3</sup>
0 (hielo)	917,00	33	994,76	67	979,34
0	999,82	34	994,43	68	978,78
1	999,89	35	994,08	69	978,21
2	999,94	36	993,73	70	977,63
3	999,98	37	993,37	71	977,05
4	1000,00	38	993,00	72	976,47
5	1000,00	39	992,63	73	975,88
6	999,99	40	992,25	74	975,28
7	999,96	41	991,86	75	974,68
8	999,91	42	991,46	76	974,08
9	999,85	43	991,05	77	973,46
10	999,77	44	990,64	78	972,85
11	999,68	45	990,22	79	972,23
12	999,58	46	989,80	80	971,60
13	999,46	47	989,36	81	970,97
14	999,33	48	988,92	82	970,33
15	999,19	49	988,47	83	969,69
16	999,03	50	988,02	84	969,04
17	998,86	51	987,56	85	968,39
18	998,68	52	987,09	86	967,73
19	998,49	53	986,62	87	967,07
20	998,29	54	986,14	88	966,41
21	998,08	55	985,65	89	965,74
22	997,86	56	985,16	90	965,06
23	997,62	57	984,66	91	964,38
24	997,38	58	984,16	92	963,70
25	997,13	59	983,64	93	963,01
26	996,86	60	983,13	94	962,31
27	996,59	61	982,60	95	961,62
28	996,31	62	982,07	96	960,91
29	996,02	63	981,54	97	960,20
30	995,71	64	981,00	98	959,49
31	995,41	65	980,45	99	958,78
32	995,09	66	979,90	100	958,05

[www.vaxasoftware.com](http://www.vaxasoftware.com)

**ANEXO 5.1. SALARIOS MÍNIMOS  
POR LEY 2013 (CONTRALORIA  
GENERAL DEL ESTADO)**

CATEGORÍAS OCUPACIONALES	SUELDO UNIFICADO	DÉCIMO TERCER	DÉCIMO CUARTO	TRANS- PORTE	APORTE PATRONAL	FONDO RESERVA	TOTAL ANUAL	JORNAL REAL	COSTO HORARIO
REMUNERACIÓN BÁSICA UNIFICADA MÍNIMA	318.00								
<b>CONSTRUCCIÓN Y SERVICIOS TÉCNICOS Y ARQUITECTÓNICOS</b>									
<b>ESTRUCTURA OCUPACIONAL E2</b>									
Peón	318.00	318.00	318.00		463.64	318.00	5 233.64	22.27	2.78
<b>ESTRUCTURA OCUPACIONAL D2</b>									
Albanil	322.33	322.33	318.00		469.96	322.33	5 300.58	22.56	2.82
Operador de equipo liviano	322.33	322.33	318.00		469.96	322.33	5 300.58	22.56	2.82
Pintor	322.33	322.33	318.00		469.96	322.33	5 300.58	22.56	2.82
Pintor de exteriores	322.33	322.33	318.00		469.96	322.33	5 300.58	22.56	2.82
Pintor empapelador	322.33	322.33	318.00		469.96	322.33	5 300.58	22.56	2.82
Ferrero	322.33	322.33	318.00		469.96	322.33	5 300.58	22.56	2.82
Carpintero	322.33	322.33	318.00		469.96	322.33	5 300.58	22.56	2.82
Encofrador	322.33	322.33	318.00		469.96	322.33	5 300.58	22.56	2.82
Carpintero de ribera	322.33	322.33	318.00		469.96	322.33	5 300.58	22.56	2.82
Pionero	322.33	322.33	318.00		469.96	322.33	5 300.58	22.56	2.82
Electricista	322.33	322.33	318.00		469.96	322.33	5 300.58	22.56	2.82
Instalador de revestimiento en general	322.33	322.33	318.00		469.96	322.33	5 300.58	22.56	2.82
Ayudante de perforador	322.33	322.33	318.00		469.96	322.33	5 300.58	22.56	2.82
Cadenero	322.33	322.33	318.00		469.96	322.33	5 300.58	22.56	2.82
Mampostero	322.33	322.33	318.00		469.96	322.33	5 300.58	22.56	2.82
Entucador	322.33	322.33	318.00		469.96	322.33	5 300.58	22.56	2.82
Hojalatero	322.33	322.33	318.00		469.96	322.33	5 300.58	22.56	2.82
Técnico linero eléctrico	322.33	322.33	318.00		469.96	322.33	5 300.58	22.56	2.82
Técnico en montaje de subestaciones	322.33	322.33	318.00		469.96	322.33	5 300.58	22.56	2.82
Técnico electromecánico de construcción	322.33	322.33	318.00		469.96	322.33	5 300.58	22.56	2.82
Obrero especializado en la elaboración de prefabricados de hormigón	322.33	322.33	318.00		469.96	322.33	5 300.58	22.56	2.82
Parqueteros y colocadores de pisos	322.33	322.33	318.00		469.96	322.33	5 300.58	22.56	2.82
<b>ESTRUCTURA OCUPACIONAL C1</b>									
Maestro eléctrico/linero/subestación	346.62	346.62	318.00		505.37	346.62	5 676.05	24.15	3.02
Maestro mayor en ejecución de obras civiles	346.62	346.62	318.00		505.37	346.62	5 676.05	24.15	3.02
<b>ESTRUCTURA OCUPACIONAL C2</b>									
Operador de planta de hormigón	337.08	337.08	318.00		491.46	337.08	5 528.58	23.53	2.94
Perforador	337.08	337.08	318.00		491.46	337.08	5 528.58	23.53	2.94
Perfilero	337.08	337.08	318.00		491.46	337.08	5 528.58	23.53	2.94
Técnico albanilería	337.08	337.08	318.00		491.46	337.08	5 528.58	23.53	2.94
Técnico obras civiles	337.08	337.08	318.00		491.46	337.08	5 528.58	23.53	2.94
<b>ESTRUCTURA OCUPACIONAL B3</b>									
Inspector de obra	348.21	348.21	318.00		507.69	348.21	5 700.63	24.26	3.03
Supervisor eléctrico general	348.21	348.21	318.00		507.69	348.21	5 700.63	24.26	3.03
<b>ESTRUCTURA OCUPACIONAL B1</b>									
Ingeniero Eléctrico	351.39	351.39	318.00		512.33	351.39	5 749.79	24.47	3.06
Residente de Otra	351.39	351.39	318.00		512.33	351.39	5 749.79	24.47	3.06
<b>LABORATORIO</b>									
Laboratorista 2: experiencia mayor de 7 años(Estr. Oc. C1)	346.62	346.62	318.00		505.37	346.62	5 676.05	24.15	3.02
<b>TOPOGRAFIA</b>									
Topografo 2: título exper. mayor a 5 años(Estr.Oc.C1)	346.62	346.62	318.00		505.37	346.62	5 676.05	24.15	3.02
<b>DIBUJANTES</b>									
Dibujante (Estr.Oc.C2)	337.08	337.08	318.00		491.46	337.08	5 528.58	23.53	2.94
<b>OPERADORES Y MECÁNICOS DE EQUIPO PESADO Y CAMINERO DE EXCAVACIÓN, CONSTRUCCIÓN, INDUSTRIA Y OTRAS SIMILARES</b>									
<b>ESTRUCTURA OCUPACIONAL C1 (GRUPO I)</b>									
Motoveladora	346.62	346.62	318.00		505.37	346.62	5 676.05	24.15	3.02
Excavadora	346.62	346.62	318.00		505.37	346.62	5 676.05	24.15	3.02
Grúa puente de elevación	346.62	346.62	318.00		505.37	346.62	5 676.05	24.15	3.02
Pala de castillo	346.62	346.62	318.00		505.37	346.62	5 676.05	24.15	3.02
Grúa estacionaria	346.62	346.62	318.00		505.37	346.62	5 676.05	24.15	3.02
Draga/Dragline	346.62	346.62	318.00		505.37	346.62	5 676.05	24.15	3.02
Tractor carriles o ruedas (bulldozer, topador, roturador, malacate, trailla)	346.62	346.62	318.00		505.37	346.62	5 676.05	24.15	3.02
Tractor tiende tubos (side bone)	346.62	346.62	318.00		505.37	346.62	5 676.05	24.15	3.02
Mototrailla	346.62	346.62	318.00		505.37	346.62	5 676.05	24.15	3.02
Cargadora frontal (Payloader sobre ruedas u orugas)	346.62	346.62	318.00		505.37	346.62	5 676.05	24.15	3.02
Retroexcavadora	346.62	346.62	318.00		505.37	346.62	5 676.05	24.15	3.02
Auto-tren cama baja (trayler)	346.62	346.62	318.00		505.37	346.62	5 676.05	24.15	3.02
Fresadora de pavimento asfáltico / Rotomil	346.62	346.62	318.00		505.37	346.62	5 676.05	24.15	3.02
Recicladora de pavimento asfáltico / Rotomil	346.62	346.62	318.00		505.37	346.62	5 676.05	24.15	3.02
Planta de emisión asfáltica	346.62	346.62	318.00		505.37	346.62	5 676.05	24.15	3.02
Máquina para sellos asfálticos	346.62	346.62	318.00		505.37	346.62	5 676.05	24.15	3.02
Squider	346.62	346.62	318.00		505.37	346.62	5 676.05	24.15	3.02
Operador de Camión articulado con volteo	346.62	346.62	318.00		505.37	346.62	5 676.05	24.15	3.02
Operador de Camión mezclador para micropavimentos	346.62	346.62	318.00		505.37	346.62	5 676.05	24.15	3.02
Operador de camión sistema para cemento y asfalto	346.62	346.62	318.00		505.37	346.62	5 676.05	24.15	3.02
Operador de perforadora de brazos múltiples (junbo)	346.62	346.62	318.00		505.37	346.62	5 676.05	24.15	3.02
Operador máquina luneladora (topo)	346.62	346.62	318.00		505.37	346.62	5 676.05	24.15	3.02
Operador de concretora rodante	346.62	346.62	318.00		505.37	346.62	5 676.05	24.15	3.02
Operador de máquina extendidora de adquin	346.62	346.62	318.00		505.37	346.62	5 676.05	24.15	3.02
Operador de máquina sanjadora	346.62	346.62	318.00		505.37	346.62	5 676.05	24.15	3.02

Nota: El listado corresponde exclusivamente a las estructuras ocupacionales que constan en la publicación de los salarios de las Comisiones Sectoriales del MRL, en los Acuerdos No. 0215 y 0216, de 26 de diciembre de 2012, que están en vigencia a partir del 1 de enero de 2013, sin perjuicio de su publicación en el Registro Oficial.

CATEGORÍAS OCUPACIONALES	SUELDO UNIFICADO	DÉCIMO TERCER	DÉCIMO CUARTO	TRANS- PORTE	APORTE PATRONAL	FONDO RESERVA	TOTAL ANUAL	JORNAL REAL	COSTO HORARIO
<b>ESTRUCTURA OCUPACIONAL C2 (GRUPO I)</b>									
Operador responsable de la planta hormigonera	337,08	337,08	318,00		491,46	337,08	5 528,58	23,53	2,94
Operador responsable de la planta trituradora	337,08	337,08	318,00		491,46	337,08	5 528,58	23,53	2,94
Operador responsable de la planta asfáltica	337,08	337,08	318,00		491,46	337,08	5 528,58	23,53	2,94
Operador de track drill	337,08	337,08	318,00		491,46	337,08	5 528,58	23,53	2,94
Rodillo autopropulsado	337,08	337,08	318,00		491,46	337,08	5 528,58	23,53	2,94
Distribuidor de asfalto	337,08	337,08	318,00		491,46	337,08	5 528,58	23,53	2,94
Distribuidor de agregados	337,08	337,08	318,00		491,46	337,08	5 528,58	23,53	2,94
Acabadora de pavimento de hormigón	337,08	337,08	318,00		491,46	337,08	5 528,58	23,53	2,94
Acabadora de pavimento asfáltico	337,08	337,08	318,00		491,46	337,08	5 528,58	23,53	2,94
Grada elevadora	337,08	337,08	318,00		491,46	337,08	5 528,58	23,53	2,94
Canastilla elevadora	337,08	337,08	318,00		491,46	337,08	5 528,58	23,53	2,94
Bomba lanzadora de concreto	337,08	337,08	318,00		491,46	337,08	5 528,58	23,53	2,94
Tractor de ruedas (barredora, cegadora, rodillo remolcado, franjeadora)	337,08	337,08	318,00		491,46	337,08	5 528,58	23,53	2,94
Caldero planta asfáltica	337,08	337,08	318,00		491,46	337,08	5 528,58	23,53	2,94
Barredora autopropulsada	337,08	337,08	318,00		491,46	337,08	5 528,58	23,53	2,94
Martillo punzón neumático	337,08	337,08	318,00		491,46	337,08	5 528,58	23,53	2,94
Compresor	337,08	337,08	318,00		491,46	337,08	5 528,58	23,53	2,94
Camión de carga frontal	337,08	337,08	318,00		491,46	337,08	5 528,58	23,53	2,94
Operador caguero	337,08	337,08	318,00		491,46	337,08	5 528,58	23,53	2,94
Operador de camión de volteo con o sin articulación / Rotomil	337,08	337,08	318,00		491,46	337,08	5 528,58	23,53	2,94
Operador minicavadora/minicargadora con sus aditamentos	337,08	337,08	318,00		491,46	337,08	5 528,58	23,53	2,94
Operador termo formado	337,08	337,08	318,00		491,46	337,08	5 528,58	23,53	2,94
Técnico en carpintería	337,08	337,08	318,00		491,46	337,08	5 528,58	23,53	2,94
Técnico en mantenimiento de viviendas y edificios	337,08	337,08	318,00		491,46	337,08	5 528,58	23,53	2,94
<b>ESTRUCTURA OCUPACIONAL C3</b>									
Operador máquina estacionaria clasificadora de material	327,54	327,54	318,00		477,55	327,54	5 381,11	22,90	2,86
<b>MECÁNICOS</b>									
Mecánico de equipo pesado caminero (Estr.0c.C1)	346,62	346,62	318,00		505,37	346,62	5 676,05	24,15	3,02
Mecánico de equipo liviano (Estr.0c.C3)	327,54	327,54	318,00		477,55	327,54	5 381,11	22,90	2,86
<b>SIN TÍTULO</b>									
Engrasador o abastecedor responsable (Estr.0c.D2)	322,33	322,33	318,00		465,96	322,33	5 300,58	22,56	2,82
<b>CHOFERES PROFESIONALES</b>									
CHOFER: De vehículos de emergencia (Estr.0c.C1)	485,64	485,64	318,00		705,06	485,64	7 825,02	33,30	4,16
CHOFER: Para camiones pesados y extra pesados con o sin remolque de más de 4 toneladas (Estr.0c.C1)	485,64	485,64	318,00		705,06	485,64	7 825,02	33,30	4,16
CHOFER: Trailer (Estr.0c.C1)	485,64	485,64	318,00		705,06	485,64	7 825,02	33,30	4,16
CHOFER: Volquetas (Estr.0c.C1)	485,64	485,64	318,00		705,06	485,64	7 825,02	33,30	4,16
CHOFER: Tanques (Estr.0c.C1)	485,64	485,64	318,00		705,06	485,64	7 825,02	33,30	4,16
CHOFER: Plataformas (Estr.0c.C1)	485,64	485,64	318,00		705,06	485,64	7 825,02	33,30	4,16
CHOFER: Otros camiones (Estr.0c.C1)	485,64	485,64	318,00		705,06	485,64	7 825,02	33,30	4,16
CHOFER: Para ferrocarriles (Estr.0c.C1)	485,64	485,64	318,00		705,06	485,64	7 825,02	33,30	4,16
CHOFER: Para auto ferros (Estr.0c.C1)	485,64	485,64	318,00		705,06	485,64	7 825,02	33,30	4,16
CHOFER: Camiones para transportar mercancías o sustancias peligrosas y otros vehículos especiales (Estr.0c.C1)	485,64	485,64	318,00		705,06	485,64	7 825,02	33,30	4,16
CHOFER: Para transporte Escolares- Personal y turismo, hasta 45 pasajeros (Estr.0c.C2)	480,55	480,55	318,00		705,64	480,55	7 746,34	32,96	4,12
CHOFER: Para camiones sin acoplados (Estr.0c.C3)	469,23	469,23	318,00		684,14	469,23	7 571,36	32,22	4,03
<b>ESTRUCTURA OCUPACIONAL C1 OPERADORES</b>									
Operador de bomba	346,62	346,62	318,00		505,37	346,62	5 676,05	24,15	3,02
Equipo en general	346,62	346,62	318,00		505,37	346,62	5 676,05	24,15	3,02
Equipos móviles	346,62	346,62	318,00		505,37	346,62	5 676,05	24,15	3,02
Maquinaria	346,62	346,62	318,00		505,37	346,62	5 676,05	24,15	3,02
Molino de amianto	346,62	346,62	318,00		505,37	346,62	5 676,05	24,15	3,02
Planta dosificadora	346,62	346,62	318,00		505,37	346,62	5 676,05	24,15	3,02
De productos terminados	346,62	346,62	318,00		505,37	346,62	5 676,05	24,15	3,02
<b>ESTRUCTURA OCUPACIONAL C2</b>									
Operador de bomba impulsadora de hormigón	337,08	337,08	318,00		491,46	337,08	5 528,58	23,53	2,94
Equipos móviles de planta	337,08	337,08	318,00		491,46	337,08	5 528,58	23,53	2,94
Molino de amianto	337,08	337,08	318,00		491,46	337,08	5 528,58	23,53	2,94
Planta dosificadora de hormigón	337,08	337,08	318,00		491,46	337,08	5 528,58	23,53	2,94
Productos terminados	337,08	337,08	318,00		491,46	337,08	5 528,58	23,53	2,94
<b>ESTRUCTURA OCUPACIONAL D2</b>									
Preparador de mezcla de materias primas	322,33	322,33	318,00		465,96	322,33	5 300,58	22,56	2,82
Tubero	322,33	322,33	318,00		465,96	322,33	5 300,58	22,56	2,82
<b>ESTRUCTURA OCUPACIONAL E2</b>									
Resanador en general	318,00	318,00	318,00		463,64	318,00	5 233,64	22,27	2,78
Tinero de pasta de amianto	318,00	318,00	318,00		463,64	318,00	5 233,64	22,27	2,78

Nota: El listado corresponde exclusivamente a las estructuras ocupacionales que constan en la publicación de los salarios de las Comisiones Sectoriales del MRL, en los Acuerdos No. 0215 y 0216, de 16 de diciembre de 2012, que están en vigencia a partir del 1 de enero de 2013, sin perjuicio de su publicación en el Registro Oficial.