

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA  
SEDE QUITO**

**CARRERA:  
INGENIERÍA CIVIL**

**Trabajo de titulación previo a la obtención del título de:  
INGENIERO CIVIL**

**TEMA:  
FORMULACIÓN DE LA ALTERNATIVA CAZADEROS SOLO, PARA EL  
PROYECTO BINACIONAL PUYANGO – TUMBES EN EL MARCO DEL  
CONVENIO ECUATORIANO – PERUANO DE 1971**

**AUTOR:  
ROMEL JOSUÉ CHÁVEZ BÓSQUEZ**

**TUTOR:  
JORGE IVÁN CALERO HIDALGO**

**Quito, noviembre del 2018**

## CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Yo, Romel Josué Chávez Bósquez con número de identificación N°1720427259, manifiesto mi voluntad y cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor del trabajo de titulación: “FORMULACIÓN DE LA ALTERNATIVA CAZADEROS SOLO, PARA EL PROYECTO BINACIONAL PUYANGO – TUMBES EN EL MARCO DEL CONVENIO ECUATORIANO – PERUANO DE 1971”; mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de: INGENIERO CIVIL, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribo este documento en el momento que se realiza la entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, noviembre del 2018



---

Romel Josué Chávez Bósquez

1720427259

## **DECLARATORIA DE COAUTORÍA DEL DOCENTE TUTOR**

Yo declaro que bajo mi dirección y asesoría fue desarrollado el trabajo de titulación, “FORMULACIÓN DE LA ALTERNATIVA CAZADEROS SOLO, PARA EL PROYECTO BINACIONAL PUYANGO – TUMBES EN EL MARCO DEL CONVENIO ECUATORIANO – PERUANO DE 1971”, realizado por Romel Josué Chávez Bósquez, obteniendo un producto que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana, para ser considerado como trabajo final de titulación.

Quito, noviembre del 2018



---

**Jorge Iván Calero Hidalgo**

1800480434

## **DEDICATORIA**

A Dios, por haberme permitido culminar exitosamente una etapa más en mi vida, dándome fortaleza en los momentos difíciles y, bendecirme permitiéndome formar parte de una magnífica familia.

A mis padres Romel Edilman y Norma Marlene que, a pesar de la distancia, demostraron ser mi apoyo incondicional en los buenos y sobre todo en los momentos difíciles que he encontrado en mi vida; les agradezco también por el amor y la sabiduría que supieron brindarme y sobre todo la paciencia que tuvieron hacia mí cuando cometí errores; son mi más grande tesoro y este nuevo logro es en gran parte mérito de ustedes pues sin su ayuda no hubiera sido posible.

A mi tía Marcela por convertirse en una segunda madre para mí, por tenerme una descomunal paciencia, además manifestar confianza ante mis decisiones y, sobre todo el cariño y apoyo que me supo brindar ante circunstancias adversas.

## **AGRADECIMIENTO**

Quiero expresar mi más profundo agradecimiento a todas las personas que supieron brindarme apoyo en su debido momento; además, a todo el personal docente de la carrera de ingeniería civil de la Universidad Politécnica Salesiana, que supieron impartir sus conocimientos con paciencia y dedicación, los mismos que se convertirán en herramienta fundamental para ejercicio de esta hermosa profesión.

Y un agradecimiento especial al ingeniero Iván Calero tutor de este trabajo de titulación, por la dedicación, esmero y predisposición que me ha brindado durante mi etapa de estudiante y, en particular durante la realización de este trabajo.

## ÍNDICE

INTRODUCCIÓN .....	1
CAPÍTULO 1 .....	6
ELEMENTOS QUE JUSTIFICAN LA PROPUESTA DE LA ALTERNATIVA	
“CAZADEROS SOLO” Y PARTICULARIDADES DE ESTA ALTERNATIVA.....	6
1.1.    Elementos que justifican la alternativa “Cazaderos solo” .....	6
1.2.    Particularidades de la alternativa “Cazaderos solo” .....	7
CAPÍTULO 2 .....	9
OBJETIVOS DEL PROYECTO.....	
2.1.    Objetivo general. ....	9
2.2.    Objetivos específicos. ....	9
CAPÍTULO 3 .....	10
INFORMACIÓN DISPONIBLE .....	
3.1.    Elementos analizados .....	10
3.1.1.    Sitio de presa y área de embalse Cazaderos.....	10
3.1.1.1.    Rasgos geológicos- geotécnicos principales. ....	11
3.1.1.1.1.    Morfología.....	11
3.1.1.1.2.    Litología. ....	11
3.1.1.1.3.    Estructura. ....	11
3.1.1.1.4.    Agua Subterránea. ....	13
3.1.2.    Información sismológica.....	13
3.1.3.    Información hidrológica.....	14
3.1.3.1.    Estimación de las crecientes.....	15
3.1.4.    Información sedimentológica.....	16
3.1.4.1.    Embalse Marcabelí.....	18
3.1.4.2.    Embalse Cazaderos .....	18
3.1.5.    Desarrollo de riego.....	19
3.1.5.1.    Zonas de Riego en el Ecuador.....	19
3.1.5.2.    Zonas de Riego en el Perú.....	20

3.1.5.3.	Delimitación del Área del proyecto en zonas y sectores de Riego Potencialmente Irrigables.....	22
3.1.5.4.	Ritmo de incorporación de tierras.....	23
3.2.	Análisis de información disponible.....	24
3.2.1.	Sitio de presa y área de embalse Cazaderos.....	24
3.2.2.	Información sismológica.....	24
3.2.3.	Información hidrológica.....	25
3.2.4.	Información sedimentológica.....	26
3.2.5.	Desarrollo de riego.....	27
3.2.5.1.1.	Zonas de Riego en el Ecuador.....	28
3.3.	Conclusiones.....	29
3.4.	Recomendaciones.....	30
CAPÍTULO 4.....		32
ANÁLISIS TÉCNICO DE LA ALTERNATIVA CAZADEROS SOLO.....		32
4.1.	Operación del embalse Cazaderos.....	32
4.1.1.	Criterios generales.....	32
4.1.2.	Operación del embalse Cazaderos.....	34
4.1.2.1.	Criterios de operación del embalse.....	34
4.1.2.2.	Resultados de operación.....	36
4.1.3.	Conclusiones.....	41
4.2.	Propuesta a nivel de prefactibilidad de la presa de material del lugar en Cazaderos ..	42
4.2.1.	Presentación de la propuesta.....	42
4.2.2.	Elementos para el diseño de la presa de enrocado.....	46
4.2.2.1.	Análisis de filtración de la presa de material del lugar.....	48
4.2.2.2.	Análisis de resistencia a la filtración del relleno de la presa y de la base de cimentación.....	49
4.2.2.2.1.	En el relleno de la presa.....	49
4.2.2.2.2.	En la base de cimentación.....	53

4.2.2.2.3.	Construcción de la línea piezométrica del flujo de filtración y determinación del caudal de filtración. ....	55
4.2.2.3.	Análisis de deformación de una presa de material del lugar. ....	57
4.2.2.4.	Análisis de estabilidad de los taludes de una presa de material del lugar. ....	59
4.2.3.	Resultados del diseño de la presa de enrocado a nivel de prefactibilidad. ....	62
4.2.3.1.	Perfil transversal analizado .....	63
4.2.3.2.	Resultado del análisis de filtración de la presa de enrocado con núcleo central de material arcilloso. ....	63
4.2.3.2.1.	Resultado de la verificación de la resistencia a la filtración del relleno de la presa y de la base de cimentación. ....	63
4.2.3.2.1.1.	En el relleno de la presa. ....	63
4.2.3.2.1.2.	En la base de cimentación .....	64
4.2.3.2.2.	Construcción de la línea piezométrica del flujo de filtración y determinación del caudal de filtración. ....	65
4.2.3.3.	Resultado del análisis de deformación de la presa de enrocado con núcleo central de material arcilloso. ....	65
4.2.3.4.	Resultado del análisis de estabilidad de los taludes de la presa de enrocado con núcleo central de material arcilloso. ....	66
4.2.3.5.	Resultado de la implantación y volúmenes requeridos para la construcción de la presa Cazaderos. ....	69
4.2.4.	Conclusiones. ....	70
4.2.5.	Recomendaciones. ....	71
4.3.	Propuesta a nivel de prefactibilidad del trasvase Cazaderos – Tahuín. ....	72
4.3.1.	Elementos generales de diseño para túneles de trasvase con revestimiento de hormigón. ....	73
4.3.2.	Alternativa de trasvase mediante túnel con flujo a superficie libre y revestimiento de hormigón. ....	74
4.3.2.1.	Elementos para el diseño de trasvase mediante túnel con flujo a superficie libre y revestimiento de hormigón. ....	74



4.3.2.2.	Resultados del análisis hidráulico del trasvase mediante túnel con flujo a superficie libre y revestimiento de hormigón.....	75
4.3.2.3.	Resultados de la implantación del trasvase mediante túnel con flujo a superficie libre y revestimiento de hormigón y determinación de volúmenes.....	77
4.3.3.	Alternativa de trasvase mediante túnel con flujo a presión y revestimiento de hormigón.....	78
4.3.3.1.	Elementos para el diseño de trasvase mediante túnel con flujo a presión y revestimiento de hormigón.....	78
4.3.3.2.	Resultados del análisis hidráulico del trasvase mediante túnel con flujo a presión y revestimiento de hormigón.....	80
4.3.3.3.	Resultados de la implantación del trasvase mediante túnel con flujo a presión y revestimiento de hormigón y determinación de volúmenes.....	82
4.3.4.	Conclusiones.....	83
4.4.	Propuesta a nivel de prefactibilidad de la obra de captación que abastece al trasvase en túnel Cazaderos – Tahuín.....	84
4.4.1.	Elementos para el diseño de la obra de captación que abastece al trasvase en túnel Cazaderos – Tahuín.....	86
4.4.2.	Resultado del análisis de la obra de captación que abastece al trasvase en túnel Cazaderos – Tahuín.....	91
4.4.3.	Conclusiones.....	95
4.5.	Propuesta a nivel de prefactibilidad del aliviadero de excedentes.....	95
4.5.1.	Elementos para el diseño del aliviadero tipo morning glory.....	96
4.5.1.1.	Capacidad de descarga del vertedero circular.....	98
4.5.1.2.	Embudo sin cresta plana.....	101
4.5.1.3.	Embudo con cresta plana.....	102
4.5.2.	Resultado del análisis de los aliviaderos tipo morning glory.....	104
4.5.3.	Resultado de la implantación de los aliviaderos tipo morning glory.....	106
4.5.4.	Conclusiones.....	108
CAPÍTULO 5.....		110
VISITA TÉCNICA.....		110

CAPÍTULO 6.....	119
ANÁLISIS ECONÓMICO .....	119
6.1.    Generalidades.....	119
6.2.    Precios unitarios de las obras civiles.....	120
6.3.    Evaluación económica de la alternativa Cazaderos Solo.....	121
6.4.    Resumen de los análisis económicos de las alternativas a comparar.....	125
6.5.    Resultados comparativos entre las alternativas Cazaderos solo y Marcabelí Cazaderos, sin considerar obras comunes entre alternativas.....	126
6.6.    Resultados comparativos entre las alternativas Cazaderos solo y Marcabelí Cazaderos, en contexto global con fines de irrigación.....	128
6.7.    Viabilidad económica y financiera.....	132
CAPÍTULO 7.....	133
IMPACTO AMBIENTAL .....	133
7.1.    Introducción.....	133
7.2.    Identificación de impactos ambientales.....	134
7.3.    Parámetros y metodología de evaluación.....	138
7.4.    Resultados de la evaluación de impacto ambiental.....	141
CAPÍTULO 8.....	142
ASPECTOS LEGALES .....	142
8.1.    Legislación para el aprovechamiento de recursos hídricos en cuencas hidrográficas internacionales.....	142
8.2.    Marco legal del proyecto Puyango-Tumbes.....	146
CONCLUSIONES .....	147
RECOMENDACIONES .....	152
REFERENCIAS .....	153
ANEXOS.....	156

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 .Estimación de las crecientes Cazaderos.....	15
Tabla 2. Estimación de las crecientes Marcabelí .....	15
Tabla 3.Crecientes máximas probables.....	16
Tabla 4. Estaciones hidrométricas con información sobre concentración de sedimentos en suspensión .....	16
Tabla 5. Transporte de sedimentos en Marcabelí.....	18
Tabla 6. Transporte de sedimentos en Cazaderos .....	18
Tabla 7.Delimitación del área del proyecto .....	22
Tabla 8. Resumen de resultado de modelación a nivel mensual multianual.....	36
Tabla 9. Nivel de garantía para ecuador (sin contra-regulación).....	39
Tabla 10. Incorporación de tierras en Ecuador .....	41
Tabla 11. Nivel de importancia de presas en función de su altura y el macizo de cimentación. ....	44
Tabla 12. Coeficiente de seguridad para gradiente crítica .....	50
Tabla 13. Gradiente crítica en el cuerpo de la presa. ....	51
Tabla 14. Gradiente crítica en el núcleo y pantalla de la presa.....	51
Tabla 15. Gradiente de crítica en la carpeta de la presa.....	52
Tabla 16. Gradiente crítica y permisible para el núcleo. Nivel de importancia I .....	53
Tabla 17. Factor de seguridad al deslizamiento según nivel de importancia.....	62
Tabla 18. Resultados del análisis de estabilidad al deslizamiento de la presa. ....	68
Tabla 19. Resumen de volúmenes requeridos para conformar la presa de material de lugar propuesta. ....	70
Tabla 20. Resultados del análisis hidráulico de túnel con sección transversal circular de 5.20 m de diámetro y con flujo a superficie libre. ....	77
Tabla 21. Resumen de volúmenes, túnel con sección circular y flujo a superficie libre. 78	
Tabla 22. Resultados del análisis hidráulico del túnel con sección circular y flujo a presión.....	81
Tabla 23. Resumen de volúmenes, túnel con sección circular y flujo a presión.....	83

Tabla 24. Altura del alma de la viga según la carga hidrostática.....	91
Tabla 25. Análisis de sensibilidad por disminución en volumen útil en embalse Cazaderos .....	105
Tabla 26. Resumen de rubros para la construcción de los aliviaderos tipo morning glory. .....	107
Tabla 27. Evaluación económica de obras binacionales alternativa Cazaderos Solo. ..	122
Tabla 28. Evaluación económica de obras ecuatorianas alternativa Cazaderos Solo ..	124
Tabla 29. Resumen económico alternativa Cazaderos Solo sin obras comunes entre alternativas a 1990.....	125
Tabla 30. Resumen económico alternativa Marcabellí- Cazaderos, sin obras comunes entre alternativas a 1990.....	126
Tabla 31. Resumen alternativas sin obras comunes entre alternativas a 1990.....	127
Tabla 32. Comparación entre alternativas a 1990.....	127
Tabla 33. Resumen económico global alternativa Cazaderos solo a 1990 .....	129
Tabla 34. Resumen económico global alternativa Marcabellí - Cazaderos a 1990 .....	130
Tabla 35. Resumen económico comparativo global a 1990 .....	131
Tabla 36. Definición y valoración de la magnitud de los impactos ambientales .....	138
Tabla 37. Rango porcentual y nivel de significancia de los impactos ambientales .....	141

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Serie multianual de caudal de ingreso mensual a Cazaderos .....	26
Figura 2.Caudal ofertado vs nivel de garantía .....	38
Figura 3. Nivel de garantía Ecuador (sin contra-regulación).....	40
Figura 4.Sección Transversal en el eje del río de la presa de material de lugar Cazaderos. .....	45
Figura 5.Materiales en presa, según su ubicación.....	51
Figura 6.Sectores de filtración .....	56
Figura 7. Curva de compactación.....	58
Figura 8.Diagrama de presión sobre una compuerta sumergida con presión de agua de un lado.....	88
Figura 9.División del diagrama de presión en cuatro áreas equivalentes. ....	89
Figura 10.Configuración de refuerzo horizontal y vertical, vista frontal, en sap2000....	93
Figura 11.Vertedero de pozo colocado en un corte en la orilla. ....	104
Figura 12. Zona de inundación por embalse Cazaderos .....	111
Figura 13. Tipo de corrales existentes en Cazaderos .....	112
Figura 14. Vista panorámica de la cabecera parroquial de Cazaderos.....	113
Figura 15. Barrio Chaguarhuayco perteneciente a la parroquia Cazaderos .....	114
Figura 16. Ladera expuesta a la intemperie en Cazaderos .....	115
Figura 17. Zona de implantación de la obra de captación.....	116
Figura 18.Zona de implantación de la presa y los aliviaderos de excedentes. ....	117
Figura 19. Vegetación en la zona de la presa Cazaderos. ....	118

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Convenio binacional Ecuatoriano – Peruano de 1971.....	156
Anexo 2. Acuerdo de Quito de 1985.....	162
Anexo 3. Estadísticas mensuales de los datos pseudohistóricos del río Puyango en Marcabelí.....	166
Anexo 4. Estadísticas mensuales de los datos pseudohistóricos del río Puyango en Cazaderos.....	168
Anexo 5. Caudal medio mensual de demanda para irrigación con máximo nivel de desarrollo IR4 en el Ecuador.....	170
Anexo 6. Caudal medio mensual de demanda para irrigación con máximo nivel de desarrollo IR4 en el Perú.....	172
Anexo 7. Curva de embalse Cazaderos, para volumen total.....	174
Anexo 8. Curva de embalse Cazaderos, para volumen útil.....	175
Anexo 9. Curva de embalse Cazaderos, para volumen útil, primer tramo.....	176
Anexo 10. Curva de embalse Cazaderos, para volumen útil, segundo tramo.....	177
Anexo 11. Operación del embalse Cazaderos para nivel normal de embalse= 247 m.s.n.m y, máximo nivel de desarrollo agrícola IR4.....	178
Anexo 12. Operación del embalse Cazaderos para nivel normal de embalse= 243 m.s.n.m , y máximo nivel de desarrollo agrícola IR4.....	180
Anexo 13. Operación del embalse Cazaderos para nivel normal de embalse 247 m.s.n.m y, demanda de 80 m <sup>3</sup> /s.....	182
Anexo 14. Operación del embalse Cazaderos para nivel normal de embalse 247 m.s.n.m y, demanda de 100 m <sup>3</sup> /s.....	183
Anexo 15. Operación del embalse Cazaderos para nivel normal de embalse 247 m.s.n.m y, demanda de 140 m <sup>3</sup> /s.....	184
Anexo 16. Operación del embalse Cazaderos para nivel normal de embalse 247 m.s.n.m y, demanda de 180 m <sup>3</sup> /s.....	185
Anexo 17. Operación del embalse Cazaderos para nivel normal de embalse 247 m.s.n.m y, demanda de 200 m <sup>3</sup> /s.....	186

Anexo 18. Operación del embalse Cazaderos para nivel normal de embalse 247 m.s.n.m y, demanda de 220 m <sup>3</sup> /s.....	187
Anexo 19. Operación del embalse Cazaderos y trasvase hacia ecuador para el primer grado de desarrollo agrícola IR1. ....	188
Anexo 20. Operación del embalse Cazaderos y trasvase hacia ecuador para el primer grado de desarrollo agrícola IR2. ....	189
Anexo 21. Operación del embalse Cazaderos y trasvase hacia ecuador para el primer grado de desarrollo agrícola IR3. ....	190
Anexo 22. Diseño de la presa de material de enrocado con núcleo de arcilla de 142m de altura.....	191
Anexo 23. Implantación de la presa Cazaderos de enrocado con núcleo central de material arcilloso de 142 m de altura. ....	208
Anexo 24. Resultado del análisis del trasvase Cazaderos Tahuín mediante túnel con sección trasnversal circular y flujo a superficie libre.....	209
Anexo 25. Implantación del trasvase Cazaderos – Tahuín, mediante túnel por territorio ecuatoriano. ....	212
Anexo 26. Resultado del diseño del trasvase Cazaderos - Tahuín con flujo a presión. ....	213
Anexo 27. Prediseño compuerta rectangular de operación y emergencia. ....	216
Anexo 28. Implantación de la obra de ingreso al trasvase Cazaderos - Tahuín.....	226
Anexo 29. Calculo de esfuerzos producidos por la estructura de la obra de ingreso al trasvase.....	227
Anexo 30. Diseño de los aliviaderos de excedentes tipo morning glory. ....	231
Anexo 31. Túnel de desfogue de los aliviaderos tipo morning glory. ....	234
Anexo 32. Implantación de los aliviaderos de excedentes tipo morning glory en Cazaderos. ....	235
Anexo 33. Matriz causa - efecto de impactos ambientales de la alternativa Cazaderos solo, para el proyecto binacional Puyango – Tumbes, en el marco del convenio de 1971. ....	236

## RESUMEN

El presente trabajo de titulación consiste en la formulación y análisis de la alternativa “Cazaderos Solo”, en el marco del Convenio Binacional para el aprovechamiento de las cuencas hidrográficas binacionales Puyango-Tumbes y Catamayo-Chira, entre Ecuador y Perú, suscrito en Washington el 27 septiembre de 1971.

La alternativa “Cazaderos solo”, planteada como opción excluyente de la “Marcabelí-Cazaderos”, adoptada por ambos países en el Acuerdo de Quito de octubre de 1985, luego de un camino sinuoso matizado por el problema limítrofe que mantenían, misma que incluye dos embalses de regulación y por ende dos grandes presas, la de Marcabelí, para regulación anual de los caudales que le corresponde a Ecuador y la segunda, la de Cazaderos para regulación multianual de los caudales que le corresponden al Perú, excepto 2 m<sup>3</sup>/s asignados a Ecuador para riego de áreas pequeñas colindantes con el embalse de Cazaderos.

La principal característica de la alternativa “Cazaderos solo” es la inclusión de un solo embalse binacional de regulación multianual para los dos países; condición que permitiría tanto a Ecuador como a Perú aprovechar dichos efectos de regulación multianual que permite una mayor sostenibilidad de la producción agrícola, con costos e impacto ambiental inferiores a los de la alternativa Marcabelí – Cazaderos.

Considerando el nuevo contexto de las relaciones binacionales, a partir de la firma del acuerdo definitivo de paz de Brasilia del 26 de octubre de 1998, en la actualidad parece razonable que esta alternativa sea considerada y evaluada en su real dimensión, al haberse



eliminado las limitaciones políticas, que probablemente habrían influido para no considerar la alternativa Cazaderos solo en el Acuerdo de Quito de octubre de 1985.

## ABSTRACT

The present project consists of the formulation and analysis of the alternative “Cazaderos solo”, within the framework of the Binational Agreement for the use of the Puyango – Tumbes and Catamayo – Chira binational drainage basins, between Ecuador and Perú, signed in Washington on September 27, 1971.

The alternative “Cazaderos solo”, proposed as an exclusive option of the “Marcabelí – Cazaderos”, adopted by both countries in the Quito Agreement of October 1985, after a tortuous path nuanced by the border problem they maintained, which includes two reservoirs of regulation and therefore two large dams, the Marcabelí, for annual regulation of the flows corresponds to Ecuador and the second, the Cazaderos for multi – year regulation of the flows correspond to Perú, except 2 m<sup>3</sup>/s assigned to Ecuador for irrigation of small areas adjoining the Cazaderos reservoir.

The main characteristics of the “Cazaderos solo” alternative is the inclusion of a single binational multiannual regulation dam for the two countries; a condition that would allow both Ecuador and Perú to take advantage of these multi – year regulatory effects that allow greater sustainability of agricultural production, with costs and environmental impact lower than those of the alternative Marcabelí – Cazaderos.

Considering the new context of binational relations, since the signing of the definitive peace agreement of Brasilia on October 26, 1998, at present it seems reasonable that this alternative be considered and evaluated in its real dimension, since the limitations have been eliminated policies, which probably would have influenced not to consider the alternative “Cazaderos solo” in the Agreement of October 1985.

## INTRODUCCIÓN

El 27 septiembre de 1971, Ecuador y Perú suscribieron en Washington el Convenio para el aprovechamiento de las cuencas hidrográficas binacionales Puyango-Tumbes y Catamayo-Chira. En esencia este instrumento tuvo origen en la necesidad peruana de construir el Proyecto Poechos, diseñado en la década 1960-1970, para el desarrollo agrícola en la cuenca baja del río Chira , aprovechando la mayor parte de los recursos de la cuenca Catamayo- Chira; para el efecto nuestro vecino requería entonces de la aquiescencia del gobierno de Ecuador, estado copropietario de las cuencas hidrográficas, en dirección a la aprobación del financiamiento para la construcción, por parte de uno de los organismos multilaterales de crédito. Este hecho abrió a Ecuador la posibilidad de asegurar sus derechos sobre los recursos hídricos en la otra cuenca binacional, la Puyango-Tumbes, compensando de alguna manera los usos comprometidos por el vecino país en las cuencas bajas de los dos sistemas hidrográficos. Por consiguiente, el convenio de 1971 constituye la herramienta jurídica que le permite a Ecuador principalmente asegurar parte de los recursos que le pertenecen en la cuenca Puyango-Tumbes, a fin de aprovecharlos en la cuenca de los ríos Arenillas, Santa Rosa y Zarumilla, en el desarrollo agrícola de alrededor de 70 mil hectáreas. Al respecto hay que tomar en cuenta que Perú aprovecha casi íntegramente los recursos de la cuenca Catamayo-Chira y Ecuador tiene posibilidades marginales de utilizar los recursos de la cuenca Puyango-Tumbes, en el interior de la misma cuenca hidrográfica. Por último, gracias a la fuerza de gravedad, en la práctica, nuestro vecino no requeriría ningún convenio para aprovechar la mayor parte de los recursos hídricos de las dos cuencas binacionales.

Sobre la base del convenio Ecuatoriano Peruano suscrito el 27 de septiembre de 1971, Ecuador y Perú contrataron, a través de la Comisión Mixta creada en el Convenio, el desarrollo de los estudios de prefactibilidad del proyecto binacional para el aprovechamiento de los recursos hídrico de la cuenca compartida Puyango-Tumbes, con un consorcio internacional, previamente seleccionado.

En la etapa de prefactibilidad se formularon varias alternativas del proyecto binacional y, finalmente, en el Acuerdo de Quito de octubre de 1985 los dos países adoptaron la alternativa Marcabelí-Cazaderos, luego de un camino sinuoso matizado por el problema limítrofe que mantenían. Esta alternativa incluye dos embalses de regulación y por ende dos grandes presas; no cabe menor duda que en la selección de la alternativa” Marcabelí – Cazaderos” incidió la desconfianza que entonces caracterizaba a la relación entre los dos países; esto hacia parecer que cada uno disponga de su “propio” embalse de regulación, contradiciendo así principios básicos de optimización de alternativas.

Sobre la base del Acuerdo de Quito la comisión Mixta Ecuatoriano-Peruana, luego del concurso de ofertas correspondiente, contrató con un segundo consorcio internacional de firmas consultoras y con auspicio financiero del Banco Interamericano de Desarrollo y de la Corporación Andina de Fomento, la ejecución del estudio de factibilidad de la alternativa seleccionada en el Acuerdo de Quito; por exigencia de los entes financieros el estudio contratado se dividió en dos etapas: la primera para evaluar la alternativa seleccionada y a la segunda para desarrollar, propiamente, el estudio de factibilidad; el inicio de la segunda etapa se supeditó a que, como resultado de la etapa previa, los

indicadores económico-financieros resulten favorables, hecho que no se dio y, por consiguiente, se suspendió la segunda etapa.

No cabe duda que fue un grave error, supeditar la continuación del Proyecto Binacional a indicadores económico-financieros aplicados por los organismos financieros a proyectos convencionales de desarrollo; en efecto, Puyango-Tumbes no es un proyecto convencional de desarrollo, sino un proyecto de ejercicio del derecho y soberanía sobre un valioso recurso natural como es el agua, por parte de dos países copropietarios de la cuenca hidrográfica; en el caso de nuestro país, este proyecto es la única vía para garantizar a las futuras generaciones de ecuatorianos, el desarrollo agrícola de decenas de miles de hectáreas en la cuenca de los ríos Arenillas y Zarumilla.

De esta situación de estancamiento no ha salido el proyecto Binacional Puyango-Tumbes; más aún el derecho ecuatoriano en este proyecto parecería estar siendo socavado por hechos como los siguientes:

- a) Inexplicablemente, el Gobierno Ecuatoriano acepto suscribir en octubre del 2014 la Declaración de Arenillas entre los presidentes Ollanta Humala y Rafael Correa, permitiendo que Perú, unilateralmente desarrolle en su territorio el Proyecto Binacional Puyango -Tumbes; en gobiernos anteriores este exabrupto fue siempre evitado por la Cancillería Ecuatoriana, desde la vigencia del Convenio del 27 de septiembre de 1971, por razones que parecen obvias;
- b) Los intereses transfronterizos para que no se ejecute el Proyecto Binacional Puyango - Tumbes han formulado, incentivado y auspiciado interpretaciones y

declaraciones particularmente de corte medioambiental en esa dirección; lamentablemente podría ser que algunos sectores ambientalistas nacionales han sido también cautivados.

Dadas las circunstancias del Proyecto Binacional y la postergación inaceptable del aprovechamiento de los recursos hídricos relacionados por parte de nuestro país, es importante e inaplazable la reactivación del proyecto. Al respecto la vía más expedita considerando el avance de los acuerdos sería la continuación de la alternativa Marcabelí – Cazaderos. Sin embargo, es importante que se dispongan de otras vías que permitan enfrentar de mejor manera eventuales objeciones originadas principalmente en intereses transfronterizos contrarios a la ejecución del proyecto Puyango – Tumbes, con argumentaciones de corte económico o ambientalistas. En este contexto puede resultar atractiva una alternativa con un solo embalse de regulación que permita el mismo nivel de aprovechamiento de la alternativa Marcabelí – Cazaderos, pero con menor inversión y menor impacto ambiental. Esta sería la alternativa “Cazaderos solo”, propuesta en el presente proyecto. En este punto cabe tener presente que la alternativa Marcabelí – Cazaderos fue adoptada cuando aún estaba vigente el problema limítrofe entre los dos países, fuente de desconfianza que se tradujo en el deseo de que cada país cuente con infraestructura y embalse independiente para la derivación de los volúmenes de agua que le corresponden. Como consecuencia se optó por una alternativa de dos embalses, relativamente costosa, sin considerar la opción de una alternativa con un solo embalse de regulación, aun cuando el embalse de Cazaderos por si solo puede satisfacer los requerimientos hídricos con igual nivel de garantía que la alternativa de dos embales, pero

con un costo menor, en armonía total con el Convenio de 1971. Es más, el embalse Cazaderos en realidad es un embalse claramente binacional, tanto por su ubicación como por los beneficios que origina.

Recientemente, en el marco del proyecto Binacional Puyango – Tumbes, se emitió una declaración presidencial el 20 de octubre del año 2017, como resultado del encuentro presidencial y XI gabinete binacional Ecuador- Perú, realizado en la ciudad de Trujillo, entre los presidentes Lenin Moreno y Pablo Kuczynski, en el que reiteraron su compromiso para la puesta en marcha del Binacional Puyango – Tumbes y la ejecución de sus obras comunes, cuya implementación beneficiará de manera directa a las poblaciones de ambos países.

El manejo de cuencas de drenaje internacional ha sido siempre objeto de discusión, que, en algunos casos, puede convertirse en motivo de conflicto; sin embargo, cuando prevalece el sentido común y la buena fe de las partes, más bien debe constituir un elemento integrador, que permita el crecimiento productivo, económico de países hermanos como lo son Ecuador y Perú, visión en la que se enfoca esencialmente el Proyecto Binacional Puyango – Tumbes.

## **CAPÍTULO 1**

### **ELEMENTOS QUE JUSTIFICAN LA PROPUESTA DE LA ALTERNATIVA “CAZADEROS SOLO” Y PARTICULARIDADES DE ESTA ALTERNATIVA.**

#### **1.1. Elementos que justifican la alternativa “Cazaderos solo”**

Debido al alto volumen de embalse y su consiguiente capacidad de regulación, la alternativa “Cazaderos solo” se presenta como una alternativa más atractiva, no solo desde el punto de vista económico sino también medio – ambiental, debido a que se elimina el embalse de Marcabelí para cumplir los objetivos del proyecto binacional Puyango – Tumbes, en el marco del convenio Ecuatoriano Peruano suscrito el 27 de septiembre de 1971. Esta alternativa se vio relegada por los problemas limítrofes que existía entre Ecuador y Perú en ese entonces; sin embargo en la actualidad, considerando el nuevo contexto de las relaciones binacionales, a partir de la firma del acuerdo definitivo de paz de Brasilia del 26 de octubre de 1998, parece razonable que esta alternativa sea considerada y evaluada en su real dimensión, al haberse eliminado la limitación política, para descartarla en la elaboración del Acuerdo de Quito de octubre de 1985.

El embalse binacional Cazaderos, además por su magnitud, es un embalse de regulación multianual, a diferencia del embalse Marcabelí que es de regulación anual. Esta característica permitiría a los dos países aprovechar los volúmenes de agua que se producen en años húmedos para mitigar los efectos sobre la producción agrícola, durante años secos.



Como se ha indicado, esta alternativa prevé un solo embalse de operación binacional y por lo tanto la construcción de una sola presa de regulación, el impacto ambiental e inversión económicas generadas por esta alternativa se disminuiría considerablemente, con respecto a la alternativa “Marcabelí - Cazaderos”, debido a que el alternativa “Cazaderos solo” tiene la suficiente capacidad y condiciones físicas para satisfacer las condiciones hidráulicas establecidas en el Acuerdo de Quito de 1985, para el embalse en Cazaderos, sin requerir del embalse en Marcabelí, reduciendo así el impacto ambiental e inversión económica que conlleva la construcción de una presa de regulación adicional, con sus obras anexas; dando así lugar además a un incremento evidente en los indicadores económicos de evaluación del proyecto de inversión. Este hecho viabilizaría la obtención de líneas de crédito internacionales para financiar la ejecución de las obras que permiten dar solución a una problemática que se ha venido ignorando de manera histórica, como es la falta de desarrollo con crecimiento sostenible de la producción agrícola con riego de vastas áreas desérticas en el sector limítrofe de la provincia de El Oro, mejorando substancialmente las condiciones de vida de sus poblaciones.

## **1.2. Particularidades de la alternativa “Cazaderos solo”**

La principal característica de esta alternativa “Cazaderos solo” es que incluye un único embalse binacional de regulación multianual para Ecuador y Perú; este embalse, con las características hidráulicas definidas en el Acuerdo de Quito de octubre de 1985, debe ser diseñado para un volumen total máximo de 3200 millones de m<sup>3</sup>. La relación de los caudales asignados a cada país es la establecida en el Acuerdo de Quito de octubre de 1985; esto significa que desde el embalse de Cazaderos serán trasvasados a territorio

ecuatoriano los volúmenes correspondientes a los 5/7 de los caudales afluentes al sitio Marcabelí (desembocadura del río Marcabelí en el Puyango) más los volúmenes correspondientes a 2 m<sup>3</sup>/s para uso en el área Cazaderos; los volúmenes restantes le corresponden a Perú. Estas asignaciones se verificarán en forma conjunta por los dos países.

Para utilizar los volúmenes de agua que le corresponden, de conformidad con el Acuerdo de Quito de octubre de 1985, Ecuador trasvasará el mayor tiempo posible el caudal regulado de 52 m<sup>3</sup>/s del a la cuenca del río Arenillas; este caudal define la capacidad máxima para el diseño del trasvase a Ecuador. La presente alternativa considera un incremento evidente en la longitud del trasvase que conllevaría un aumento en los costos de construcción del trasvase, en relación a la alternativa “Marcabelí – Cazaderos”; este incremento fácilmente puede ser subsanado al prescindir de la construcción de un segundo embalse con presa de regulación en Marcabelí.

El manejo de un embalse común dentro de una cuenca internacional como es la cuenca del río Puyango – Tumbes, no solo se debe enfocar en el aprovechamiento binacional del recurso hídrico, sino también debe ir de la mano con una corresponsabilidad de uso, y protección de los ecosistemas, es decir una administración que integre el recurso agua con los demás recursos naturales que se encuentran estrechamente ligados, debido a que un impacto negativo en uno de estos generaría una grave repercusión en su contraparte, este enfoque se debe tener siempre presente para lograr la sustentabilidad del proyecto y de los ecosistemas que se encuentran dentro del mismo. En este contexto parece evidente que

una administración binacional del sistema de regulación Puyango- Tumbes sería mucho más eficiente.

## **CAPÍTULO 2**

### **OBJETIVOS DEL PROYECTO**

#### **2.1. Objetivo general.**

Formular la alternativa de regulación Cazaderos solo, para el proyecto binacional Puyango – Tumbes, en el marco del Convenio Ecuatoriano – Peruano para el Aprovechamiento de las Cuencas Hidrográficas Binacionales Puyango – Tumbes y Catamayo-Chira del 27 de septiembre de 1971.

#### **2.2. Objetivos específicos.**

- 1) Recolectar, analizar y, validar in situ la información técnica disponible, que permita formular una alternativa viable técnica y económicamente a nivel de prefactibilidad y, además satisfaga las condiciones del Convenio Binacional.
- 2) Evaluar el efecto producido en los niveles de garantía para desarrollo agrícola en el Ecuador y Perú, como consecuencia de plantear un único embalse de regulación en Cazaderos.
- 3) Diseñar a nivel de prefactibilidad las obras hidráulicas de ingeniería necesarias para la formulación de la alternativa Cazaderos solo.
- 4) Realizar una evaluación económica de la alternativa planteada, con la finalidad de verificar su viabilidad.

5) Describir una normativa legal vigente, que permita el adecuado aprovechamiento del recurso hídrico en la cuenca hidrográfica internacional del río Puyango -Tumbes.

## **CAPÍTULO 3**

### **INFORMACIÓN DISPONIBLE**

Es cierto que el presente trabajo considera únicamente el embalse binacional Cazaderos, sin embargo, en algunos ítems de la información disponible se hace referencia también al embalse Marcabelí.

#### **3.1. Elementos analizados**

##### **3.1.1. Sitio de presa y área de embalse Cazaderos**

EL sitio de implantación de la presa Cazaderos se encuentra localizado aproximadamente 300 m aguas debajo de la confluencia de la quebrada Cazaderos y el río Tumbes, lugar en el que la altitud del cauce es de aproximadamente 126 m.s.n.m, en la zona comprendida entre las longitudes, 566700 E a 566400 E, y latitudes de, 9561600 N a 9561900 N .; de conformidad con la evaluación geológico-geotécnica realizada tanto por el consorcio Puyango – Tumbes como por el Consorcio CIMELCO, el sitio tiene características morfológicas aptas para el emplazamiento de una presa de regulación. (Consorcio CIMELCO Consultores , 1991)

### **3.1.1.1. Rasgos geológicos- geotécnicos principales.**

#### **3.1.1.1.1. Morfología.**

(Consorcio CIMELCO Consultores , 1991)El cauce del río Puyango, en el sitio de presa, es encañonado en la roca sana. EL río sigue la dirección prácticamente N – S, formando una pequeña curvatura SO a N, sobre una distancia de 450 m, luego cambia su nombre a NO.

El valle tiene una forma de V, con flanco simétricos inclinados  $40^\circ$ , mismo que muestran irregularidades en los bancos cuarcíticos.

#### **3.1.1.1.2. Litología.**

(Consorcio CIMELCO Consultores , 1991)Todo el cañón se encuentra erosionado en la formación metamórfica, misma que está constituida por bancos de cuarcitas y filitas del paleozoico inferior. Los paquetes de filitas tienen espesores de 30 a 50 m, con delgadas intercalaciones de cuarcitas; Los paquetes de cuarcitas tienen espesores de 30 a 100 m con estratos de filitas intercaladas de 30 a 100 m.

Hacia aguas abajo aumentan paquetes con alternancias de filitas y cuarcitas.

#### **3.1.1.1.3. Estructura.**

(Consorcio CIMELCO Consultores , 1991)En el sitio de presa los bancos con dirección E – O están inclinados con  $60^\circ$  a  $65^\circ$  al Norte; Hacia aguas arriba la inclinación aumenta de  $70^\circ$  a  $80^\circ$ , hasta volcarse con  $80^\circ$  al Sur. Esto indica que se trata en conjunto de una

estructura anticlinal muy empinada con su eje dirigido en dirección E – O. Hacia agua abajo, en el flanco N del anticlinal la inclinación de los bancos disminuye de  $55^{\circ}$  -  $50^{\circ}$ . A 250 m aguas abajo del eje de presa la formación está cortada por la zona de la falla regional de Caytano, a lo largo de la cual el bloque N se encuentra levantado con respecto al bloque S, manifestándose el desplazamiento con cambios bruscos en la orientación de los bancos.

La falla de Caytano se trata de una falla antigua de movimientos hercínicos y no se han encontrado trazos que podrían indicar una reactivación de la falla en tiempos más recientes.

La estadística de discontinuidades en la zona de presa muestra claramente 2 sistemas dominantes: las discontinuidades cortinas predominantes de la estratificación y un sistema de fracturas sub-paralelas a la dirección del río. Además, existen sistemas esporádicos de poca extensión en varias direcciones.

Otra característica estructural es el comportamiento diferencial entre los bancos competentes cuarcíticos y menos competentes de filitas. Las cuarcitas fácilmente se dividen en bloques que a menudo se derrumban, mientras las zonas filitas muestran un fuerte cizallamiento por movimientos diferenciales.

El eje para una presa está ubicado en un paquete de cuarcitas de 100 m de espesor de manera que la implantación de todo el cuerpo de la presa se ubica en el mismo.

En consecuencia, no se ven problemas mayores de estabilidad del macizo de cimentación en caso de una presa a gravedad. Sin embargo, para considerar la alternativa de una presa

de arco sería necesario ejecutar investigaciones detalladas para obtener resultados representativos sobre los módulos de elasticidad y ángulos de fricción específicamente en los paquetes de filitas. ubicadas en las laderas del sitio; la consideración es esta alternativa tendría como único objetivo optimizar la inversión en la obra de contención.

#### **3.1.1.1.4. Agua Subterránea.**

(Consorcio CIMELCO Consultores , 1991)Del nivel hidrostático en las laderas solo se tiene información muy preliminar y no sistematizada; el conocimiento más detallado permitirá sustentar el diseño de los sistemas de impermeabilización y drenaje en el macizo de cimentación de la presa y en el cuerpo mismo de la misma; sin embargo, debido a la estructura orientada perpendicularmente a la dirección del río habría un drenaje natural del macizo rocoso hacia el río.

Las permeabilidades ensayadas en las perforaciones efectuadas indican:

- Permeabilidad algo elevada (5 – 30 Lugeon) en los primeros 20 – 30 m de profundidad.
- Por debajo de 20 – 30 m se prestan una permeabilidad < 5 Lugeon, es decir poco permeable.

#### **3.1.2. Información sísmológica.**

(Consorcio CIMELCO Consultores, 1991, págs. 17-18)El sismo de Tumbes del 10 de diciembre de 1970 es el más crítico para el sitio de la presa Cazaderos. Es de considerable importancia evaluar los escenarios de origen del sismo en la zona de subducción

interplaca, o en la corteza continental, a lo largo de una falla regional (a identificar). Para este fin, la obtención de soluciones del mecanismo focal será determinante.

Se estima que, para el lado ecuatoriano, la zona de subducción somera puede generar terremotos de hasta 8.7 de magnitud, originando en Marcabelí una aceleración máxima horizontal de 0.26 g; en la zona peruana, al producirse a una corta distancia focal (30km parece un mínimo razonable), pueden resultar en aceleraciones de hasta 0.38 g en el sitio de presa Cazaderos.

En la segunda hipótesis, de un origen continental para el sismo de Tumbes, será necesario determinar cuál es la posible falla regional superficial responsable de sismo. Pero para alcanzar un valor de 0.38 g sería necesario que exista una falla activa grande a una distancia corta el sitio (15 a 20 km como máximo). (Consorcio CIMELCO Consultores, 1991)

### **3.1.3. Información hidrológica.**

La información hidrológica para este proyecto es la contenida en el estudio hidrológico realizado por CGR ingeniería y presentado en marzo de 1990, mismo que contiene una base de datos conformada por una serie pseudo-histórica de 24 años, estas series permiten estimar los valores de los caudales mensuales en Marcabelí y Cazaderos, que se presentan en los anexos 3 y 4.



### 3.1.3.1. Estimación de las crecientes

Se presenta a continuación los cuadros en los que se incluyen los valores de los caudales máximos, volúmenes máximos y caudales específicos, para periodos de retorno de 25, 50,100,500,1000, y 10000 años, en los sitios de presa Marcabelí y Cazaderos.

Tabla 1 .Estimación de las crecientes Cazaderos

		<b>PERIODO DE RETORNO (AÑOS)</b>					
		<b>10000</b>	<b>1000</b>	<b>500</b>	<b>100</b>	<b>50</b>	<b>25</b>
<b>Q máx.</b>	m3/s	26500	13640	10915	6323	4750	3434
<b>V máx.</b>	hm3	-	451	345	263	220	189
<b>q máx.</b>	m3/s/km2	6.56	3.39	2.72	1.57	1.18	0.85

*Nota:* Qmax: Caudal máximo; Vmax: volumen máximo; qmax: caudal unitario máximo.

FUENTE: (CGR Ingeniería, 1990). Estudio Hidrológico del río Puyango - Tumbes.

Tabla 2. Estimación de las crecientes Marcabelí

		<b>PERIODO DE RETORNO (AÑOS)</b>					
		<b>10000</b>	<b>1000</b>	<b>500</b>	<b>100</b>	<b>50</b>	<b>25</b>
<b>Q máx.</b>	m3/s	15000	9134	7422	3948	2888	2020
<b>V máx.</b>	hm3	-	248	222	132	110	87
<b>q máx.</b>	m3/s/km2	6.75	4.11	3.34	1.78	1.3	0.91

*Nota:* Qmax: Caudal máximo; Vmax: volumen máximo; qmax: caudal unitario máximo.

FUENTE: (CGR Ingeniería, 1990) Estudio Hidrológico del río Puyango - Tumbes.

Las crecientes máximas probables, calculadas a partir de las precipitaciones máximas probables son las siguientes:

Tabla 3. Crecientes máximas probables

SITIO	CAUDAL MÁXIMO (m <sup>3</sup> /s)	VOLUMEN (hm <sup>3</sup> )
Marcabelí	13880	549
Cazaderos	24354	1031

FUENTE: (CGR Ingeniería, 1990) Estudio Hidrológico del río Puyango - Tumbes.

### 3.1.4. Información sedimentológica.

La información sedimentológica, forma parte del estudio hidrológico presentado por CGR Ingeniería en 1990, en el que se determina que el caudal sólido que mide la concentración de sedimentos en suspensión, de la cuenca del río Puyango-Tumbes, se registra en cinco estaciones hidrométricas instaladas a lo largo del río, estaciones que se detallan en la siguiente tabla, con sus respectivas principales características.

Tabla 4. Estaciones hidrométricas con información sobre concentración de sedimentos en suspensión.

CODIGO	RIO	ESTACION	AREA DE CUENCA (km <sup>2</sup> )	CAUDAL MEDIO SERIE PSEUDO-HISTORICA (m <sup>3</sup> /s)	PERIODO REGISTRO	Nº DE AFOROS
N-1	PUYANGO	A.J. MARCABELÍ	2200	62.12	82-87	46
N-2	PUYANGO	PUENTE PUYANGO	2720	66.26	80-87	45
N-3	TUMBES	CABO INGA	4020	106.67	79-81	250
N-4	TUMBES	UCUMARES	4208	107.79	79-80	105
N-5	TUMBES	EL TIGRE	4380	119.15	79-81	148

FUENTE: (CGR Ingeniería, 1990) Estudio Hidrológico del río Puyango - Tumbes.

(CGR Ingeniería, 1990) Se efectuaron muestreos del material del cauce de río Tumbes en el área de la estación hidrométrica El Tigre. El diámetro medio del sedimento para la estación el Tigre ha sido estimado en 0.122 mm y se puede considerar como representativo para el embalse Cazaderos.

El diámetro medio del material de arrastre de fondo, representativo para el área del embalse Marcabelí, es de 14 mm y el diámetro medio de los materiales transportados en suspensión es de 0.2 mm. Estos datos provienen de muestreos en terrazas ubicadas próximas al sitio de presa, realizados en Julio de 1990 por CIMELCO.

Al realizar el análisis de la información provista por CGR ingeniería, CIMELCO determina:

- Las mediciones del sedimento en suspensión fueron realizadas durante un periodo relativamente corto, que difiere de estación a estación.
- El número de muestras obtenidas, para cada estación, es muy diverso e insuficiente para llegar a conclusiones confiables, tanto en lo que refiere al balance, como al régimen del sedimento suspendido.
- En la mayoría de las estaciones se dispone de información relativa a concentraciones de sedimentos en suspensión durante el periodo de caudales mínimos. La información correspondiente a las concentraciones registradas durante los caudales

medios y avenidas es limitada, lo que representa un defecto serio, dado que la mayor parte del sedimento es transportado justo en los periodos de ocurrencia de estos caudales.

– Existe una dispersión significativa en los valores medidos de la relación gasto líquido- gasto sólido. Esto se debe a las condiciones antes mencionadas en las mediciones de los sedimentos en suspensión.

Las estimaciones del transporte de sedimentos de fondo y transporte total muestran los resultados que se resumen a continuación:

### 3.1.4.1. Embalse Marcabelí

Tabla 5. Transporte de sedimentos en Marcabelí.

MARCABELI		Vida Util en Años	
		50	100
<b>Suspensión</b>	ton x 10 <sup>6</sup>	59.31	112.39
<b>Fondo</b>	ton x 10 <sup>6</sup>	16.96	32.14
<b>Volumen Total</b>	ton x 10 <sup>6</sup>	76.27	144.53
<b>Volumen Total</b>	hm <sup>3</sup>	59.70	113.14

FUENTE: (CGR Ingeniería, 1990) Estudio Hidrológico del río Puyango - Tumbes.

### 3.1.4.2. Embalse Cazaderos

Tabla 6. Transporte de sedimentos en Cazaderos

CAZADEROS		Vida Util en Años	
		50	100
<b>Suspensión</b>	ton x 10 <sup>6</sup>	127.50	236.80
<b>Fondo</b>	ton x 10 <sup>6</sup>	31.90	59.20
<b>Volumen Total</b>	ton x 10 <sup>6</sup>	159.40	296.00
<b>Volumen Total</b>	hm <sup>3</sup>	125.60	233.20

FUENTE: (CGR Ingeniería, 1990) Estudio Hidrológico del río Puyango - Tumbes.

### **3.1.5. Desarrollo de riego.**

#### **3.1.5.1. Zonas de Riego en el Ecuador**

(Consortio ELECTROWATT, PRC, GEOTECNIA Y ADEC, 1990) Se identificaron dieciséis zonas de riego, dentro del área del proyecto. Según su prioridad y etapa de incorporación al riego se agruparon en 4 grandes zonas, según se indica a continuación:

- Zonas de primera prioridad y primera etapa de incorporación al riego (A1). - en este grupo se encuentran las zonas Bejucal Margen Izquierda, Chacras – Huaquillas Este y Oeste, y Bejucal Margen Derecha; que requiere de un caudal de 0.80 l/s/ha, debido a las características físicas y climatológicas de la zona.
- Zonas de primera prioridad y segunda etapa de incorporación al riego (A2). – perteneces a este grupo, las zonas de Santa Rosa, Buenos Aires, La liberta y Quebrada Raspas; que por sus características requiere de un caudal de 0.52 lt/s/ha.
- Zonas de segunda prioridad y tercera etapa de incorporación al riego (A3). – entre estas tenemos: Valle Hermoso, Palmales Medio, Buenos Aires, LA libertad y Quebrada Raspas; que requiere un caudal de 0.453 l/s/ha
- Zona de segunda prioridad y cuarta etapa de incorporación al riego (A4). – está constituido por las zonas de Palmales Alto, Las Lajas y Piedras; que requiere 0.45 l/s/ha, para su desarrollo agrícola

Las prioridades y etapas de incorporación de tierras al riego fueron definidas en el estudio realizado por el consorcio ELECTROWATT(Suiza), PRC(EEUU), GEOTECNIA,

ADEC (Ecuador), para la Subcomisión Ecuatoriana, casi simultáneamente con los estudios del consorcio CIMELCO.

EL caudal medio mensual multianual requerido por Ecuador para satisfacer el máximo nivel de desarrollo agrícola es de 45 m<sup>3</sup>/s, los caudales mensuales de la serie se indica en el anexo 5.

Actualmente Santa Rosa cuenta con riego permanente de 5000 hectáreas, que de acuerdo con el respectivo rendimiento da como resultado un caudal de 2,5 m<sup>3</sup>/s, obteniendo así una demanda real de **42.5 m<sup>3</sup>/s**, correspondiente a **72702 ha**.

Todas estas zonas están ubicadas en la provincia de el Oro. Adicionalmente Ecuador dispone de un caudal continuo de 2m<sup>3</sup>/s que serán bombeados desde el embalse Cazaderos para riego en las áreas colindantes con el embalse.

### **3.1.5.2. Zonas de Riego en el Perú.**

(Consortio CyA y LAGESA, 1990) El área de riego peruana ha sido dividida según las siguientes denominaciones:

- Margen Derecha del río Tumbes
- Valles del Sur
- El Alto y Talara

Las áreas mencionadas se han priorizado de manera que se puede considerar cuatro prioridades, que se identifican con igual número de sectores de riego, en las que se dividió el área del proyecto.

- Sector I – Primera prioridad (A1). – Margen Derecha del río Tumbes hasta el río Zarumilla con elevación de las tierras entre la línea de costa en el Pacífico y 50 m.s.n.m.
- Sector I – Segunda prioridad (A2). – Margen derecha del río Tumbes hasta el río Zarumilla con elevación de tierras entre 50 m.s.n.m. y 100 m.s.n.m.
- Sectores III, IV, V – Tercera prioridad (A3). – Valles al Sur, entre los valles de las quebradas Casitas – Bocapán y Fernández.
- Sector IV – Cuarta prioridad (A4). – El gran tablazo de El Alto y Talara.

Los sectores indirectamente beneficiarios del Proyecto (tierras marginales) se identifican con:

- Las tierras entre el río Zarumilla y el Canal Internacional, limítrofe entre los dos países.
- Las áreas agrícolas existentes de la margen izquierda del río Tumbes y quebradas adyacentes.
- La irrigación existente La Tuna – Romero, ubicada en la margen derecha del río Tumbes.

EL caudal medio mensual multianual requerido por Perú para satisfacer el máximo nivel de desarrollo agrícola es de 55 m<sup>3</sup>/s, los caudales mensuales de la serie se indica en el anexo 6.

**3.1.5.3. Delimitación del Área del proyecto en zonas y sectores de Riego Potencialmente Irrigables.**

Las zonas en el Ecuador y los sectores de riego en el Perú se indican a continuación:

Tabla 7. Delimitación del área del proyecto.

GRADO DE DESARROLLO	ECUADOR			PERÚ	
	AREA (Ha netas)	DEMANDA (m <sup>3</sup> /s)	DEMANDA ACTUAL (m <sup>3</sup> /s)	AREA (Ha netas)	DEMANDA (m <sup>3</sup> /s)
<b>IR1 = A1</b>	24978.0	20	20	20179.0	22.1
<b>IR2 = A1 + A2</b>	44020.0	29.8	27.3	30064.0	31.9
<b>IR3 = A1 + A2 + A3</b>	61249.0	37.6	35.1	46094.0	41.6
<b>IR4 = A1 + A2 + A3 + A4</b>	77702.0	45	42.5	61094.0	55

FUENTE: (Consortio CIMELCO Consultores, 1991, pág. 22) Resumen ejecutivo

De Ecuador se presentan 2 columnas para el caudal de demanda; la primera se contiene los caudales que utilizó el consorcio CIMELCO, mientras que en la columna de demanda real se presenta la demanda descontadas las 5000 ha equivalentes a 2.5 m<sup>3</sup>/s, que ya cuentan con riego en Santa Rosa, perteneciente a la zona A2.

Las designaciones A1, A2, A3 y A4 se refieren a las superficies netas de riego; para Ecuador estas superficies corresponden respectivamente a la primera, segunda, tercera y cuarta etapa, siendo A1 y A2 zonas de primera prioridad y las A3 y A4 zonas de segunda prioridad.

Para el Perú, A1, A2, A3 y A4 corresponden a los sectores de primera, segunda, tercera y cuarta prioridad respectivamente.



El potencial de tierras irrigables es de 77702.0 Ha en el Ecuador y 66769.0 en el Perú (61094.0 Ha más 5675.0 Ha de tierras marginales).

En base al Estudio Nacional Peruano, realizado en 1989 se determina que para las áreas que se benefician con el Proyecto bajo riego actualmente en el Perú, cuenta con un caudal de 6.0 m<sup>3</sup>/s; además como caudal ecológico aguas abajo del embalse de Cazaderos un valor de 5.86 m<sup>3</sup>/s.

#### **3.1.5.4. Ritmo de incorporación de tierras.**

La definición de la tasa de incorporación de tierras nuevas bajo riego implica tomar en consideración numerosos factores, tales como la experiencia en proyectos realizados y en operación en el país, la disponibilidad de mano de obra suficiente para las zonas nuevas, la existencia del mercado para la producción agropecuaria de las áreas que se incorporan, los problemas de tenencia de tierra y la capacidad técnico- financiera de los contratistas para la ejecución de las obras.

De este modo se analizaron dos hipótesis de tasas de incorporación de tierras al riego: en forma conservadora se plantea 2000 ha/año, y 4000 ha/año en forma eficiente.

### **3.2. Análisis de información disponible.**

#### **3.2.1. Sitio de presa y área de embalse Cazaderos**

La selección del sitio con características más aptas para el emplazamiento fue hecha a partir de una evaluación geológico-geotécnica realizada tanto por el consorcio Puyango – Tumbes como por el consorcio CIMELCO. El sitio seleccionado se caracteriza por:

- Encontrase erosionado en la formación metamórfica, misma que está constituida por bancos de cuarcitas y filitas del paleozoico inferior.
- Los paquetes de filitas tienen espesores de 30 a 50 m, con delgadas intercalaciones de cuarcitas; Los paquetes de cuarcitas tienen espesores de 30 a 100 m con estratos de filitas intercaladas de 30 a 100 m.
- Una característica estructural importante, es el comportamiento diferencial entre los bancos competentes cuarcíticos con mayor permeabilidad y menos competentes de filitas con menor permeabilidad; Las cuarcitas fácilmente se dividen en bloques que a menudo se derrumban, mientras las zonas filitas muestran un fuerte cizallamiento por movimientos diferenciales.

#### **3.2.2. Información sísmológica.**

El sismo somero mayor de la región fue el que se produjo en Tumbes del 10 de diciembre de 1970, ubicado a unos 80 km de Marcabelí y 30 km del sitio del embalse Cazaderos, valor aproximados, ya que el foco del sismo no fue definido, por lo tanto, será de considerable importancia evaluar los escenarios de origen del sismo en la zona de

subducción interplaca, o en la corteza continental, para posteriores estudios a nivel de factibilidad.

(Consortio CIMELCO Consultores, 1991, pág. 17) Por parte del consorcio, se estimó que, para el lado ecuatoriano, la zona de subducción somera puede generar terremotos de hasta 8.7 de magnitud, originando en Marcabelí una aceleración máxima horizontal de 0.26 g; en la zona peruana, al producirse a una corta distancia focal (30km parece un mínimo razonable), pueden resultar en aceleraciones de hasta 0.38 g en el sitio de presa Cazaderos.

A partir de estas estimaciones preliminares para los prediseños existentes, en forma conservadora provisional, se ha asumido una aceleración horizontal máxima 0.4 g sitio de presa Cazaderos, y en el sitio de presa Marcabelí es recomendable considerar una aceleración máxima horizontal de 0.25 g.

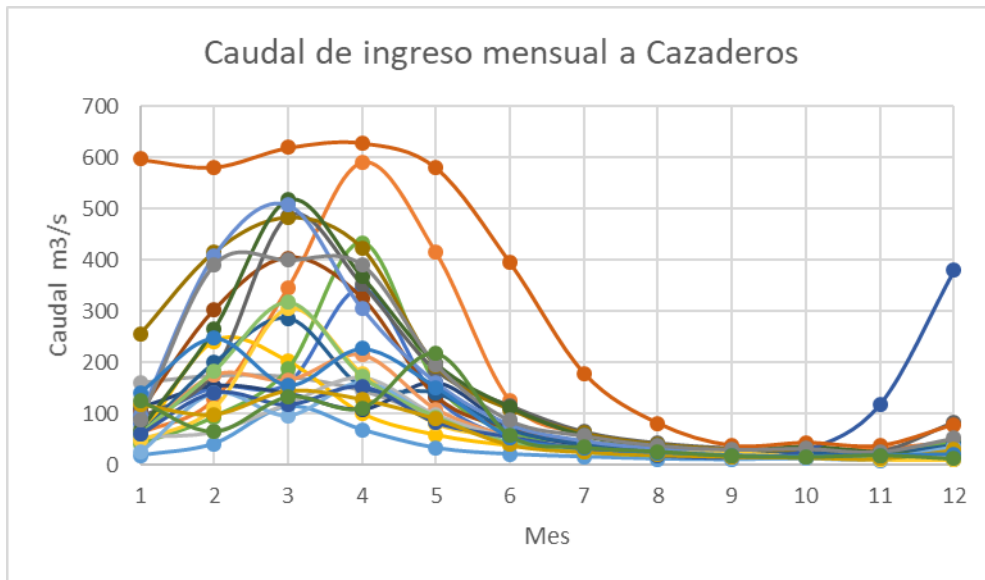
### **3.2.3. Información hidrológica.**

En la información hidrológica se puede evidenciar un comportamiento claro durante el periodo de 24 años, en el que se visualiza la regularidad multianual de caudales de ingreso a Cazaderos, que se reducen considerablemente entre julio y diciembre, haciendo posible considerar a esta como la época de estiaje

Una característica importante de esta información hidrológica es que, los términos de referencia para su elaboración, la metodología aplicada por la consultora, así como los resultados obtenidos fueron aceptados por la comisión mixta ecuatoriano-peruana y tomados como base para la comparación y selección de alternativas. En consecuencia,

esta información, más allá de no poder ser modificada unilateralmente por las partes, permite la comparación de las alternativas sobre una misma base hidrológica.

Figura 1. Serie multianual de caudal de ingreso mensual a Cazaderos



\*Nota: 1, Enero; 2, Febrero; 3, Marzo; 4, Abril; 5, Mayo; 6, Junio; 7, Julio; 8, Agosto; 9, Septiembre; 10, Octubre; 11, Noviembre; 12, diciembre.

FUENTE: Autor

### 3.2.4. Información sedimentológica.

La información sedimentológica provista por CGR ingeniería, se registró en cinco estaciones hidrométricas instaladas a lo largo del río, durante un periodo corto de tiempo; es así como se determina que, la información es muy diversa e insuficiente como para llegar a conclusiones confiables, tanto en lo que se refiere al balance, como al como al régimen del sedimento suspendido.

A partir de esta información preliminar se realizaron las estimaciones del transporte de sedimentos de fondo y transporte total, que permiten concluir que, en el caso de Marcabellí, el volumen total de sedimentos para una vida útil de 50 y 100 años es de 59.70 y 113.14 hm<sup>3</sup>, respectivamente. Esto equivale a un arrastre de sedimentos promedio de 973.52 x 10<sup>3</sup> ton/año, para un gasto específico de 28 l/s/km<sup>2</sup>.

En Cazaderos el volumen total de sedimentos para una vida útil de 50 y 100 años es de 125.6 y 233.2 hm<sup>3</sup>, respectivamente. El arrastre de sedimentos promedio es de 1932.21 x 10<sup>3</sup> ton/año, para un gasto específico de 27 l/s/km<sup>2</sup>.

A partir de estos valores referenciales se adoptó para los prediseños existentes, en el caso del embalse Cazaderos un volumen muerto de embalse de 380 hm<sup>3</sup> para una vida útil de 100 años, volumen que permite acumular los sedimentos durante la vida útil del sistema, y que es 1,6 veces mayor al volumen determinado en el estudio provisto por CGR ingeniería, este factor de seguridad se adoptó por la ya mencionada baja confiabilidad de la información registrada.

En este punto es importante advertir que debe formar parte del proyecto un componente relativo al manejo y conservación de la cuenca hidrográfica, a fin de disminuir al mínimo el impacto negativo del sedimento, particularmente en la operatividad y vida útil.

### **3.2.5. Desarrollo de riego.**

La información de desarrollo de riego fue proporcionada por las subcomisiones ecuatorianas y peruanas respectivamente. Por parte del Ecuador el consorcio que estuvo

encargado de los estudios de desarrollo agrícola con riego fue ELECTROWATT – PRC – GEOTECNIA – ADEC; por parte de Perú el consorcio a cargo de los estudios de desarrollo agrícola fue el conformado por CyA y LAGESA.

Esta información fue adoptada por la Comisión Mixta Ecuatoriano-Peruana, tanto así, la metodología que se empleó como los resultados obtenidos por parte de los respectivos consorcios, por consiguiente, para continuar en el marco convenio Ecuatoriano Peruano suscrito el 27 de septiembre de 1971, estos valores no deben sufrir de alteración unilateral alguna.

#### **3.2.5.1.1. Zonas de Riego en el Ecuador**

Las Zonas de primera prioridad y primera etapa de incorporación al riego (A1), son en las que menor rendimiento del caudal presenta debido , a que estas zonas están constituidas por terrenos no roturados y un clima seco , que requieren de un mayor volumen de agua para lograr una producción agrícola sostenible; las zonas de primera prioridad y segunda etapa de incorporación al riego (A2), requieren un caudal menor respecto a las zonas anteriores , gracias a que cuentan con un clima húmedo; mientras que las zonas de segunda prioridad (A3) y (A4), presentan condiciones climáticas que permiten sostener actualmente una actividad agrícola de subsistencia, sin embargo, la incorporación al proyecto de estas zonas busca lograr la sostenibilidad de la producción agrícola, inclusive en condiciones climáticas adversas que se pudieran presentar.

### 3.3. Conclusiones

a) Considerando las condiciones sísmicas del sitio de presa Cazaderos, que han llevado a estimar posibles aceleraciones máximas horizontales de 0.4 g y tomando en cuenta la disponibilidad del material del lugar requerido, resulta evidente que la mejor opción es una presa de enrocado, con un núcleo ancho central de material arcilloso con el ancho suficiente que corresponda al estado tensión – deformación del sistema, particularmente para la combinación especial de fuerzas que incluya las fuerzas sísmicas inerciales en el núcleo y los espaldones de la presa, así como el agua y sedimentos del embalse; en este contexto la presa de hormigón a gravedad se ubica como segunda opción, siendo la menos atractiva la presa de arco, por razones topográficas y geológico – geotécnicas.

b) La presa Cazaderos, según las características geológicas del sitio, se debe cimentar en el paquete de cuarcitas de 100 m de espesor, altamente permeables que, por consiguiente, requieren de una cortina de impermeabilización.

c) El nivel muerto de embalse (NME), está definido por la cota requerida por el usuario, por tanto, existe un volumen de reserva del 60% sobre el volumen de sedimentos calculados para una vida útil de la presa de 100 años.

d) En el caso ecuatoriano, el ritmo de incorporación de tierras de 2000 ha/año, en la etapa inicial del proyecto, es un valor aceptable teniendo en cuenta las condiciones de las zonas, sin embargo, en las zonas de segunda prioridad, este ritmo debe ser incrementado

sustantivamente, considerando la experiencia que se adquirirá en el transcurso del tiempo que tomará cubrir en su totalidad el área de las zonas de primera prioridad.

e) Las zonas de primera prioridad y primer ritmo de incorporación en el Ecuador están conformadas por tierras en su mayoría desérticas, no roturadas en las que aún no se ha resuelto el problema de la tenencia de tierras, puesto que, hasta antes de suscribir el tratado definitivo de paz, fueron áreas de reserva militar.

### **3.4. Recomendaciones**

a) La información básica para la etapa de factibilidad debe ser obtenida con el grado de detalle y confiabilidad que permitan que los presupuestos que se obtengan en esta etapa no difieran en más de un 10%, respecto al valor de la inversión final; esta es una ventaja que, en buena medida, asegurará la seguridad de los diseños y, la transparencia en la etapa de inversión del proyecto.

b) La recomendación precedente se relaciona fundamentalmente con la información geológico- geotécnica y la sedimentológica; en el primer caso es necesario conocer con suficiente detalle las características geo- mecánicas del macizo de cimentación de la presa y del macizo de implantación del túnel de trasvase, así como sustentar con el menor grado de incertidumbre posible la evaluación sísmica de los sitios; en el segundo caso, resulta imprescindible verificar que el volumen muerto de embalse adoptado, efectivamente asegure la vida útil prevista para el sistema;



- c) Es deseable que los programas de investigación referidos en el párrafo precedente sean elaborados con anterioridad al inicio de la etapa de factibilidad, a fin de que los resultados estén disponibles durante la ejecución de dicha etapa;
- d) Se requiere determinar con un grado de certeza aceptable los volúmenes y calidad de los materiales del lugar disponibles en la zona, tanto para la construcción del enrocado, como para el núcleo, de la presa de material del lugar.
- e) Es importante mantener una constante retroalimentación de experiencias que se generen a lo largo del transcurso de incorporación de tierras del proyecto, para poder alcanzar una mayor eficiencia y, por consiguiente, una mayor rentabilidad del proyecto, en el corto y largo plazo.
- f) Por parte del Ecuador es indispensable resolver el problema de la tenencia de tierras en todas las zonas que pretende alcanzar este proyecto, no solo para incorporarlas eficientemente al desarrollo, sino además maximizar el beneficio social del proyecto.
- g) Es prioritario que, en el marco del Convenio Binacional, los dos países formulen y ejecuten un programa de recuperación, protección y manejo de la cuenca para preservar la vida útil del embalse, la calidad del agua y la seguridad de las poblaciones ubicadas aguas abajo del sistema de regulación.

## CAPÍTULO 4

### ANÁLISIS TÉCNICO DE LA ALTERNATIVA CAZADEROS SOLO.

#### 4.1. Operación del embalse Cazaderos.

La Alternativa “Cazaderos solo”, planteada como opción excluyente de la “Marcabelí-Cazaderos”, se basa en la construcción y operación de un único embalse binacional, ubicado en Cazaderos; el modelo de operación diseñado para la operación del embalse binacional se encuentra enmarcado en el Convenio Ecuatoriano – Peruano de 1971 y en el Acuerdo de Quito de octubre de 1985.

##### 4.1.1. Criterios generales.

- a) El embalse Binacional Cazaderos será diseñado para un volumen total máximo de 3200 millones de m<sup>3</sup> (Acuerdo de Quito, 1985).
- b) Del caudal medido en Marcabelí corresponde al Ecuador los 5/7 y al Perú los 2/7, el cual será medido en m<sup>3</sup>/año (Acuerdo de Quito, 1985);
- c) Ecuador dispondrá 52 m<sup>3</sup>/s del caudal regulado en el embalse para su trasvase hacia la cuenca del río Arenillas, el mayor tiempo posible (Acuerdo de Quito, 1985);
- d) Además, el Ecuador dispondrá de 3.7 m<sup>3</sup>/s que serán utilizados en la cuenca aguas arriba de Marcabelí y de 2m<sup>3</sup>/s promedio para la zona ecuatoriana de Cazaderos, que serán tomados desde el embalse del mismo nombre, a través de una estación de bombeo (Acuerdo de Quito, 1985);

e) Los 2/7 del caudal que le corresponde a Perú estarán constituidos por los caudales que pasan aguas abajo del embalse Marcabelí, a través de sus diferentes estructuras tales como aliviadero, descarga de fondo y otros, incluyendo el caudal ecológico de 3.5 m<sup>3</sup>/s (Acuerdo de Quito, 1985);

f) El exceso o defecto en relación con los 2/7 del caudal que le corresponde al Perú (volumen anual) será descontado o añadido, respectivamente en el año siguiente a que tuviere lugar tal exceso o defecto, no teniendo valor después de ese período (Acuerdo de Quito, 1985);

g) Se considera como caudal ecológico aguas abajo del embalse Cazaderos un valor de 5.86 m<sup>3</sup>/s, valor definido y sustentado en el Estudio Nacional Peruano, realizado en 1989;

h) Es importante aclarar que, a diferencia de la operación de embalse de cualquier proyecto convencional para aprovechamiento de los recursos hídricos, que tiene como objetivo fundamental satisfacer el gráfico de demanda del usuario o usuarios del sistema, en el presente caso, el objetivo fundamental es distribuir entre los dos países los caudales regulados, cumpliendo lo establecido en el Convenio Binacional de 27 de septiembre de 1971 y en el Acuerdo de Quito de octubre de 1985.

#### **4.1.2. Operación del embalse Cazaderos.**

##### **4.1.2.1. Criterios de operación del embalse**

a) En el modelo de operación de embalse adoptado en esta propuesta, se aplica lo establecido en el Acuerdo de Quito de 1985, particularmente en lo que se refiere con la forma de la distribución de caudales; se consideran además los parámetros hidráulicos obtenidos por el consorcio, para el embalse Cazaderos, sobre la base de dicho acuerdo (Consortio CIMELCO Consultores, 1991):

Nivel normal de embalse: 247 m.s.n.m.

Nivel muerto de embalse: 173 m.s.n.m.

Volumen total de embalse: 3200.0 hm<sup>3</sup>.

Volumen muerto de embalse: 380.0 hm<sup>3</sup>.

Volumen útil de embalse: 2820.0 hm<sup>3</sup>.

Derivación máxima por la obra de trasvase hacia Ecuador: 52.0 m<sup>3</sup>/s que, en consecuencia, constituye el caudal de diseño del túnel de trasvase;

b) Los caudales de ingreso a Cazaderos se obtienen del estudio Hidrológico realizado por CGR Ingeniería, que contiene la serie multianual de los caudales mensuales del Rio Puyango en Cazaderos, mismos a los que cabe disminuir el caudal que le corresponde a Ecuador en la cuenca aguas arriba de Marcabelí, este caudal que consta en el Acuerdo de Quito de octubre de 1985; cabe recalcar que en las modelaciones realizadas por el

consorcio CIMELCO, para la operación de la alternativa “Marcabelí – Cazaderos” existe inconsistencia en la serie de caudales que ingresan a Cazaderos, debido a la omisión del mencionado caudal que le corresponde a Ecuador aguas arriba de Marcabelí.

Los cálculos de operación del embalse Cazaderos se realizan a nivel mensual, y enmarcados en el Acuerdo de Quito de octubre de 1985, trasvasando a Ecuador la mayor cantidad de meses posible un caudal 52 m<sup>3</sup>/s, valor que consta como caudal mensual máximo para el diseño de la obra de trasvase; además se considera que el volumen anual máximo trasvasable hacia el Ecuador es 5/7 del volumen anual aforado en Marcabelí, volumen que al final del año será descontado o añadido, respectivamente en el año siguiente a que tuviere lugar un exceso o defecto, no teniendo valor después de ese período; en caso de presentarse un déficit en el volumen trasvasado, este será recuperado en los meses que históricamente son de estiaje, aprovechando la capacidad de regulación multianual del embalse Cazaderos, hecho que no permite el embalse Marcabelí por su limitada capacidad de regulación anual.

c) Se realiza la recuperación de los volúmenes deficitarios, respecto a los 5/7 del volumen anual aforado en Marcabelí del año anterior, en el periodo de estiaje; esto permite una recuperación más eficiente de dichos volúmenes, utilizando, como ya se ha indicado y no puede ser de otra manera, la capacidad de regulación multianual que tiene el embalse Cazaderos; en base a la serie hidrológica utilizada se observa que el periodo más adecuado estaría conformado por 6 meses, comprendidos entre julio y diciembre.

d) La restitución de las curvas de embalse de Cazaderos se realizó a partir de las modelaciones realizadas por el consorcio CIMELCO para la alternativa “Marcabelí – Cazaderos”; curvas que se presenta en los anexos 7, 8, 9 y 10.

**4.1.2.2. Resultados de operación.**

a) A continuación, se presenta una tabla resumen con los resultados de la modelación de embalse del anexo 11 en el que se puede identificar valores medios mensuales multianuales de volúmenes y caudales, con sus respectivos niveles de garantía.

Tabla 8. Resumen de resultado de modelación a nivel mensual multianual.

RESULTADOS					
VOLUMEN ACUMULADO 24 AÑOS		VOLUMEN MENSUAL PROMEDIO		CAUDAL MENSUAL PROMEDIO	
TRASVASABLE	TRASVASADO	TRASVASABLE	TRASVASADO	TRASVASABLE	TRASVASADO
m3	m3	m3	m3	m3/s	m3/s
33780462171.43	31040428922.45	117293271.43	107779267.09	44.63	41.01

NIVEL DE GARANTÍA
V. TRASVASADO/V. TRASVASABLE
<b>91.9%</b>

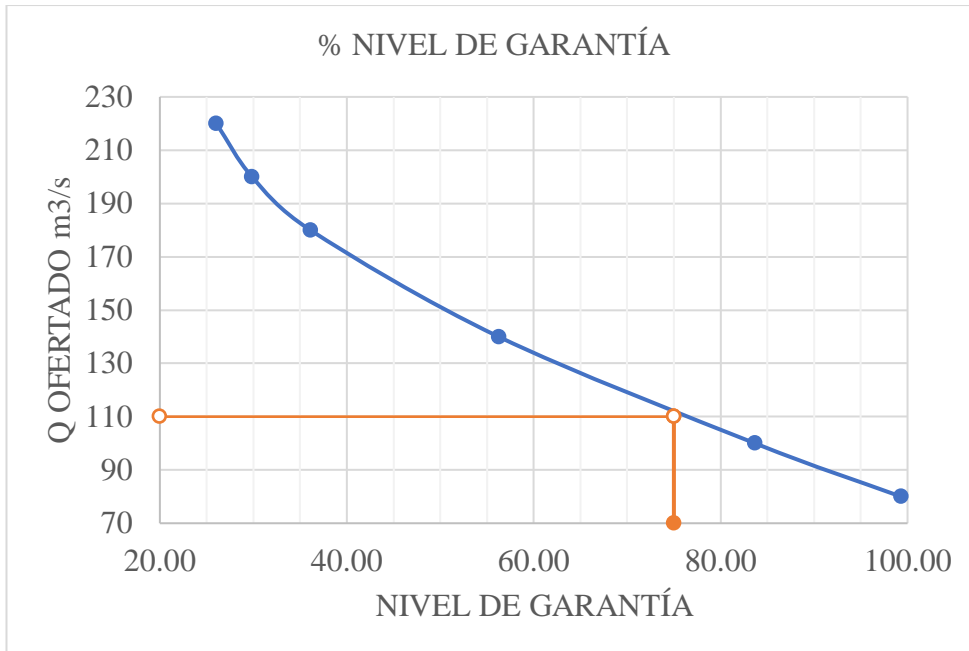
FUENTE: Autor

Ecuador con la alternativa “Cazaderos solo” puede llegar a recuperar el **91.9%** del volumen máximo trasvasable , en el marco del Acuerdo de Quito de 1985; además contraponiendo los volúmenes medios mensuales de demanda con los volúmenes medios mensuales realmente trasvasados, se observa que es posible satisfacer completamente el gráfico de demanda determinado en el estudio nacional ecuatoriano elaborado por el consorcio ELECTROWATT – PRC – GEOTECNIA - ADEC; sin embargo debido a la

variabilidad de caudales mensuales a lo largo de la serie modelada , y tomando en cuenta la necesidad de generar en el Ecuador un nivel de garantía de 75%, aceptable para riego, para el máximo nivel de desarrollo agrícola en Ecuador, será indispensable realizar la construcción de una obra de contra-regulación (regulación complementaria) en territorio ecuatoriano, debido a que al realizar una entrega directa de los caudales mensuales trasvasados desde Cazaderos, apenas se podría garantizar un **68%** del volumen requerido para llegar al máximo nivel de desarrollo agrícola en Ecuador, como se presenta en el anexo 11; además, sin esta regulación complementaria, gran parte de los volúmenes trasvasados en época invernal constituirían volúmenes excedentes y, por tanto, serían desperdiciados

b) El embalse Cazaderos con volumen útil de regulación de 2820.0 hm<sup>3</sup>, según se evidencian en los anexos 13, 14, 15, 16, 17 y 18, permite ofertar un Caudal de 110.0 m<sup>3</sup>/s con un nivel de garantía de 75 %, tal como se resumen en la siguiente figura:

Figura 2. Caudal ofertado vs nivel de garantía



FUENTE: Autor

c) El caudal medio mensual multianual que trasvasaría de manera efectiva Ecuador es de **41.01** m<sup>3</sup>/s, y conociendo que el embalse Cazaderos oferta **110** m<sup>3</sup>/s; el caudal medio mensual con el que Perú podrá contar es de **68.99** m<sup>3</sup>/s, descontando de este valor el caudal ecológico estimado de 5.86 m<sup>3</sup>/s (5% del caudal medio) resulta que el vecino país aprovechará desde Cazaderos 63.13 m<sup>3</sup>/s, de los cuales 57.13 m<sup>3</sup>/s corresponderían a nuevas áreas de riego ; por tanto de manera efectiva el caudal que Perú dispondría para satisfacer el gráfico de demanda, para el máximo nivel de desarrollo en su territorio sería de **57.13** m<sup>3</sup>/s, para un nivel de garantía del 75 %, aceptable con fines de irrigación y desarrollo agrícola.



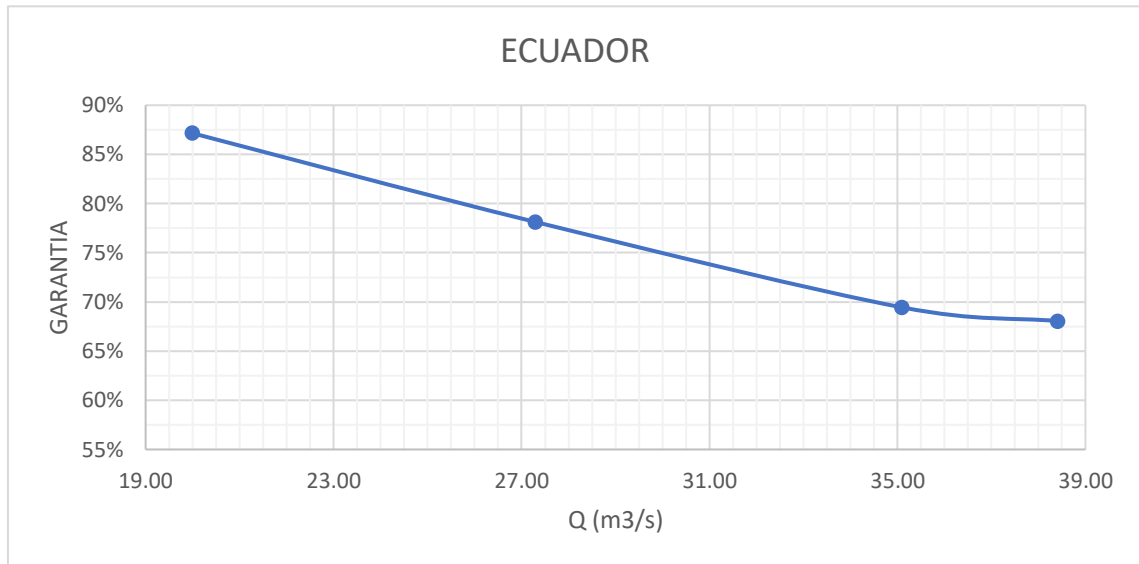
d) En Ecuador, los caudales trasvasados directamente, pueden satisfacer el grado de desarrollo 2 (IR2), y primera prioridad con un nivel de garantía de 78%, posibilitando un desarrollo sostenible de la producción agrícola de las zonas de primera prioridad; para los diferentes grados de desarrollo, al realizar una entrega sin contra-regulación, se generan los siguientes niveles de garantía, como se presenta en los anexos: anexo 11 para IR4, anexo 19 para IR1, anexo 20 para IR2, anexo 21 para IR3.

Tabla 9. Nivel de garantía para Ecuador (sin contra-regulación)

<b>GRADO DE DESARROLLO</b>	<b>Q medio demanda multianual</b>	<b>Nivel de garantía</b>
	<b>m<sup>3</sup>/s</b>	<b>%</b>
<b>IR4</b>	42.50	68%
<b>IR3</b>	35.10	69%
<b>IR2</b>	27.30	78%
<b>IR1</b>	20.00	87%

FUENTE: Autor

Figura 3. Nivel de garantía Ecuador (sin contra-regulación).



FUENTE: Autor

e) Según los ritmos de incorporación analizados de **2000.0 ha/año** y **4000.0 ha/año**, lo que implica para el Ecuador, plazos de incorporación para el total de las **72702.0 ha** identificadas de, **36 y 18 años** respectivamente, para lograr en su totalidad el cumplimiento del alcance del proyecto; sin embargo es conveniente recalcar que para un grado de desarrollo IR2, con nivel de garantía de 78% sin contra-regulación, que abarca **39020.0 ha**, con los ritmos de incorporación ya mencionados, da como resultado **20 y 10 años**, periodos en los cuales no se requerirá de una obra de contra-regulación para satisfacer la demanda de estas zonas.

Tabla 10. Incorporación de tierras en Ecuador

GRADO DE DESARROLLO	ÁREA	Q	RITMOS DE INCORPORACIÓN		TIEMPO DE INCORPORACIÓN	
	riego	riego	Ha/año		(años)	
	Ha	m3/s	OPCIÓN 1	OPCIÓN 2	OPCIÓN 1	OPCIÓN 2
<b>IR4</b>	72702.0	42.50	2000.0	4000.0	36	18
<b>IR2</b>	39020.0	27.30	2000.0	4000.0	20	10

FUENTE: Autor

#### 4.1.3. Conclusiones.

a) La alternativa “Cazaderos solo” para el proyecto binacional Puyango – Tumbes, en el marco del convenio Ecuatoriano Peruano suscrito el 27 de septiembre de 1971, se presenta más atractiva que la alternativa” Marcabelí – Cazaderos” adoptada en el Acuerdo de Quito y analizada por el consorcio CIMELCO hasta 1990, principalmente por la reducción significativa de la inversión al prescindir de un embalse en Marcabelí y sus obras anexas.

b) Por sus características hidráulicas el embalse Cazaderos, es de operación multianual, lo que permite a Ecuador aprovechar en un 91.9 % los volúmenes anuales máximos establecidos en el Acuerdo de Quito de 1985, sin afectar en manera alguna el nivel de garantía para el Perú, que a nivel multianual cuenta con un caudal de 63.0 m3/s, de los cuales 57.0 m3/s son para nuevas áreas de riego que satisface completamente el caudal de 55.0 m3/s de su gráfico de demanda, correspondiente al máximo nivel de desarrollo.

c) Los Caudales trasvasados directamente desde el embalse Cazaderos hacia Ecuador, sin contra-regulación, permiten satisfacer el segundo grado de desarrollo agrícola que abarca 39020.0 hectáreas, con un nivel de garantía de 78 %, mismo que para fines agrícolas, como ya se ha indicado, se considera suficiente para alcanzar una sostenibilidad de la producción, esto permite planificar la inversión en función del ritmo de incorporación de tierras que en la práctica se logre establecer.

d) Para lograr abarcar la totalidad de las 72702.0 ha, con un nivel de garantía aceptable de 75 %, es necesario contar con una obra de contra-regulación en territorio ecuatoriano; esta regulación complementaria puede ser parcialmente cubierta con el embalse Tahuín, actualmente existente en el río Arenillas; la contra-regulación que adicionalmente se requiere, luego de cubrir las 39020.0 hectáreas, que corresponden al segundo nivel de desarrollo en Ecuador (nivel IR2), y el área adicional que permita el embalse Tahuín, con el agua proveniente de Cazaderos, será posible al decidir la construcción de un segundo embalse de regulación complementaria (embalse Bejucal) para llegar al nivel máximo de desarrollo agrícola con riego en Ecuador (nivel IR4).

## **4.2. Propuesta a nivel de prefactibilidad de la presa de material del lugar en Cazaderos.**

### **4.2.1. Presentación de la propuesta.**

Para la formulación de la propuesta de una presa de material de lugar (enrocado) se consideran los parámetros del embalse definidos en el Acuerdo de Quito y utilizados por el consorcio CIMELCO para evaluar la alternativa Marcabellí-Cazaderos; dichos

parámetros incluyen principalmente el volumen total de embalse; el nivel muerto de embalse fue determinado por CIMELCO.

Añadiendo el borde libre, al nivel que corresponde al volumen total de embalse (3200.0 hectómetros cúbicos), se determina la cota de la corona de la presa y, por consiguiente, su altura. Los parámetros del embalse Cazaderos se detallan a continuación (Consortio CIMELCO Consultores, 1991, pág. 33):

Volumen total de embalse: 3200.0 Hm<sup>3</sup>

Volumen muerto de embalse: 380.0 Hm<sup>3</sup>

Volumen útil de embalse: 2820.0 Hm<sup>3</sup>

Nivel normal de embalse (NNE): 247.00 m.s.n.m.

Nivel muerto de embalse (NNE): 173.00 m.s.n.m.

Cota de cimentación: 115 m.s.n.m.

Borde libre (t): 10.0 m

Altura total de la presa (H): 142.0 m

Cota de cresta: 257.00 m.s.n.m.

Se plantea una altura de borde libre de 3 m de manera conservadora, considerando las condiciones climáticas de la zona Cazaderos, sin embargo, se asume un adicional de 0.5% de la altura de la presa, que proporcionará además una reserva para cubrir eventuales

asentamientos que podrían originarse ante la presencia de un sismo, dando como resultado un borde libre total constructivo de 10 metros. Este borde libre se ajustará en posteriores etapas del proyecto, partiendo de un análisis tensión-deformación, sustentado en un estudio sísmico detallado

El ancho de la cresta se asume de 10 m, suficiente para permitir utilizarlo como vía de comunicación entre las 2 márgenes, función que condiciona el ancho de la cresta o corona de una presa de material de lugar.

Tabla 11. Nivel de importancia de presas en función de su altura y el macizo de cimentación.

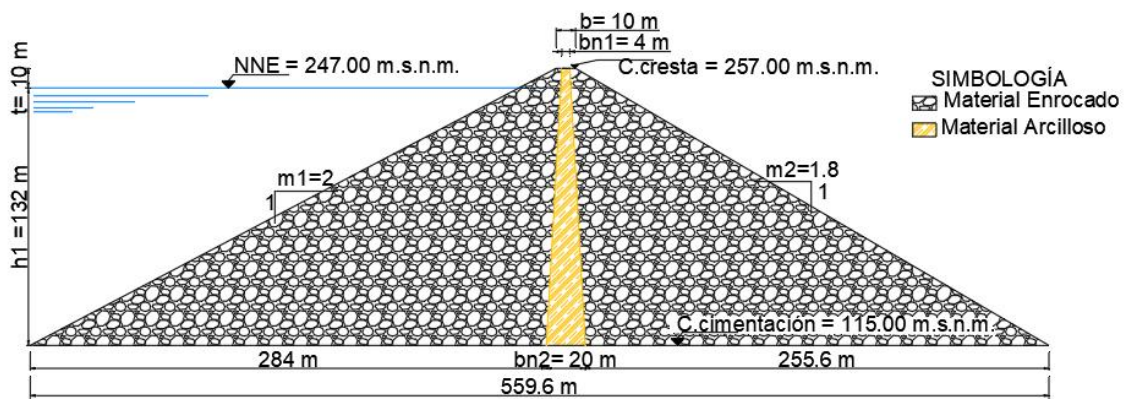
<b>NIVEL DE IMPORTANCIA DE PRESAS EN FUNCIÓN DE SU ALTURA Y DEL MACIZO DE CIMENTACIÓN</b>					
<b>ESTRUCTURA</b>	<b>TIPO DE MACIZO</b>	<b>ALTURA DE LA PRESA (m), PARA NIVEL DE IMPORTANCIA</b>			
		<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>	<b>IV</b>
Presa de material del lugar	A	>80	50-80	20-50	<20
	B	>65	35-65	15-35	<15
	C	>50	25-50	15-25	<15
<b>A: Rocas; B: Suelos arenosos, de granulometría gruesa, arcillosos duros y semiduros; C: Suelos arcillosos saturados en estado plástico</b>					

FUENTE: (Ministerio de desarrollo regional Federacion Rusa, 2012)

Considerando el gran impacto económico y social del proyecto, así como las características hidráulicas que lo enmarcan, se le asigna a la obra hidráulica, el nivel de importancia **I (primer nivel de importancia)**, siendo este el más alto, que incide directamente en la magnitud de los factores de seguridad, calidad de los materiales seleccionados para la presa.

La propuesta de la presa de enrocado se fundamenta principalmente en dos factores: las condiciones sísmicas del sitio de presa Cazaderos y la disponibilidad del material del lugar. Estos elementos, sitúan como mejor opción a la presa de enrocado, con un núcleo central impermeabilizante de material arcilloso, que se presenta en la siguiente figura:

Figura 4. Sección Transversal en el eje del río de la presa de material de lugar Cazaderos.



FUENTE: Autor

A continuación, se detallan los parámetros físicos de la presa propuesta:

Los coeficientes de talud aguas arriba ( $m_1$ ), y aguas abajo ( $m_2$ ), son 2 y 1.8 respectivamente, posteriormente sometidos al análisis de estabilidad para combinación normal y especial (sísmica) de fuerzas; el núcleo de material arcilloso tiene un ancho superior ( $bn_1$ ) de 4 metros, mientras que el ancho inferior ( $bn_2$ ) es de 20 metros, dimensiones que serán sometidas a un análisis de resistencia casual a la filtración.

Los materiales del lugar del que se conformará la presa, en base a la información disponible, se estima que poseen las siguientes características:

El enrocado con ángulo de fricción interna ( $\phi$  enrocado) de  $45^\circ$  que contenga partículas de entre 2 y 600 mm , coeficiente de filtración de 0.4 cm/s, y peso específico seco ( $\gamma$  enrocado) de 20 KN/m<sup>3</sup>, mientras que el núcleo de material arcilloso posee un ángulo de fricción interna ( $\phi$  m. arcilloso) de  $16^\circ$  una cohesión de 20 KPa, coeficiente de filtración de 0.00001 cm/s. (Novak, Moffat, & Nalluri, 2001, pág. 48)

Cabe anotar que estos indicadores geomecánicos deben ser verificados en campo, en posteriores etapas del proyecto.

#### **4.2.2. Elementos para el diseño de la presa de enrocado**

Juntamente con las presas de tierra, constituyen las presas de material de lugar más difundidas debido a que son las que mejor se adaptan a las condiciones físicas (topográficas, geotécnicas).

La condición imprescindible para la selección de una presa de material del lugar es la disponibilidad en el sitio de obra, de los volúmenes requeridos para el relleno de la presa, misma que se cumple en el presente proyecto.

Las presas de material de lugar tienen sección transversal trapezoidal, con coeficientes de talud aguas arriba y aguas abajo, suficientes para asegurar su estabilidad durante la construcción y operación, para combinaciones básicas y especiales de fuerza.

Estas presas pueden ser homogéneas o heterogéneas, en función de la disponibilidad de diferentes tipos de material.



Las presas homogéneas están constituidas por un solo material poco permeable ( limo arcilloso, arcilla); las presas heterogéneas están constituidas por más de un material del lugar, uno de los cuales forma un elemento impermeabilizante(núcleo o pantalla); en otros casos los materiales están distribuidos en el cuerpo de la presa, de tal manera que la permeabilidad aumenta en dirección del flujo de filtración; cabe tomar en cuenta que en el caso de las presas no homogéneas , la transición entre dos materiales de granulometría diferente de incluir un filtro invertido es decir un elemento de transición granulométrica.

Las condiciones de trabajo mecánica de una presa de material del lugar están relacionadas con tres procesos (Chugaev, 1988):

– **Filtración de la presa desde el embalse hacia aguas abajo.** - proceso en el que intervienen fuerzas hidrodinámicas del flujo de filtración que actúan sobre las partículas y volúmenes de relleno ubicados bajo la línea piezométrica que constituye la frontera superior del flujo de filtración.

– **Proceso de deformación del relleno de la presa y del suelo de cimentación, en el caso de que el macizo de cimentación sea no rocoso.** – como se conoce en la mecánica de suelos estas deformaciones están dadas por los asentamientos, originados en la disminución de la porosidad, debido a la acción de la fuerza de gravedad, esta deformación en el caso de los suelos arenosos es simultánea con la construcción del relleno de la presa, en tanto que en el caso de suelos arcillosos se desarrolla principalmente luego de la construcción, durante el periodo de operación.

– **Estabilidad de taludes.** – En este proceso intervienen, a más de las fuerzas y sollicitaciones que actúan sobre un talud convencional, (fuerza de gravedad en la combinación básica de fuerzas y la fuerza de gravedad más las fuerzas inerciales sísmicas en las combinaciones especiales de fuerzas), las fuerzas de acción hidrodinámica del flujo de filtración, originadas en diversos niveles de embalse, dependiendo del tipo de combinación de fuerzas (básica o especial). De otra parte, en las presas de enrocado con altura superior a los 40 metros, como es el caso de la presa Cazaderos, en la etapa de factibilidad debe considerarse en el análisis de estabilidad de taludes la influencia del estado tensión – deformación de la presa; las investigaciones desarrolladas sobre este tema evidencian que la consideración del estado tensión – deformación incrementa, con frecuencia substancialmente, el factor de seguridad al deslizamiento.

#### **4.2.2.1. Análisis de filtración de la presa de material del lugar.**

El análisis de filtración de la presa de material del lugar , para el caso planteado de presa no homogénea de enrocado con un núcleo central de material arcilloso, se desprecia la presencia del enrocado, debido a la alta permeabilidad del material; por consiguiente, el análisis de filtración se considera únicamente al núcleo, como elemento expuesto a las fuerzas de acción hidrodinámica del flujo de filtración desde el embalse; este elemento impermeabilizante se someterá al análisis de resistencia a la filtración, ubicación de los puntos de entrada y salida de la línea piezométrica y, adicionalmente, a la determinación del caudal de filtración.

#### **4.2.2.2. Análisis de resistencia a la filtración del relleno de la presa y de la base de cimentación.**

##### **4.2.2.2.1. En el relleno de la presa**

Existen dos tipos de resistencia a la filtración, la resistencia normal y casual; la resistencia normal a la filtración del suelo de relleno de la presa o de la base natural de cimentación (en caso que sea no rocosa) es aquella que puede ser asegurada durante el diseño y la construcción en sitios previamente identificados, por razones claramente conocidas, mientras que, la resistencia casual a la filtración es aquella que no puede ser asegurada previamente y que proviene de condiciones casuales no identificadas en términos cualitativos ni cuantitativos, en sitios indeterminados; esta resistencia solo es posible asegurar con ayuda de factores de seguridad y, por consiguiente, con el sobredimensionamiento de los elementos constructivos.

Precisamente, a través de la verificación de la resistencia a la filtración se trata, en gran medida, de asegurar la resistencia casual a la filtración.

El análisis consiste en determinar una gradiente media del flujo de filtración, denominada gradiente de control, tanto en el relleno de presa como en el suelo de cimentación ( $J_{CON}$ ), y compararla con una gradiente permisible ( $J_{PER}$ ), se considera que el relleno de la presa resiste a la filtración si se cumple la condición:

$$J_{CON} \leq J_{PER}$$

Las gradientes permisibles vienen dadas por especificaciones, como resultado del procesamiento estadístico de información de presas que han operado y operan en el mundo, y viene dada por:

$$J_{PER} = J_{CR}/K_{CR}$$

$J_{CR}$ : gradiente crítica que depende del tipo de suelo del relleno de presa o de la cimentación.

$K_{CR}$ : coeficiente de seguridad de gradiente que depende del nivel de importancia de la obra.

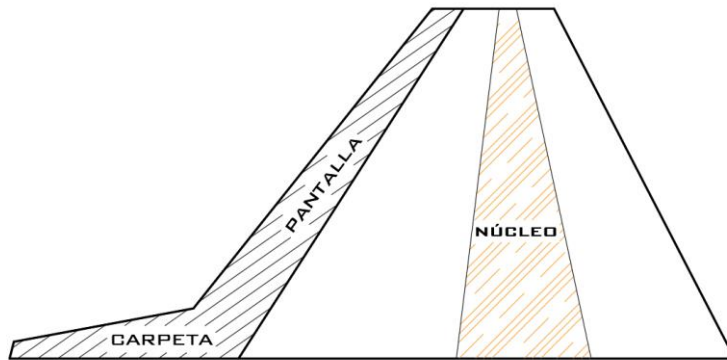
Tabla 12. Coeficiente de seguridad para gradiente crítica

<b>NIVEL DE IMPORTANCIA</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>	<b>IV</b>
<b><math>K_{CR}</math></b>	1.30	1.25	1.2	1.15 – 1.10

Elaborado por: Autor

A continuación, se presentan valores referenciales de JCR para suelos de relleno en la presa, según su ubicación dentro de la misma:

Figura 5. Materiales en presa, según su ubicación.



FUENTE: Autor

Tabla 13. Gradiente crítica en el cuerpo de la presa.

<b>CUERPO DE PRESA</b>	
<b>SUELO</b>	<b>JCR</b>
ARCILLA	2 - 8
LIMO ARCILLOSO	1.5 - 4
LIMO ARENOSO	1 - 2
ARENA MEDIA	1
ARENA FINA	0.75

Elaborado por: Autor

Tabla 14. Gradiente crítica en el núcleo y pantalla de la presa.

<b>NÚCLEO Y PANTALLA</b>	
<b>SUELO</b>	<b>JCR</b>
ARCILLA	12
LIMO ARCILLOSO	8
LIMO ARENOSO	2

Elaborado por: Autor

Tabla 15. Gradiente de crítica en la carpeta de la presa.

<b>CARPETA</b>	
<b>SUELO</b>	<b>JCR</b>
ARCILLA	15
LIMO ARCILLOSO	10
LIMO ARENOSO	3

Elaborado por: Autor

El análisis de resistencia a la filtración para la presa de enrocado con núcleo de material impermeable que se plantea, se lo realiza únicamente en el núcleo de la presa, ya que resulta evidente que el enrocado es un material sumamente permeable, con coeficiente de filtración de alrededor de 0.4 cm/s, que origina un descenso despreciable en la línea piezométrica del flujo de filtración y, por consiguiente, gradientes de control considerablemente pequeñas.

Para el nivel de importancia I (primer nivel), a la que pertenece la presa objeto del presente análisis (debido a la magnitud del proyecto, a su capacidad de regulación e irrigación, así como a la altura de la obra de regulación; las gradientes permisibles (JPER) para el núcleo según el tipo de material, son las siguientes:

Tabla 16. Gradiente crítica y permisible para el núcleo. Nivel de importancia I

<b>VALORES REFERENCIALES DE <math>J_{CR}</math> y <math>J_{PER}</math> PARA NÚCLEO Y PANTALLA</b>		
<b>TIPO DE SUELO</b>	<b><math>J_{CR}</math></b>	<b><math>J_{PER}</math></b>
Arcilla	12	9
Limo arcilloso	8	6
Limo arenoso	2	1.5

Elaborado por: Autor

#### **4.2.2.2.2. En la base de cimentación**

La base natural cimentación la presa Cazaderos tiene la principal característica de ser un macizo rocoso de alta permeabilidad, tal como se menciona en la información disponible, propiedad del macizo que, para la construcción de una presa, debe ser mejorada a través de un tratamiento de impermeabilización.

El tratamiento de impermeabilización consiste principalmente en construir cortinas de impermeabilización en el macizo de cimentación; esta cortina generalmente es paralela al eje de la presa y llega hasta profundidades donde la permeabilidad es aceptable. Se trata de un tratamiento profundo pudiendo en algunos casos la profundidad de la cortina llegar hasta dos veces o más la altura de la presa.

A través de las perforaciones, distribuidas longitudinalmente a lo largo de un eje paralelo al eje de la presa, se inyectan a presión elementos impermeabilizantes, siendo las más difundidas las soluciones de cemento.

El espesor de la cortina de impermeabilización debe ser suficiente para que la gradiente del flujo de filtración a través de la cortina no supere valores permisibles, esto significa que en algunos casos se puede requerir de dos o más filas de perforaciones. En todo caso, la gradiente permisible debe ser obtenida a partir de la gradiente crítica que, a su vez, dependerá de los indicadores geomecánicos que sean determinados en las investigaciones geotécnicas ejecutadas como parte del programa previo al inicio de la etapa de factibilidad.

La profundidad de la cortina de impermeabilización debe llegar, para el caso de presas altas hasta cotas en las que la permeabilidad no supere (0.01 - 0.03 l/m.min).

Los métodos de perforación e inyección, así como las presiones y características de la solución a inyectarse se determinarán preliminarmente en la etapa de factibilidad, a partir de las investigaciones geotécnicas ya referidas y definitivamente durante el proceso constructivo, a partir de los resultados de las inyecciones de prueba. En todo caso, los métodos convencionales para la construcción de la cortina de impermeabilización serán aplicables en caso de que el espesor de las fisuras de la roca de cimentación se encuentre entre 0,1 -10 mm y la permeabilidad sea superior a 0,01 l/min.m (1 lugeon) y menor a 10 l/min.m (1000 lugeones); caso contrario deberán diseñarse procedimientos específicos para las condiciones dadas

La inyección debe realizarse con presión suficiente para que se produzca la deformación elástica (ensanchamiento) de las fisuras y poros a fin de que ingresa la solución de cemento; una vez eliminada la presión de la inyección la deformación elástica desaparece



contrayéndose las fisuras y poros, para de esta manera, permitir la adhesión estable de la solución de cemento luego del fraguado, sin embargo esta presión de inyección no debe llegar a valores que originen el fracturamiento hidráulico del macizo de cimentación.

Para el efecto con frecuencia se requiere inyectar las capas superficiales del macizo con ayuda de la precarga constituida por el mismo macizo de cimentación y por una losa de hormigón del espesor requerido o por la misma estructura parcialmente construida.

La cementación del macizo rocoso de cimentación desde su superficie, sin precarga, es aceptable ejecutar con presiones de 0,2-0,5 MPa, bajo dos condiciones: i) sellado de las fisuras superficiales con hormigón o solución de cemento; ii) resultados positivos de la cementación de prueba.

#### **4.2.2.2.3. Construcción de la línea piezométrica del flujo de filtración y determinación del caudal de filtración.**

El flujo de filtración a través de la presa está limitado desde arriba, por la línea piezométrica y desde abajo por la base de la presa, es decir que la línea piezométrica es la primera línea de flujo y se caracteriza porque en todos sus puntos la presión es igual a la atmosférica; la base de la presa es la última línea de flujo, entre estas dos líneas límite se desarrollan una infinidad de líneas de flujo.

Existen 3 caminos para analizar el flujo de filtración a través de una presa de material del lugar; el primero es a través de la red de flujo, resolviendo la ecuación diferencial de Laplace, el segundo es un método analítico a través de la teoría matemática de la filtración,



Donde:

$q_p$  : caudal de filtración de la presa de material del lugar.

$q_I$  : caudal de filtración del sector I.

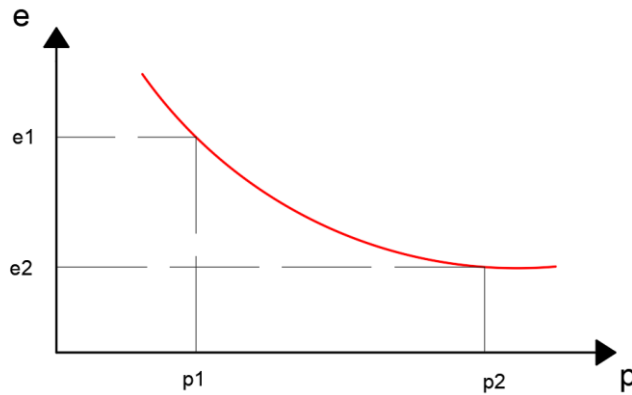
$q_{II}$  : caudal de filtración del sector II.

#### **4.2.2.3. Análisis de deformación de una presa de material del lugar.**

Este análisis consiste en la determinación del asentamiento final del material de relleno de la presa y de la base de cimentación en el caso que este cimentada sobre suelo en consecuencia, el asentamiento total en cualquier vertical del perfil transversal de la presa está dado por la suma de los asentamientos de la presa y del suelo de cimentación.

Sin embargo, con los procesos constructivos modernos es posible compactar las diferentes capas del relleno de la presa hasta lograr una porosidad o densidad que excluya el asentamiento en cada una de las capas del relleno; para el efecto se utiliza el gráfico  $e=f(p)$ , obtenido del laboratorio con el material de relleno.

Figura 7. Curva de compactación



Fuente: Autor

Donde:

e: relación de vacíos.

p: presión aplicada a la muestra a la que le corresponde una relación de vacíos, respectivamente.

En el caso de la presa Cazaderos los asentamientos en el macizo de cimentación rocoso están excluidos.

Los asentamientos en el cuerpo de la presa, tanto en el enrocado como en el núcleo pueden ser teóricamente excluidos a través del proceso constructivo en el que se considere las condiciones las características de compactación investigadas en laboratorio. Sin embargo, en la práctica, como margen de seguridad se asumen sobreelevaciones de 0.5% - 1.5% de la altura de la presa en cada una de las verticales de las diferentes secciones transversales. Esto significa que en el eje de la sección transversal de mayor altura de la presa Cazaderos

una sobrelevación de 6 metros, tanto en el enrocado como en el núcleo, sería razonable; esto significaría tener en la cresta de la presa un borde libre constructivo total de 10 metros.

#### **4.2.2.4. Análisis de estabilidad de los taludes de una presa de material del lugar.**

La desestabilización de taludes es la principal causa del colapso de las presas de material del lugar y, por esta razón el análisis de estabilidad al deslizamiento de los taludes permite ratificar o rectificar las decisiones tomadas durante el diseño, particularmente los coeficientes de talud de la presa y/o la inclusión de sistemas de drenaje.

El deslizamiento de los taludes de la presa se produce, en caso de combinación básica de fuerzas, bajo acción de fuerza de gravedad y de las fuerzas de acción hidrodinámica del flujo de filtración.

Respecto a la superficie de deslizamiento no existe ningún sustento teórico para pronosticar su forma; sin embargo, en la práctica se asume con mayor frecuencia la superficie circular de deslizamiento, pero también superficies poligonales; parecería ser que la superficie circular corresponde con mayor frecuencia a la realidad.

Existen varios modelos para el análisis de estabilidad de taludes para una presa de material del lugar; sin embargo, dos son los que tienen mayor aplicación práctica:

– *Modelo del estado límite local o de la masa deslizante endurecida*, de acuerdo con este modelo en el momento previo al deslizamiento surge el estado límite de Coulomb en

todos los puntos de la superficie de deslizamiento; como consecuencia se produce el deslizamiento de la masa de suelo que, en este caso no pierde su forma comportándose como una masa sólida compacta.

– *Modelo del estado límite total o de la masa de deslizamiento fluida (Renkin – Sokolovsky – Goluschkevich)*, de acuerdo con este modelo en el instante previo al deslizamiento, el estado límite surge en todos los puntos de la masa deslizante, es decir que por cualquier punto pasan infinitas superficies de deslizamiento lo que da lugar a que la masa de suelo se comporte como un fluido; este modelo físico requiere de la construcción de modelos matemáticos complicados.

En la práctica mayor aceptación ha merecido es el modelo de estado límite local, gracias a su simplicidad y objetividad.

En este contexto el análisis de estabilidad al deslizamiento del talud de una presa de material del lugar con el modelo del estado límite local, asumiendo superficies circulares de deslizamientos, consiste en analizar el deslizamiento para una infinitas superficies de la forma adoptada (circular), y seleccionar de entre ellas la superficie a la que corresponda el menor valor del factor de seguridad al deslizamiento (FSD), mismo que se compara con el factor permisible de seguridad al deslizamiento ( $FSD_{PER}$ ), el talud se considera estable si cumple con la condición  $FSD \geq FSD_{PER}$ .

El método más difundido para obtener el factor de seguridad al deslizamiento para una superficie circular de deslizamiento cualquiera consiste en dividir la masa deslizante en franjas verticales y para cada una de ellas determinar la fuerza de gravedad, las fuerzas de

acción hidrodinámica con sus respectivos momentos respecto al centro de deslizamiento, es recomendable que el ancho de las franjas sea constante y preferiblemente igual al 10% del radio de deslizamiento, El FSD se obtiene dividiendo la suma de los momentos resistentes para la suma de los momentos deslizantes.

Una deficiencia de este método es que no considera las fuerzas de interacción entre las franjas; sin embargo, la práctica de diseño demuestra que esta omisión no introduce rangos de error inaceptables. En todo caso es oportuno anotar que aún no se ha estructurado un método de análisis de estabilidad al deslizamiento que considere todas las condiciones de equilibrio de la Mecánica y las particularidades del proceso de deslizamiento.

Las siguientes condiciones se aplican para el análisis al deslizamiento del talud aguas abajo:

- Para combinación básica de fuerzas: nivel aguas arriba igual al nivel normal de embalse (NNE), nivel aguas abajo de la presa, correspondiente a una profundidad de alta probabilidad de ocurrencia, pero no mayor al 20% de la profundidad aguas arriba; el sistema de drenaje funciona correctamente.
- Para combinación especial de fuerzas fueron aplicados dos métodos para incorporar el efecto sísmico sobre la presa; El primer método consiste en aumentar la inclinación del talud respecto a la horizontal, en un ángulo igual a aquel cuya tangente está dada por la relación de la aceleración sísmica ( $a_s$ ) a la aceleración de la gravedad ( $g$ ); esta relación no es otra cosa que el coeficiente sísmico, cuya magnitud depende del sismo

de diseño y del nivel de importancia de la presa; mientras que, el segundo método consiste en determinar el momento deslizando producido por la aplicación de la fuerza de acción sísmica sobre el centro de gravedad de cada franja, y a su vez descontar a este el momento producido por las fuerzas de fricción producido por el material, en el mismo punto de aplicación. Cabe recalcar que la combinación especial de fuerzas está constituida por las fuerzas de la combinación básica a la que se adicionan las fuerzas inerciales sísmicas.

Los valores del factor de seguridad al deslizamiento permisible, se encuentra en función del caso de combinación de fuerzas y, del nivel de importancia de la obra hidráulica, como se presenta a continuación:

Tabla 17. Factor de seguridad al deslizamiento según nivel de importancia

COMBINACIÓN DE FUERZAS	NIVEL DE IMPORTANCIA			
	I	II	III	IV
Básica	1.30	1.2	1.15	1.1
Especial	1.1	1.1	1.05	1.05

Elaborado por: Autor

#### 4.2.3. Resultados del diseño de la presa de enrocado a nivel de prefactibilidad.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos de los diferentes análisis a los que se sometió la propuesta de presa de enrocado con núcleo central arcilloso para la presa Cazaderos, los respectivos cálculos se presentan en el anexo 22.



#### **4.2.3.1. Perfil transversal analizado**

El modelo de análisis adoptado es bidimensional, en correspondencia con el nivel de estudio y las condiciones topográficas del sitio de presa. En este marco, en rigor deben ser analizadas todas las secciones transversales que obedecen a diferentes condiciones topográficas y geológico – geotécnicas. En este proyecto la sección transversal sometida a los análisis requeridos ha sido aquella que coincide con el eje del cauce, es decir la de mayor altura.

#### **4.2.3.2. Resultado del análisis de filtración de la presa de enrocado con núcleo central de material arcilloso.**

El análisis de filtración de la presa de enrocado se realizó prescindiendo de la presencia del enrocado, es decir se analizó como una presa únicamente constituida por el material arcilloso del núcleo, conservado sus dimensiones originales.

#### **4.2.3.2.1. Resultado de la verificación de la resistencia a la filtración del relleno de la presa y de la base de cimentación.**

##### ***4.2.3.2.1.1. En el relleno de la presa***

El material arcilloso, del que se conformará el núcleo es un material poco permeable que se considera resistente a la filtración con una gradiente de control menor a la gradiente permisible del núcleo, para la presente propuesta y, considerando el nivel (I) de importancia de la obra, no debe ser mayor a 6.00. (Novak, Moffat, & Nalluri, 2001, pág. 308)

En este contexto, la gradiente de control que se determinó para el núcleo de la presa de material arcilloso, con las características planteadas en la propuesta es de 1.83 por lo tanto, se cumple la condición en la que la gradiente de control es menor a la gradiente permisible ( $J_{con} < J_{per}$ ) y, por consiguiente, el núcleo planteado es resistente a la filtración.

#### ***4.2.3.2.1.2. En la base de cimentación***

Se conoce que la base de cimentación de la presa Cazaderos es un macizo rocoso permeable, características que se debe mejorar mediante la construcción de una cortina de impermeabilización, cuya profundidad se prevé alcanzará alrededor del 80 % de la altura de la presa es decir ( $0.8 \cdot 135 \text{ m}$ ) 108.00 metros de profundidad, con la que se alcanzaría permeabilidades de entre (0.01 - 0.03 l/min/m), rango para presas de gran altura como es la presa Cazaderos.

La elección del tipo de perforación e inyección de la solución de cemento, así como de las características de dicha solución y las presiones de inyección, que se adopten para la construcción de la cortina de impermeabilización, dependerá, como se ha indicado, del grado de certeza con el que se determine los indicadores geomecánicas en el macizo rocoso en etapas posteriores del proyecto

#### **4.2.3.2.2. Construcción de la línea piezométrica del flujo de filtración y determinación del caudal de filtración.**

La construcción de la línea piezométrica y posterior cálculo del caudal de filtración se realiza en base a las particularidades aplicadas en la determinación de la gradiente de control de la presa, es decir el análisis se refiere al núcleo de la presa.

El caudal de filtración a través del núcleo se determina a través del método semi -analítico que divide a la presa en dos sectores; el coeficiente de filtración del material arcilloso del que se conformará el núcleo es de 0.00001 cm/s.

En este contexto se determinó que, el caudal de filtración a través de la presa de 0.813 l/min/m; mientras que el caudal en la base de cimentación debe determinarse una vez construida la cortina de impermeabilización.

#### **4.2.3.3. Resultado del análisis de deformación de la presa de enrocado con núcleo central de material arcilloso.**

En el proyecto se evidencia, que, de existir un asentamiento se producirán en el núcleo central de la presa Cazaderos, por el material arcilloso del que estará compuesto; considerando que la base de cimentación es un macizo rocoso, en el que no se generan deformaciones.

Bajo la premisa de que, a través del proceso constructivo, se excluirán los asentamientos teóricos en el núcleo, se adoptó una sobreelevación del 0.5 % en el perfil constructivo,

adicionales a los 3 metros del borde libre, como medida de seguridad; con el que en la sección transversal de análisis se alcanza una cota de coronamiento de 257.00 m.s.n.m.

En caso de que no se prevean grados de compactación del relleno del núcleo que excluyan asentamientos, la magnitud de estos cabría determinar, en el presente nivel de estudio, a través de la suma de los asentamientos parciales de todas las capas del núcleo:

$$\Delta h = \sum_1^n h_i \frac{e_1 - e_2}{1 + e_1},$$

Donde:  $\Delta h$ - asentamiento total del núcleo;  $h_i$ - espesor de cada capa del relleno;  $e_1$  y  $e_2$ , relaciones de poros inicial y final de la capa considerada del relleno.

#### **4.2.3.4. Resultado del análisis de estabilidad de los taludes de la presa de enrocado con núcleo central de material arcilloso.**

El análisis de estabilidad al deslizamiento de la presa de enrocado se realizó al talud aguas abajo, bajo dos condiciones, para combinación básica de fuerzas y combinación especial a la que se añade los efectos los efectos de las fuerzas inerciales inducidas en ella por el sismo de diseño.

El talud aguas abajo se encuentra conformado en casi su totalidad por enrocado y, con la premisa de que el material arcilloso del núcleo anula los efectos de la filtración en el enrocado aguas abajo, en consecuencia, la masa deslizante del talud no está sometida a la acción de las fuerzas hidrodinámicas del flujo de filtración, por lo que el análisis para este talud, en cualquier caso, será de material seco.

El factor de seguridad al deslizamiento permisible para la presa Cazaderos de primer nivel de importancia, para combinación básica de fuerzas es  $FSD_{PER} = 1.30$ , mientras que para combinación especial de fuerzas es  $FSD_{PER} = 1.10$ .

El modelo del estado límite local o de la masa deslizante endurecida, es el que se utilizó para el análisis de estabilidad al deslizamiento del talud aguas abajo, considerando una superficie de deslizamiento que incorpore al talud aguas abajo en toda su dimensión y, que a su vez que excluya el macizo rocoso de cimentación.

En este contexto para combinación básica de fuerzas, se determinó un factor de seguridad al deslizamiento ( $FSD = 1.832$ ), de la presa de enrocada propuesta, misma que es mayor al factor de seguridad al deslizamiento permisible para esta combinación de  $FSD_{PER} = 1.30$ , con lo que se cumple la condición  $FSD \geq FSD_{PER}$ , que asegura la estabilidad al deslizamiento del talud, para esta condición.

Para combinación especial de fuerzas, en la que se incluye el efecto sísmico que existe sobre la presa, se aplicaron dos metodologías para análisis descritas anteriormente.

En la que se aumenta la inclinación del talud propuesto en  $21.8^\circ$ , como resultado de la tangente inversa del coeficiente sísmico de la zona 0.4, en consecuencia, la nueva inclinación del talud es de  $51.80^\circ$ , metodología con la que se obtuvo un factor de seguridad al deslizamiento de  $FSD = 1.155$ .

En la segunda, manifiesta que, la inclusión del efecto sísmico se realiza a través de la inclusión de la fuerza sísmica ( $F_{GS} = 1.5 * K_s * G$ ), a cada una de las franjas de análisis,

donde: 1.5 es el factor de mayoración,  $K_s$  es el coeficiente sísmico de la zona,  $G$  es el peso de la franja analizada; dicha fuerza sísmica es aplicada en el centro de gravedad de cada una de las franjas, que genera un respectivo momento deslizando, momento deslizando al que se le descuenta un momento resistente producido por la interacción de las partículas de enrocado en el punto de aplicación de la fuerza sísmica; con la que se obtuvo un factor de seguridad al deslizamiento de  $FSD=1.350$ .

Los resultados de factor de seguridad al deslizamiento para combinación especial de fuerzas tanto por el primer método como por el segundo son superiores al factor de seguridad al deslizamiento permisible para esta combinación de  $FSD_{PER}= 1.10$  y, por consiguiente, el talud planteado es estable al deslizamiento.

Los resultados de análisis de estabilidad al deslizamiento se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 18. Resultados del análisis de estabilidad al deslizamiento de la presa.

COMBINACIÓN DE FUERZAS	FACTOR DE SEGURIDAD AL DESLIZAMIENTO		OBSERVACIÓN
	CALCULADO	PERMISIBLE	
<b>BÁSICA</b>	1.832	1.30	SI CUMPLE
<b>ESPECIAL (1)</b>	1.155	1.10	SI CUMPLE
<b>ESPECIAL (2)</b>	1.350	1.10	SI CUMPLE

Elaborado por: Autor

#### **4.2.3.5. Resultado de la implantación y volúmenes requeridos para la construcción de la presa Cazaderos.**

La implantación de la presa de enrocado con núcleo central de material arcilloso en Cazaderos se ejecutó en la zona comprendida entre las longitudes, 566700.00 E a 566400.00 E, y latitudes de, 9561600.00 N a 9561900.00 N, como se presentan en el anexo 23; de conformidad con las evaluaciones realizadas tanto por el consorcio Puyango – Tumbes como por el Consorcio CIMELCO.

Como resultado del análisis, se determinó que los volúmenes requeridos para la construcción de la presa Cazaderos de enrocado con núcleo central de material arcillosos son: 3986344.96 m<sup>3</sup> de Enrocado para conformar los espaldones de la presa y, 185345.10 m<sup>3</sup> de material arcilloso para conformar el núcleo central.

Para la conformación de los filtros invertidos de 0.60 metros de espesor, que se colocan en la transición de los materiales de granulometría diferente, es decir entre el núcleo y el enrocado se requiere 25022.4 m<sup>3</sup> de material de filtro; El área que se debe preparar para la implantación es de 88254.4 metros cuadrados.

El resumen de los volúmenes requeridos para conformar la presa de material de lugar propuesta se resume a continuación.

Tabla 19. Resumen de volúmenes requeridos para conformar la presa de material de lugar propuesta.

DESCRIPCIÓN	VOLUMEN PARA RELLENO REQUERIDO
	m <sup>3</sup>
<b>ENROCADO PARA ESPALDONES (Ø=2-600mm)</b>	3986344.96
<b>MATERIAL ARCILLOSO PARA NÚCLEO</b>	185345.10
<b>MATERIAL PARA FILTROS INVERTIDOS e=60cm</b>	25022.40

Elaborado por: Autor

#### 4.2.4. Conclusiones.

- La propuesta de presa de enrocado con núcleo central de material arcilloso, se consolida como técnicamente viable después de someterla a los diferentes análisis, y cumplir con las condiciones requeridas por cada uno de ellos.
- La presa planteada tiene resistencia aceptable a la filtración puesto que cumple con la condición, en la que la gradiente de control debe ser menor o igual a la gradiente permisible ( $J_{con} = 1.83 < J_{per} = 6.00$ ), gradiente permisible para la presa Cazaderos de primer nivel de importancia, como se detalló anteriormente.
- Al estar cimentada sobre un macizo rocoso no se prevén asentamientos durante los procesos constructivo y de operación de la presa, sin embargo, al estar conformada con un núcleo central de material arcilloso sujeto a deformaciones se plantea una sobrelevación del 0.5 % del mismo, con la finalidad de generar un margen de seguridad ante futuros asentamientos en el núcleo, así como en el enrocado ante la presencia de un evento sísmico, que produzca un reacomodo en sus partículas.



- Como resultado del análisis de estabilidad al deslizamiento del talud agua abajo planteado, para los escenarios de combinación básica, así como para combinación especial, arroja que el coeficiente de talud de  $m= 1.8$ , sí cumple con la condición, en la que el factor de seguridad al deslizamiento debe ser mayor o igual al factor de seguridad al deslizamiento permisible ( $FSD \geq FSD_{PER}$ ) y, por consiguiente, es estable al deslizamiento.
- Los indicadores geomecánicos, de permeabilidad, de resistencia a la filtración y sísmicos utilizados para los análisis de la presa Cazaderos son preliminares y pueden ser ratificados o rectificadas como consecuencia de las investigaciones de campo y laboratorio que se ejecuten previo al estudio de factibilidad, tanto del macizo natural de cimentación como de los materiales del relleno de la presa y su núcleo.

#### **4.2.5. Recomendaciones.**

Es indispensable, para consolidar la viabilidad de la propuesta de la presa de enrocado con núcleo central de material arcilloso, verificar los materiales del lugar requeridos para la construcción de la presa Cazaderos, en términos cuantitativos y cualitativos. De otra parte, también es imprescindible, antes del inicio de la etapa de factibilidad, profundizar las investigaciones geológico- geotécnicas del macizo de implantación de la presa Cazaderos, con el grado de detalle que permita el diseño confiable, de tal manera que el presupuesto definido no difiera significativamente de la inversión final.

#### **4.3. Propuesta a nivel de prefactibilidad del trasvase Cazaderos – Tahuín.**

La obra de trasvase constituye un componente primordial, para la viabilidad económica de la alternativa “Cazaderos solo” del presente proyecto, puesto que transporta los caudales que le corresponden a Ecuador y reemplaza al túnel de trasvase Marcabelí -El Bunque de la alternativa Marcabelí – Cazaderos. De otra parte, la importancia del trasvase Cazaderos -Tahuín se incrementa debido a la considerable distancia que existe entre la zona de presa Cazaderos en Perú y el embalse Tahuín ya existente en Ecuador.

En principio el trasvase se puede realizar mediante un canal abierto o mediante túneles, que trabajen a presión, con superficie libre o flujo mixto. La alternativa finalmente se adoptará en el estudio de factibilidad a la luz de la información topográfica y geológico-geotécnica con el grado de detalle necesario. En efecto, la información cartográfica disponible limita el análisis a la alternativa de trasvase mediante túnel, debido a que la información topográfica de la zona del trasvase mediante canal abierto está localizada en territorio peruano; en este contexto las alternativas objeto de este análisis son: un trasvase mediante túnel con flujo a superficie libre y revestimiento de hormigón además de, un trasvase mediante túnel con flujo a presión y revestimiento de hormigón.

Para las alternativas analizadas en este proyecto, el trazado del túnel se encuentra íntegramente en territorio ecuatoriano; para su análisis se consideran los parámetros y criterios de diseño definidos en el Acuerdo de Quito y utilizados por el consorcio CIMELCO para evaluar la alternativa Marcabelí-Cazaderos.

En el Acuerdo de Quito de octubre de 1985, se define que a Ecuador le corresponde trasvasar la mayor cantidad de meses posible un caudal 52 m<sup>3</sup>/s, valor que consta como caudal mensual máximo para la obra de trasvase. En consecuencia, éste es el caudal de diseño del túnel de trasvase Cazaderos – Tahuín.

El trasvase de caudales se realiza desde el nivel mínimo de operación de la presa Cazaderos, cuya cota es 173.00 metros sobre el nivel del mar, hasta la cota del nivel máximo del embalse de Tahuín de 120.00 metros sobre el nivel del mar o superior.

#### **4.3.1. Elementos generales de diseño para túneles de trasvase con revestimiento de hormigón.**

Los túneles se implantan en el macizo natural en una de las laderas, siendo preferible que esta sea rocosa, como es el caso del sitio de presa Cazaderos.

La viabilidad del túnel de trasvase, en gran medida estará condicionada por las condiciones geológico – geotécnicas, que serán definidas a partir de las investigaciones previas a la etapa de factibilidad, con grados de incertidumbre mínimos a fin de llegar a un diseño confiable. Por esta razón las estimaciones de diseño que a continuación se presentan deben ser tomadas como preliminares y sujetas a modificaciones en la siguiente etapa de estudio.

En el marco del dimensionamiento hidráulico cabe determinar la sección transversal del túnel, que dependen tanto de las condiciones de operación como de las geotécnicas de los macizos que atravesará el túnel que, como se ha indicado, en el presente proyecto no están

disponibles en detalle; por consiguiente, se adopta una sección transversal circular, que generalmente es la que mejor adaptabilidad presenta ante diferentes condiciones geotécnicas de los macizos de implantación.

El espesor del revestimiento del túnel se determina a partir del análisis de trabajo mecánico, en el que interviene la presión de roca, el peso propio, la presión hidrodinámica desde el interior del túnel, la presión del flujo de filtración desde el exterior del túnel y solicitaciones para combinaciones especiales de fuerzas.

Para el dimensionamiento preliminar se puede adoptar el criterio de (2 a 3) cm de espesor de revestimiento por cada 30.0 cm de diámetro, que coincide con el criterio utilizado por el consorcio para definir el espesor de revestimiento, en el que manifiesta que este es igual al diámetro del túnel dividido para 12 (Consortio CIMELCO Consultores , 1991).

#### **4.3.2. Alternativa de trasvase mediante túnel con flujo a superficie libre y revestimiento de hormigón.**

##### **4.3.2.1. Elementos para el diseño de trasvase mediante túnel con flujo a superficie libre y revestimiento de hormigón.**

El análisis del flujo uniforme con superficie libre en el túnel se los realiza a partir de la ecuación de CHEZY; en estos casos el máximo caudal no corresponde a la sección llena; esto se debe a que, desde determinada profundidad sus incrementos dan lugar a que el perímetro mojado aumente en mayor relación que la sección de flujo lo que a más de influir en el crecimiento más lento del caudal, incrementa la pérdida de carga por fricción

disminuyendo la velocidad media de flujo; por esta característica en túneles con sección circular la relación de llenado no debe ser mayor al 80%. Por otra parte es importante asegurar el flujo libre del aire sobre la superficie libre del agua.

En general, es necesario verificar los parámetros del flujo para las condiciones de rugosidad máxima y mínima; con rugosidad mínima se verifica que la velocidad media del flujo no sea mayor a la velocidad no erosionable, es decir a la velocidad máxima permisible, mientras que, con la rugosidad máxima se verifica que la sección transversal adoptada sea suficiente; los valores de rugosidad de Manning para revestimiento de hormigón que se empleará para el análisis son : rugosidad normal y de diseño ( $n=0.012$ ); rugosidad máxima ( $n_{\max}=0.013$ ); y rugosidad mínima ( $n_{\min}=0.011$ ) (Bentley Systems, Inc., 2009).

Para la implantación es necesario considerar que el radio de giro del túnel con flujo a superficie libre sea mayor a 5 veces el diámetro de este, en tanto que el ángulo de giro sea menor a  $60^\circ$ .

En todo caso, los tramos inicial y final del túnel deben ser rectos en una longitud no inferior a 6 metros.

#### **4.3.2.2. Resultados del análisis hidráulico del trasvase mediante túnel con flujo a superficie libre y revestimiento de hormigón.**

El análisis hidráulico se lo realizó en el software FlowMaster V8i (Bentley Systems, Inc., 2009), las condiciones para el análisis son las siguientes:

Q diseño= 52 m<sup>3</sup>/s

Pendiente del túnel: 8/10000

Rugosidad de diseño ( $n_{\max}=0.012$ ).

Rugosidad máxima ( $n_{\max}=0.013$ ).

Rugosidad mínima ( $n_{\min}=0.011$ ).

Diámetro propuesto: 5.2 metros

El dimensionamiento hidráulico se realizó para la rugosidad de diseño, además se analizaron los escenarios para rugosidad máxima y rugosidad mínima, manteniendo el valor del resto de parámetros.

Los resultados de los escenarios analizados se presentan en el anexo 24, y se resumen a continuación. Para el escenario de rugosidad de diseño ( $n=0.012$ ), se obtiene porcentaje de llenado de 72.3 %; velocidad media de 3.16 m/s; descarga máxima de 64.14 m<sup>3</sup>/s; una descarga a sección completa de 59.62 m<sup>3</sup>/s, pendiente crítica de 0.2077%; por ende, un flujo subcrítico. Para escenario con rugosidad máxima ( $n=0.013$ ), porcentaje de llenado de 77.4%; descarga a sección completa de 55.04 m<sup>3</sup>/s; descarga máxima de 59.20 m<sup>3</sup>/s; velocidad media de 2.95 m/s; pendiente crítica de 0.244% y, por consiguiente, un flujo subcrítico. Para el escenario con rugosidad mínima, un porcentaje de llenado de 67.6%, descarga a sección completa de 65.04 m<sup>3</sup>/s, descarga máxima de 69.97 m<sup>3</sup>/s; velocidad

media de 3.4 m/s, pendiente crítica de 0.1745% y, por consiguiente, un flujo subcrítico.

Resultados que se presentan a continuación.

Tabla 20. Resultados del análisis hidráulico de túnel con sección transversal circular de 5.20 m de diámetro y con flujo a superficie libre.

<b>ANÁLISIS HIDRÁULICO TÚNEL CON SECCIÓN CIRCULAR CON FLUJO A SUPERFICIE LIBRE</b>								
<b>ESCENARIOS</b>	<b>Diámetro interno</b>	<b>Rugosidad Manning</b>	<b>% de Llenado</b>	<b>Velocidad media</b>	<b>Descarga máxima</b>	<b>Descarga a sección completa</b>	<b>pendiente crítica</b>	<b>tipo de flujo</b>
	<b>m</b>		<b>%</b>	<b>m/s</b>	<b>m<sup>3</sup>/s</b>	<b>m<sup>3</sup>/s</b>	<b>%</b>	
<b>Rugosidad Máxima (n máx.)</b>	5.20	0.013	77.4	2.95	59.2	55.04	0.244	subcrítico
<b>Rugosidad de diseño (n dis)</b>	5.20	0.012	72.3	3.16	64.14	59.62	0.2077	subcrítico
<b>Rugosidad Mínima (n min)</b>	5.20	0.011	67.6	3.40	69.97	65.04	0.174	subcrítico

Elaborado por: Autor

#### **4.3.2.3. Resultados de la implantación del trasvase mediante túnel con flujo a superficie libre y revestimiento de hormigón y determinación de volúmenes.**

La implantación del túnel de trasvase se realizó por territorio ecuatoriano, la cota inicial como se indico es de 173 m.s.n.m, mientras que la cota final del túnel es 123.8 m.s.n.m, con una longitud total de 61530.78 metros, con una pendiente de 0.08%; implantación y secciones que se presenta en el anexo 25.

El diámetro interno del túnel es de 5,2 metros, con un revestimiento de hormigón de espesor promedio determinado en 45 centímetros, resultado que coincide con los dos criterios para su cálculo, anteriormente descritos.

En este contexto se determina un diámetro de la excavación es de 6.1 metros, para la alternativa de túnel de trasvase con flujo a superficie libre y revestimiento de hormigón.

El volumen total de la excavación del túnel es de 1727836.31 metros cúbicos, mientras que, el volumen necesario de hormigón para revestimiento es de 491477.06 metros cúbicos.

Tabla 21. Resumen de volúmenes, túnel con sección circular y flujo a superficie libre.

<b>VOLÚMENES DE TÚNEL CON SECCIÓN CIRCULAR CON FLUJO A SUPERFICIE LIBRE</b>	
<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>VOLUMEN m<sup>3</sup></b>
EXCAVACIÓN PARA TÚNEL Ø=6.10 m	1727836.31
REVESTIMIENTO DE HORMIGÓN ARMADO DEL TÚNEL e=0.45 m	491477.06

Elaborado por: Autor

### **4.3.3. Alternativa de trasvase mediante túnel con flujo a presión y revestimiento de hormigón.**

#### **4.3.3.1. Elementos para el diseño de trasvase mediante túnel con flujo a presión y revestimiento de hormigón.**

El flujo a presión tiene lugar en conductos cerrados como es el caso del túnel de trasvase de la propuesta; el análisis se lo realiza a través de la ecuación de Darcy – Weisbach, que



permite determinar las pérdidas de carga longitudinales; se utiliza el criterio del factor de fricción que depende, en el caso más general del número de Reynolds y de la rugosidad de las paredes del conducto. A través del número de Reynolds se determina el régimen de flujo, que puede ser laminar o turbulento; esta clasificación se basa en las investigaciones desarrolladas por Reynolds bajo el criterio de velocidad crítica, que es aquella bajo la cual en el flujo están presente únicamente velocidades axiales y, por sobre la cual intervienen velocidades transversales. En la práctica en lugar de la velocidad crítica se utiliza el número de Reynolds que corresponde a dicha velocidad, es decir el número de Reynolds crítico; cuando el número de Reynolds real está sobre el valor crítico el flujo es turbulento, caso contrario laminar.

En este contexto, se define que, para determinar el valor del coeficiente de fricción, se requiere conocer el régimen al que pertenece el flujo.

El cálculo del factor de fricción en flujo turbulento, actualmente se basan en investigaciones de laboratorio que por más de dos décadas fueron realizadas por I. NIKURADZE, quien estableció tres zonas de turbulencia; la primera es la zona de tubo liso, donde el factor de fricción dependen exclusivamente de número de Reynolds; la segunda la zona pre-cuadrática, en la que el factor de fricción depende de número de Reynolds así como de la rugosidad; finalmente, la zona cuadrática en la que el factor de fricción depende únicamente de la rugosidad. EL flujo en túneles hidráulicos, con frecuencia es cuadrático.

El análisis de flujo a presión en el túnel también se lo puede realizar a través de la ecuación de CHEZY, con sus respectivos ajustes particulares, en relación con el análisis de un flujo a superficie libre.

El análisis hidráulico de la alternativa del trasvase mediante túnel con flujo a presión y revestimiento de hormigón se realizará utilizando las dos metodologías anteriormente descritas, que permita obtener resultados con mayor grado de confiabilidad para la presente etapa del proyecto.

Para determinar el espesor del revestimiento de hormigón, se considerará los dos criterios empleados en el análisis del túnel de trasvase con flujo a superficie libre.

#### **4.3.3.2. Resultados del análisis hidráulico del trasvase mediante túnel con flujo a presión y revestimiento de hormigón.**

Los resultados obtenidos del análisis hidráulico del trasvase mediante túnel con flujo a presión y revestimiento de hormigón se adjuntan en el anexo 26.

Las condiciones de análisis son:

Nivel muerto de embalse Cazaderos: 173.00 m.s.n.m.

Nivel Normal del embalse Tahuín: 120.00 m.s.n.m.

Caudal de diseño Q: 52.00 m<sup>3</sup>/s

Viscosidad cinemática del agua:  $1 \cdot 10^{-6}$  m<sup>2</sup>/s (Novak, Moffat, & Nalluri, 2001, pág. 568)

Rugosidad del material de revestimiento del túnel (hormigón): 1 mm (Novak, Moffat, & Nalluri, 2001, pág. 167).

Longitud del trasvase: 61530.78 metros.

El flujo a presión del túnel de trasvase, para cualquier caudal diferente al de diseño, se asegura al realizar una descarga sumergida, es decir bajo el nivel normal del embalse Tahuín, por lo tanto, las cotas presentadas para el análisis constituyen las cotas claves de ingreso y salida respectivamente, del túnel de trasvase desde Cazaderos.

A partir de la ecuación de Darcy – Weisbach, se obtuvo como resultado, un diámetro de sección transversal de 4.90 metros, una velocidad de 2,74 m/s y , un régimen de flujo turbulento en zona cuadrática; mientras que el resultado obtenido del diámetro de sección transversal con la ecuación de CHEZY es de, 4.87 metros, y una velocidad de 2.79 m/s ; por consiguiente, de manera conservadora se adopta una diámetro de la sección transversal de 4.90 metros como resultado del análisis hidráulico de la sección transversal.

Tabla 22. Resultados del análisis hidráulico del túnel con sección circular y flujo a presión.

<b>ANÁLISIS HIDRÁULICO TÚNEL CON SECCIÓN CIRCULAR CON FLUJO A PRESIÓN.</b>			
<b>METODOLOGÍA</b>	<b>Capacidad</b>	<b>Diámetro</b>	<b>Velocidad</b>
	m <sup>3</sup> /s	m	m/s
<b>DARCY-WEISBACH</b>	52.0	4.90	2.74
<b>CHEZY</b>	52.0	4.87	2.79

Elaborado por: Autor

#### **4.3.3.3. Resultados de la implantación del trasvase mediante túnel con flujo a presión y revestimiento de hormigón y determinación de volúmenes.**

La implantación del trasvase de túnel con flujo a presión se realizó en base a los mismos criterios planteados en la alternativa de túnel con flujo a superficie libre, por tanto, se mantiene la misma trayectoria del trasvase y, por consiguiente, mismas características del macizo de implantación.

El espesor del revestimiento determinado mediante los criterios anteriormente descritos es de 0.42 metros, por tanto, el diámetro de la excavación para el túnel es de 5.80 metros aproximadamente.

Es importante recalcar que, en cualquier caso, el análisis y determinación del espesor y características del revestimiento debe considerar el trabajo mecánico conjunto del macizo de implantación y el túnel, es decir el estado tensión- deformación con el que interactúan los dos elementos y en el que tiene fundamental importancia la presión de roca.

La longitud total de la excavación para el túnel es de 61530.78 metros, que da como resultado un volumen de excavación de 1625692.1 metros cúbicos, adicionalmente se requieren 441580.3 metros cúbicos de hormigón para el revestimiento del túnel.

Tabla 23. Resumen de volúmenes, túnel con sección circular y flujo a presión.

<b>VOLÚMENES DE TÚNEL CON SECCIÓN CIRCULAR CON FLUJO A PRESIÓN</b>	
DESCRIPCIÓN	VOLUMEN m <sup>3</sup>
EXCAVACIÓN PARA TÚNEL Ø=5.80 m	1625692.1
REVESTIMIENTO DE HORMIGÓN ARMADO DEL TÚNEL e=0.42 m	441580.3

Elaborado por: Autor

#### **4.3.4. Conclusiones.**

– Para la alternativa del trasvase mediante túnel con flujo a superficie libre, el diámetro de la sección transversal circular interna adoptada de 5.2 metros y, revestimiento de 0.45 metros, cumple con las condiciones requeridas para ser técnicamente viable, tanto con el porcentaje de llenado de 77.4% menor al 80 % con rugosidad máxima así como, con velocidad máxima de 3.4 m/s, en condiciones de rugosidad mínima, para revestimientos de hormigón; mientras que para el alternativa de trasvase de túnel con flujo a presión el diámetro de la sección transversal circular requerido es de 4.95 metros, y revestimiento de 0.42 metros; alternativas enmarcadas en el Acuerdo de Quito de 1985, que define el caudal de diseño de 52 m<sup>3</sup>/s.

– El diámetro interno de la sección transversal circular de 5.20 metros y recubrimiento de 0.45 metros, satisface las condiciones de trabajo, de túnel con flujo a superficie libre, así como de flujo a presión, en consecuencia, se consolida como diámetro de sección transversal circular seleccionado para el trasvase mediante túnel desde el embalse Cazaderos hasta el embalse Tahuín en Ecuador.

- La alternativa de trasvase en túnel sea con flujo a presión o con flujo a superficie libre, implantada por territorio ecuatoriano se presenta como atractiva desde el punto de vista geopolítico, mientras que desde el punto de vista técnico – económico, es indispensable realizar la evaluación de las alternativas de trasvase por territorio peruano, contando con la información respectiva que permita realizar dicho análisis; al respecto es importante considerar que existen experiencias de proyectos internacionales de aprovechamiento hidráulico, con la definición de zonas de administración binacional (multinacional).
- La alternativa de trasvase mediante túnel con flujo a presión se presenta más atractiva desde el punto de vista económico, puesto que, para su operación únicamente se requiere de una estructura al ingreso del túnel provista de compuertas de operación y de emergencia, considerando que este régimen de flujo se asegura con la descarga sumergida, es decir bajo el nivel normal de operación del embalse Tahuín a 120.0 m.s.n.m.
- Los volúmenes de material obtenidos por la excavación del túnel pueden ser utilizados para la construcción de la presa, siempre y cuando se verifiquen los indicadores geomecánicos del material extraído, de tal forma que se logre disminuir los impactos económicos y ambientales de la alternativa.

#### **4.4. Propuesta a nivel de prefactibilidad de la obra de captación que abastece al trasvase en túnel Cazaderos – Tahuín.**

En base a los resultados obtenidos en el análisis del trasvase en túnel con sección transversal circular, la obra de captación abastecerá al trasvase con flujo a presión y

requiere para su correcto funcionamiento de dos compuertas, una de operación y otra de emergencia.

En este contexto se propone una estructura de captación, con orificio de entrada sumergido, ubicado en el fondo de la pared anterior de una chimenea de hormigón armado; en el interior de la chimenea se instalarán, secuencialmente, la compuerta de emergencia y de operación, ubicadas en el tramo de ingreso al túnel de trasvase; en consecuencia las superficies interiores de las paredes de la chimenea estarán en contacto con el agua, a diferencia de las chimeneas secas, que albergan válvulas herméticas.

En la visita de campo se determinó de manera preliminar que se debe ejecutar la implantación de la obra de captación en una zona cercana a las siguientes coordenadas (574690.00 m Este; 9556912.00 m Norte), puesto que se evidenció una configuración topográfica adecuada con la presencia de una ladera escarpada en la margen izquierda del río, que permitiría empotrar dicha obra incrementando su estabilidad adicionalmente, la presencia de un macizo rocoso compuesto por cuarcitas, características que manifiestan viabilidad técnica de la zona para proceder con la implantación de la misma, sin embargo, estas condiciones deben ser sometidas a verificación en una etapa posterior del proyecto.

El nivel normal de operación del embalse Cazaderos es 247 m.s.n.m., el nivel muerto del embalse es 173.0 m.s.n.m, la sección transversal circular interna del túnel cuenta con un diámetro de 5.2 metros, como resultado, la carga hidrostática sobre la cota clave de la compuerta es de 79.2 metros de columna de agua.

Es importante que el borde superior del orificio de entre desde el nivel muerto de embalse, a fin de evitar la formación de embudos, y debe ser inferior a  $v^2/2g$ ; donde: v: velocidad en el túnel; g: aceleración de la gravedad.

#### **4.4.1. Elementos para el diseño de la obra de captación que abastece al trasvase en túnel Cazaderos – Tahuín.**

El orificio sumergido de captación debe satisfacer las siguientes condiciones:

- No debe permitir el ingreso de objetos flotantes y, no debe permitir la formación de vórtices de aire desde la superficie libre, que generalmente se logra satisfacer con la adecuada profundización del borde superior del orificio de entrada, condición que se cumple con la profundización adecuada desde nivel muerto de embalse, que es el nivel de diseño.

Respecto a las compuertas de la obra de toma, se pueden estar ubicadas en el orificio de entrada, en el trayecto del conducto de captación o al final del conducto, de esto dependerá el tipo de flujo con el que trabaje la obra de trasvase.

En este caso se colocarán las compuertas en el orificio de entrada, por lo tanto, el túnel de trasvase en condiciones especiales de operación puede llegar a trabajar con flujo a superficie libre, condición que también se consideró en el diseño de la sección transversal circular del túnel de trasvase.

Existe un sin número de tipos de compuertas, para realizar la elección de un tipo de compuerta se debe realizar un análisis completo de todos los factores capaces de influir



en rendimiento, costo, calidad y confiabilidad del equipo tales como: confiabilidad en la operación, reducción de peso, simplicidad funcional, facilidad de mantenimiento, etc.

En términos generales, los tipos más comunes de compuertas utilizadas son:

En tomas: Rueda fija, compuerta plana deslizantes, de oruga y, cilíndrica; en aliviaderos: de aleta, de rueda fija, de tambor; en las salidas: de tobogán, de oruga y segmento. (Erbisti, 2014, pág. 85)

En este contexto se elige compuertas planas deslizantes, para las compuertas de operación y de emergencia, que ERBISTI describe como el tipo más simple de compuerta plana, debido a que básicamente consiste en una compuerta que se desliza a lo largo de guías laterales incrustadas o fijadas al concreto.

Para dimensionar una compuerta el primer paso es calcular la fuerza de presión hidrostática que actuará sobre esta, para diferentes casos de operación; sin embargo, para el diseño a nivel de prefactibilidad, el caso más desfavorable en compuertas de captaciones se presenta cuando el nivel del embalse se encuentra en nivel normal de operación.

(Erbisti, 2014, pág. 103) Para el caso más desfavorable, la compuerta de operación se encuentra sumergida en su totalidad, y por consiguiente la determinación de la fuerza de presión hidrostática sobre la compuerta se realiza mediante la siguiente expresión

$$W = YBh\left(H - \frac{h}{2}\right)$$

Donde:

W: Fuerza resultante que actúa sobre la compuerta

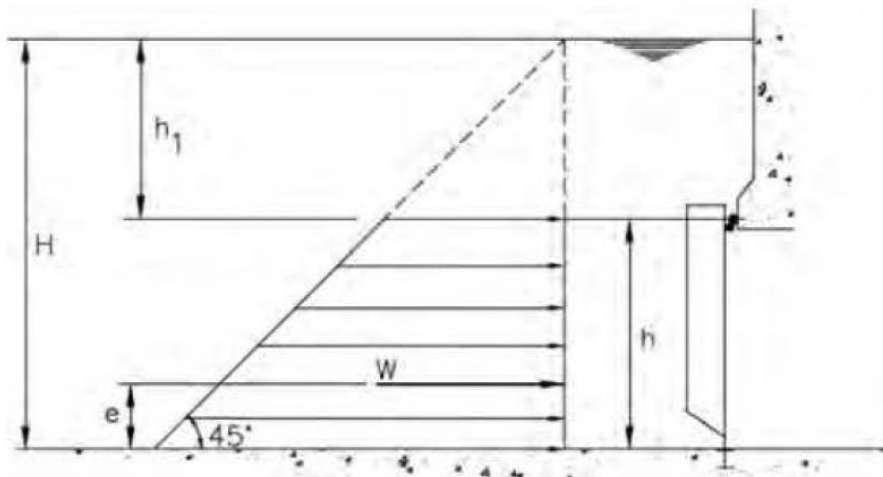
Y: Peso específico del agua=9.81 KN/m<sup>3</sup>

B: Ancho de la compuerta.

h: altura de la compuerta.

H: altura de agua sobre el fondo de la compuerta

Figura 8. Diagrama de presión sobre una compuerta sumergida con presión de agua de un lado.

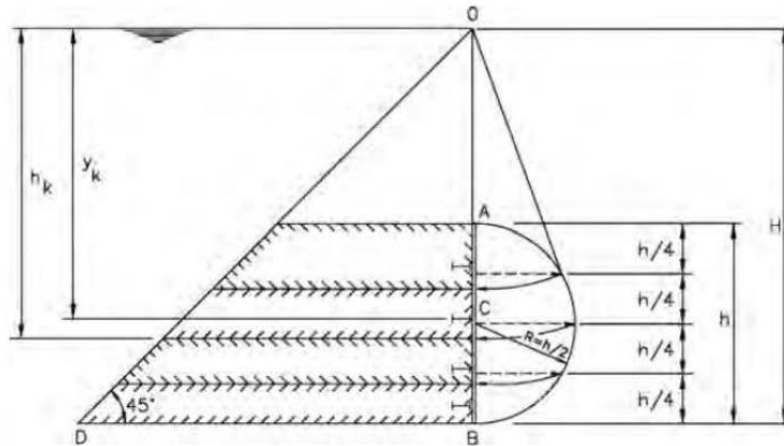


Fuente: (Erbisti, 2014, pág. 105)

Desde el punto de vista de costos es importante tener todas las vigas de refuerzo horizontales cargadas por igual, con la finalidad de diseñar una única sección transversal para todas las vigas. Esto se logra dividiendo el diagrama de presión en áreas equivalentes

y ubicando la línea central de cada viga, en el centroide de cada área. Bajo este criterio, ERBISTI plantea dos métodos para el cálculo del espaciamiento; el primero un método gráfico y el segundo un método analítico, que arrojan el mismo resultado: el gráfico básicamente consiste en dividir en n secciones iguales a la compuerta, dibujar una semicircunferencia con centro en la mitad de la compuerta, y con centro en la superficie transportar la intersección de la división y la circunferencia trazadas hasta la compuerta, como se presenta en la siguiente figura:

Figura 9. División del diagrama de presión en cuatro áreas equivalentes.



Fuente: (Erbisti, 2014, pág. 108)

Para el método analítico se determina a partir de las siguientes expresiones:

Profundidad  $h_k$ :

$$h_k = H \sqrt{\frac{k + \beta}{n + \beta}} \quad (\text{donde } k = 1, 2, 3, \dots, n)$$

$$\beta = \frac{n(H - h)^2}{H^2 - (H - h)^2}$$

Profundidad de las vigas horizontales  $Y_k$ :

$$Y_k = \frac{2H}{3\sqrt{n + \beta}} [(k + \beta)^{3/2} - (k - 1 + \beta)^{3/2}]$$

Donde:

H: carga de agua sobre el fondo de la compuerta

h: altura de la compuerta

n: cantidad de áreas o vigas.

(Erbisti, 2014, pág. 126) El procedimiento de diseño de la compuerta es un proceso prueba error, sin embargo, como criterio inicial se puede determinar el número de vigas horizontales a partir de la siguiente ecuación:

$$N = \frac{100h}{t} \sqrt{\frac{H_m}{2\sigma_{adm}}}$$

Donde:

N: número de vigas horizontales

h: altura de la compuerta, en metros

t: espesor de la placa, en milímetros

Hm: Carga de agua hasta el centro de la compuerta, en metros

$\sigma_{adm}$ : esfuerzo a flexión admisible, en MPa

Cabe tener en cuenta que, entre menos número de vigas horizontales, deben ser más resistentes es decir de sección más reforzada.

(Erbisti, 2014, pág. 128) En el dimensionamiento de las vigas, se debe considerar por razones estructurales, cuanto mayor sea la carga hidrostática que se encuentre soportando, mayor altura tendrá el alma de la viga, como referencia para cálculos preliminares de las características de las vigas, se observa en la siguiente tabla.

Tabla 24. Altura del alma de la viga según la carga hidrostática

<b>Carga sobre el fondo</b>	<b>Altura del alma</b>
hasta 15 metros	de $1/12$ a $1/9$ L
de 15 a 30 metros	de $1/9$ a $1/7$ L
más de 30 metros	de $1/7$ a $1/5$ L

Donde L es la longitud soportada de la viga.

Fuente: (Erbisti, 2014, pág. 128)

#### **4.4.2. Resultado del análisis de la obra de captación que abastece al trasvase en túnel Cazaderos – Tahuín.**

La obra de captación con chimenea mojada y orificio de entrada sumergido que abastece a un túnel de trasvase con flujo a presión debe implantarse en una zona cercana a las

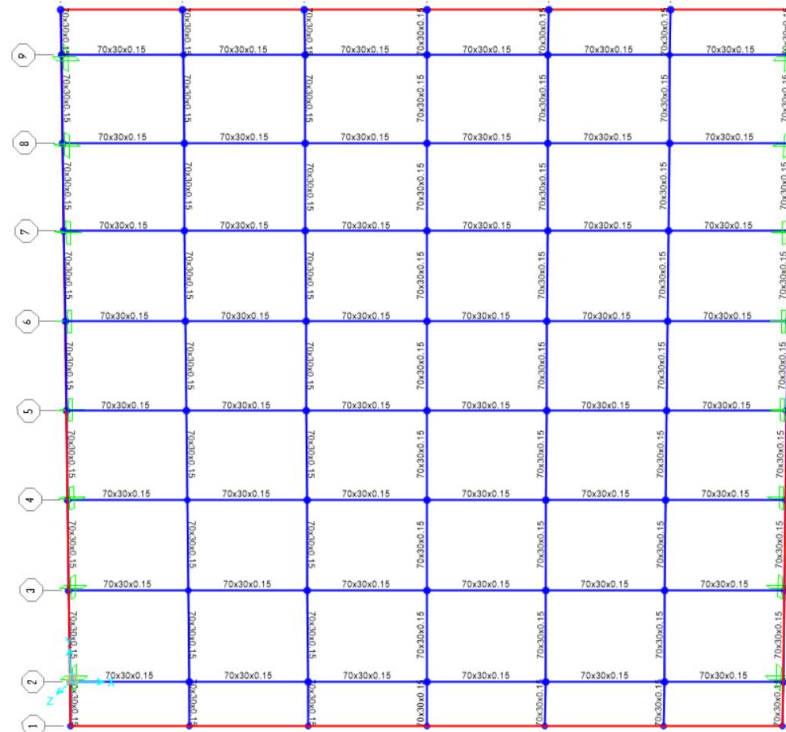
siguientes coordenadas (574690.00 m Este; 9556912.00 m Norte), la inspección visual permitió constatar que en el sitio el macizo rocoso evidencia excelentes condiciones tanto topográficas como geológicas que facilitarían la construcción y operación de la captación.

En consecuencia, la obra de captación incluirá dos compuertas planas, una de operación y otra de emergencia, que en nivel de prefactibilidad se asumen similares.

La compuerta de operación permite el control del flujo que ingresará al túnel de trasvase durante la operación normal del sistema, mientras que, la compuerta de emergencia permite realizar reparaciones a la obra de captación y a al trasvase.

De acuerdo a la información descrita en los elementos de análisis y las necesidades de operación del túnel de trasvase, se determinó como resultado del prediseño de la compuerta plana que se presenta en el anexo 27, y consiste en: compuerta plana rectangular 6x6 (6 metros de altura, 6 metros de base), de acero estructural ASTM A588 Grado A, con una placa con espesor de 30 milímetros, y con refuerzo horizontal de 8 vigas tipo T; estas vigas tienen las siguientes dimensiones, espesor del ala y del alma de 15 milímetros, altura del alma de 70 centímetros, ancho del ala de 30 centímetros; mientras que el refuerzo vertical está conformado por 8 parantes verticales de similares características que el refuerzo horizontal, distribuidas cada metro de manera uniforme; la configuración que se presenta en la siguiente figura.

Figura 10. Configuración de refuerzo horizontal y vertical, vista frontal, en sap2000



Fuente: AUTOR

Como resultado se obtiene compuertas planas de 185.49 KN de peso, para cada una de las dos compuertas, tanto de operación como de emergencia.

Se propone una chimenea para la obra de captación con las siguientes características, altura de la estructura de 85.2 metros, sin considerar el espesor de la losa de cimentación, de los cuales 3 metros son destinados para el área de maniobra de compuertas, el espesor de los muros de hormigón armado es variable con dimensiones externas de 8 metros y 9.60 metros, la losa de cimentación es de hormigón armado de 1 metro de espesor de 12 metros de ancho y 13.60 metros de profundidad, el detalle de la obra de captación se presenta en el anexo 28.

Para la construcción de la obra de captación se requiere 3441.12 m<sup>3</sup> de hormigón armado, con resistencia que deben ser definida en una etapa posterior del proyecto, pero no debe ser inferior a  $f^c=240 \text{ kg/cm}^2$ .

Se determinaron los esfuerzos producidos por la estructura sobre el macizo rocoso de cimentación, para dos escenarios, conforme se presenta en el anexo 29; el primero correspondiente a combinación básica de fuerzas, cuando el embalse se encuentra en nivel muerto; para este caso se determinaron los esfuerzos máximo y mínimo de 498.62 KN/m<sup>2</sup> y 498.62 KN/m<sup>2</sup> respectivamente; el segundo escenario correspondiente a combinación especial de fuerzas, cuando el nivel de del embalse se encuentra en nivel muerto, y se añade acción sísmica a la estructura, con aceleración de 0.4 g; en este caso se obtuvieron esfuerzos máximo en el macizo de cimentación de 6728.38 KN/m<sup>2</sup> y, mínimo de 5731.14 KN/m<sup>2</sup> en tracción, condición en la que se evidencia la necesidad de anclajes de la losa de cimentación en el macizo rocoso de cimentación; se colocarán 164 anclajes de 22 milímetros de diámetro, con un espaciamiento de 1 metro entre ellos y de 5 metros de longitud cada uno, en toda la superficie de la losa de cimentación, de lo que resulta 820 metros de pernos de anclaje, de acuerdo a lo que se adoptó en otras alternativas presentadas a la comisión mixta.

Del análisis de resistencia y debido a la magnitud de los esfuerzos generados, se desprende que en los estudios definitivos debe ser diseñada la estructura de la obra de captación considerando lo siguiente:

1. Anclaje de la estructura en la roca de cimentación



2. Tratamiento de consolidación de la roca de cimentación con la finalidad de elevar el módulo de deformación.
3. Seleccionar un hormigón de alta resistencia para toda la estructura.

#### **4.4.3. Conclusiones.**

- Las condiciones de la obra de captación determinan que sea una estructura de esbeltez considerable, debido a su gran altura; por consiguiente, es necesario incrementar su rigidez a través de la geometría de los muros, como es el caso de la propuesta.
- Es indispensable que la estructura de cimentación posea anclajes con el macizo de cimentación, para resistir las solicitaciones de tracción que puedan originarse eventualmente ante la presencia de un evento sísmico.
- Es importante determinar en el sitio de implantación la capacidad portante del macizo rocoso, a fin de adoptar las medidas constructivas necesarias para garantizar la normal operación de la estructura.

#### **4.5. Propuesta a nivel de prefactibilidad del aliviadero de excedentes.**

Los aliviaderos son estructuras que forman parte de un sistema de regulación con presa ciega (sin vertido incorporado); garantizan el paso seguro de las crecientes desde el embalse al tramo del río aguas abajo. El diseño del vertedero depende principalmente de la crecida de diseño, del tipo y la localización de la presa, del volumen forzado de embalse.

“Los principales factores, exceptuando los económicos, que rigen la escogencia de un aliviadero para un determinado proyecto son la confiabilidad y precisión en la predicción

de las crecientes, la duración y cantidad del vertido, la sismicidad del sitio del proyecto, la topografía y geología, y el tipo de presa.” (Novak, Moffat, & Nalluri, 2001, pág. 155)

En este contexto al ser parte de la propuesta una presa de material de lugar compuesta por espaldones de enrocado y núcleo central de material arcilloso en su totalidad, se descarta la posibilidad de vertido incorporado, por lo tanto, se propone un aliviadero cerrado con pozo vertical (Morning Glory), en concordancia con las condiciones topográficas y geológico – geotécnicas verificadas durante la visita al sitio del proyecto.

A partir de la información hidrológica entregada por CGR Ingeniería, el consorcio CIMELCO, define como descarga máxima del vertedero de excedentes un caudal igual a 12600.00 m<sup>3</sup>/s, mismo que, corresponde al caudal máximo de diseño de la presente propuesta; debido a la gran magnitud del caudal de diseño, se propone la construcción de dos aliviaderos de características similares, por lo tanto, contarán con una capacidad de descarga similar, igual a la mitad del caudal de diseño general, es decir cada aliviadero será diseñado para un caudal de 6300.00 m<sup>3</sup>/s.

#### **4.5.1. Elementos para el diseño del aliviadero tipo morning glory.**

Un aliviadero con pozo en determinadas condiciones puede evacuar caudales grandes, por ejemplo, de hasta 6000.00 m<sup>3</sup>/s. Este aliviadero como norma se implanta en la roca de una margen del embalse para presas grandes.

Los siguientes elementos forman parte del aliviadero con pozos:

- a) Elemento de ingreso formado por la excavación de acercamiento y el embudo receptor con cresta que trabaja como vertedero circular con o sin compuertas;
- b) Pozo vertical;
- c) Túnel de conducción que, generalmente se utiliza como túnel de desvío durante el periodo de construcción de la presa;
- d) Elemento final del túnel de conducción.

Se asume que para el dimensionamiento hidráulico del aliviadero con pozo están dados el caudal de diseño  $Q_{dis}$ , la cota del nivel normal de embalse (NNE) y la cota del nivel forzado de embalse (NFE). A partir de esta conformación se determina la carga  $H$  sobre la cresta del vertedero circular:

$$H = \nabla NFE - \nabla NNE$$

A continuación, con la fórmula usual del vertedero rectangular no sumergido se determina el “frente” requerido  $b$ .

Luego, condicionalmente asumiendo que,

$$b = 2\pi R_o$$

ecuación con la que se determina el valor del radio del vertedero circular  $R_o$ .

Donde:

$R_o$ , es el radio del vertedero circular.

El ancho  $b_0$  del canal de acercamiento al vertedero se determina bajo la condición de tener la velocidad máxima permisible en el canal  $v_{\max,per}$ . Para el efecto se considera que el caudal en las diferentes secciones del canal de acercamiento tiene diferente magnitud; por ejemplo, en la sección ab el caudal es:

$$Q_{ab} = \frac{Q_{cal}}{360} * \alpha$$

Donde  $\alpha$  es el ángulo que determina la posición de la sección ab, en grados.

En los límites del tramo de acercamiento radial R del embudo ensanchada se obtiene un flujo simétrico con secciones circulares que tienen generatrices verticales. En cada una de dichas secciones se adopta la profundidad de flujo igual a la crítica, asumiendo que, de esta manera, se obtiene un embudo de flujo con secciones no sumergidas, asegurando de esta manera que el vertedero trabaje como no sumergido. Es fácil demostrar que las profundidades críticas en dirección de flujo deben crecer en los límites del embudo. Calculando los valores de la profundidad crítica  $h_{cr}$  para una serie de secciones, es posible construir la línea de superficie libre en el tramo de acercamiento radial.

#### **4.5.1.1. Capacidad de descarga del vertedero circular.**

(Zuykov & Volgina, 2017, págs. 354-355) En el caso de descarga a través de un vertedero – embudo que tiene el perfil correspondiente al límite inferior de la lámina de agua, en caso de ausencia de sumersión desde el trayecto subsiguiente (Pozo – codo – túnel) son posibles los siguientes regímenes de trabajo del embudo:

$H/R < 0.46$ : Vertedero no sumergido;

$H/R = (0.46 - 1)$ : Vertedero sumergido (debido a la auto sumersión la capacidad del vertedero disminuye); en caso  $H/R = (0.8 - 1)$ , sobre la lámina se establece la superficie libre horizontal;

$H/R = (1 - 1.6)$ : Lámina de agua parcialmente cubierta (El régimen es cercano al del flujo a través de un orificio sumergido de fondo);

$H/R > 1.6$ : lámina de agua totalmente cubierta.

El auto cubrimiento de la lámina tiene lugar en caso de  $R < 2.2H$ ; por esta razón adoptar un radio del vertedero circular (sin cresta plana) inferior a  $2.2H$  no es conveniente. La sumersión puede ser consecuencia de la capacidad de descarga limitada en el trayecto subsiguiente al vertedero.

Para el desagüe del caudal de diseño la cresta del vertedero no debe ser sumergida. En caso de presentarse un caudal superior al de diseño tiene lugar la sumersión del vertedero y como resultado la capacidad de descarga del vertedero estará limitada al caudal para régimen a presión del sistema en su conjunto.

El caudal a través de un aliviadero con pozo se determina:

1. (Zuykov & Volgina, 2017, pág. 355) En caso de  $H/R \leq 1$  y ausencia de sumersión del vertedero desde el trayecto con flujo a presión, subsiguiente al embudo de ingreso:

$$Q = \varepsilon m (2\pi R - n_o s) \sqrt{2g} H^{3/2}$$

Donde  $m$ ,  $R$  y  $H$  correspondientemente son, coeficiente de descarga, radio de la lámina sobre el vertedero, carga del vertedero;  $n_o$ ,  $s$  y  $\varepsilon$ , número de pilas, su espesor a la altura de la cresta, coeficiente de contracción lateral igual a 0.9 y en caso de ausencia de pilas igual a 1.

En caso de presencia de elemento preventivos de vórtices en el embudo, cuando  $H/R = (0.2 - 0.38)$  y  $p/R = (0 - 1)$ , el coeficiente de descarga se determina con la ecuación de (Romanko, 1976):

$$m = \left[ 0.49 - 0.68 \left( \frac{H}{R} \right)^{\frac{1}{2}} \right] - 0.03 \left[ 1 - \left( \frac{p}{R} \right)^{\frac{2}{3}} \right]$$

En caso de estar ausentes elementos para evitar vórtices el coeficiente de descarga obtenido con la ecuación de Romanko debe ser disminuido en un 6%.

2. (Zuykov & Volgina, 2017, pág. 362) En caso de embudo considerablemente sumergido, o sea cuando  $H/R > 1.6$ :

$$Q = \mu \omega \sqrt{2g(H - z_{cr})}$$

Donde,  $\mu$  es el coeficiente de descarga determinado considerando la suma de resistencia desde el ingreso al embudo hasta la sección de salida del flujo a presión;  $\omega$ , sección de salida del conducto con flujo a presión;  $z_{cr}$ , elevación de la cresta del vertedero sobre la superficie libre en la sección de salida del trayecto con flujo a presión.

#### 4.5.1.2. Embudo sin cresta plana

El embudo sin cresta plana se adopta cuando  $2.2H < R < 5H$ . En el caso  $R < 2.2H$  tiene lugar auto sumersión, mientras que cuando  $R > 5H$  se tendría un exagerado incremento de dimensiones.

El radio del embudo, para valores conocidos de caudal  $Q$  y carga  $H$ ,  $n_o$  y  $s$  se determina con la ecuación de N.I.Romanko.

Para construir el perfil del embudo, de acuerdo (Zuykov & Volgina, 2017, págs. 362-363), por el método de cálculo de la trayectoria de la lámina central, el eje de coordenadas se ubica en el eje del flujo, en la sección de la cresta, donde la profundidad es igual a  $0.75H$ .

La velocidad media en la cresta:

$$v_{cr} = \frac{Q}{2\pi R 0.75H}$$

La ecuación de la lámina central:

$$y = \frac{gx^2}{2v_{cr}^2}$$

La velocidad media y el espesor de la lámina de agua en cualquier sección:

$$v = \sqrt{v_{cr}^2 + 2gy}$$

$$h = \frac{Q}{2\pi (R - x)v}$$

El perfil del embudo y de la superficie libre se la lámina, se construyen colocando en las diferentes secciones en la normal hacia la lámina central la magnitud del segmento  $0.5h$  y uniendo sus extremos.

#### **4.5.1.3. Embudo con cresta plana**

(Zuykov & Volgina, 2017, pág. 364) En caso de que para los valores dados el caudal  $Q$  y la carga  $H$ , el radio del embudo se obtenga mayor a  $(5 - 7) H$ , entonces el vertedero circular debe incluir una cresta plana:

$$R_{PL} = (5 - 7)H$$

La profundidad del agua al final de la cresta plana, en el ingreso al embudo, de acuerdo a resultados experimentales, cuando  $\alpha = 6^\circ - 9^\circ$ :

$$h \approx 0.65H$$

Para evitar la auto sumersión de la lámina cabe adoptar

$$R > 2.2h$$

Donde  $R = R_{PL} - B$ , o sea asumir  $R = 1.4H$

Generalmente, cuando  $R_{PL} = (5-7) H$  se asume la longitud de la cresta plana:

$$B = (3-4) H \text{ o } B = (0.4-0.5) R_{PL}$$

Para construir el perfil del embudo, la velocidad media al final de la cresta plana puede ser determinada con la ecuación:



$$v_{cr} = \frac{Q_{cal}}{2 \pi R 0.65H}$$

Donde  $R = R_{PL} - B - 0.325H \sin \alpha$ .

Para construir la lámina media en el tramo parabólico del embudo, luego de la cresta plana, es útil la siguiente ecuación:

$$y = \frac{gx^2}{2v_{cr}^2 \cos^2 \alpha} + x \operatorname{tg} \alpha$$

Donde  $x$  varía entre los límites de 0 a  $R$ , en tanto que  $R = R_{PL} - B - 0.5H \sin \alpha$

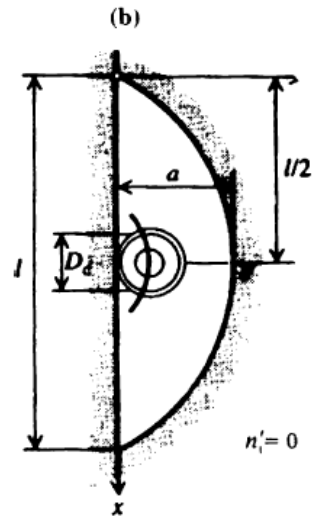
La velocidad en cualquier punto a lo largo de lámina media se determina con la ecuación:

$$v_n = \sqrt{v_{cr}^2 + 2gy_n + 2v_n \sin \alpha \sqrt{2gy_n}}$$

La construcción del perfil del embudo y de la superficie libre se realiza por el método de la lámina central, en forma análoga al caso del embudo sin cresta plana.

Para la implantación de aliviaderos tipo morning glory en laderas Novak recomienda las siguientes dimensiones para el canal de acercamiento, la distancia entre la margen externa de la cresta y la ladera del macizo rocoso sea igual a 1.75 diámetros de la cresta ( $a = 1.75D_c$ ), mientras que el ancho del canal de acercamiento debe ser igual o superior a 6 veces el diámetro de la cresta del aliviadero ( $l = 6D_c$ )

Figura 11. Vertedero de pozo colocado en un corte en la orilla.



Fuente: (Novak, Moffat, & Nalluri, 2001, pág. 185)

#### 4.5.2. Resultado del análisis de los aliviaderos tipo morning glory.

Los aliviaderos tipo morning glory, cada uno diseñado con capacidad de 6300 m<sup>3</sup>/s; El nivel forzado para el embalse Cazaderos fue definido en 249.2 metros sobre el nivel del mar, nivel con el que se alcanza el volumen máximo definido en el Acuerdo de Quito para el embalse de 3200 millones de metros cúbicos; el nivel normal del embalse Cazaderos es de 247 metros sobre el nivel del mar, por lo tanto, la carga disponible para el diseño del aliviadero sería de 2.2 metros, carga con la que se obtienen aliviaderos tipo morning glory con dimensiones constructivamente inviables.

En este contexto es indispensable incrementar la carga hidrostática sobre el aliviadero y, por consiguiente, disminuir el nivel normal de embalse. Se deben considerar estos aspectos para incrementar la carga hidrostática en medida que viabilice la construcción

de los aliviaderos, y a su vez no afecte considerablemente a los niveles de garantía en la operación de los embalses.

Bajo este criterio se adopta como nuevo nivel normal de embalse 243 metros sobre el nivel del mar, con el que se consigue satisfacer las condiciones anteriormente mencionadas, análisis que se presenta en la siguiente tabla resumen, cuyos cálculos se detallan en el anexo 12.

Tabla 25. Análisis de sensibilidad por disminución en volumen útil en embalse Cazaderos

		PERÚ (ALTERNATIVA IR4)		ECUADOR (ALTERNATIVA IR4)	
<b>NIVEL NORMAL DE EMBALSE</b>	<b>VOLUMEN ÚTIL DE EMBALSE</b>	<b>CAUDAL MEDIO ANUAL PARA MÁXIMO NIVEL DE DESARROLLO</b>	<b>NIVEL DE GARANTÍA</b>	<b>CAUDAL MEDIO ANUAL PARA MÁXIMO NIVEL DE DESARROLLO</b>	<b>NIVEL DE GARANTÍA</b>
m.s.n.m	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup> /s	%	m <sup>3</sup> /s	%
243	2518447084.80	55.00	80.6%	42.50	0.68
247	2826899065.11	55.00	81.3%	42.50	0.68

Elaborado por: Autor

La disminución en 4 metros del nivel normal de embalse reduce el nivel de garantía en 0.7% para el Perú, puesto que el nivel de garantía ecuatoriano, esta únicamente condicionado por el caudal medio mensual que es aforado en Marcabelí, según lo establecido en el Acuerdo de Quito de 1985.

Una vez definido el nuevo nivel normal de embalse en 243 metros sobre el nivel del mar, se cuenta con una carga hidrostática sobre el aliviadero de 6.2 metros, condiciones que

dan como resultado dos aliviaderos tipo morning glory con cresta plana y diámetro de ingreso de 67.62 metros, como se presenta en el anexo 30.

El diámetro interno del pozo vertical es de 20 metros; el túnel de desfogue con capacidad de 6300 m<sup>3</sup>/s, se diseña para un flujo a superficie libre supercrítico que da como resultado una sección transversal circular con diámetro interno de 15 metros con una pendiente de 3.2%, y un porcentaje de llenado de 81.1%, y velocidad de 41 metros por segundo, pendiente crítica de 3.02%, como se presenta en el anexo 31.

#### **4.5.3. Resultado de la implantación de los aliviaderos tipo morning glory.**

La implantación de los morning glory se realizará, uno en la margen izquierda y uno en la margen derecha, mismo que como ya se ha mencionado poseen las mismas dimensiones; el ingreso de estos se ubicará sobre las márgenes del río, por lo tanto, es necesario realizar un corte en el macizo rocoso que permita el ingreso libre del flujo a lo largo de todo su perímetro; además es necesario realizar una excavación a la salida del túnel que permita la construcción de la obra de la obra de disipación, tal como se presenta en el anexo 32, excavaciones que dan como resultado un volumen de corte de 1339604.46 metros cúbicos; mientras que los volúmenes de excavación producto de la implantación de los morning glory son de 162960.73 metros cúbicos el de la margen izquierda y, 185892.91 metros cúbicos el de la margen derecha, el túnel de desvió con sección circular de 8 metros de diámetro que se conecta desde aguas arriba 170 metros hasta el morning glory de la margen izquierda requiere de una excavación de 24131.51 metros cúbicos, dando así un volumen total de excavación en túnel de 1712589.61 metros cúbicos.

Para definir el espesor del recubrimiento de los morning glory se utilizará el criterio utilizado en el túnel de trasvase, es decir que es igual al diámetro del túnel dividido para 12; el diámetro del túnel de desfogue es de 15 metros y, por consiguiente, da como resultado un revestimiento de 1.25 metros de espesor, que requiere un volumen de hormigón para revestimiento de 33748.65 metros cúbicos, en el túnel de la margen izquierda y 39832.74 metros cúbicos para el del margen derecha; el volumen de hormigón requerido para las obras de descarga de la margen izquierda y margen derecha es 22475.23 m<sup>3</sup> y 15145.63 m<sup>3</sup> respectivamente; el volumen de hormigón requerido para el revestimiento del túnel de desvío con espesor de 1.25 metros es de 11290 metros cúbicos; por tanto, el total del volumen de hormigón requerido es de 122492.25 metros cúbicos; para lograr un correcto empotramiento de las estructuras de desfogue , es necesario colocar pernos de anclaje de 22 milímetros de diámetro de 5 metros de longitud, cada 5 metros, en toda la superficie de cimentación, dando como resultado 514 metros de anclaje para la margen izquierda y, 337 metros para la margen derecha; por tanto en total, se requieren 851 metros de pernos de anclaje para estas estructuras, se selecciona este tipo de perno de anclaje, debido a que son el tipo utilizado en el planteamiento de las otras alternativas.

Tabla 26. Resumen de rubros para la construcción de los aliviaderos tipo morning glory.

<b>PRINCIPALES RUBROS PARA ALIVIADEROS</b>		
<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>UNIDADES</b>	<b>CANTIDAD</b>
Excavación a cielo abierto en roca	m <sup>3</sup>	1339604.5
Excavación Morning Glory margen izquierda	m <sup>3</sup>	162960.73

Excavación Morning Glory margen derecha	m3	185892.91
Excavación de túnel de desvío	m3	24131.51
Revestimiento H°A° e=1.25 m Morning Glory margen izquierda	m3	33748.65
Revestimiento H°A° e=1.25 m Morning Glory margen derecha	m3	39832.74
Revestimiento H°A° e=1.25 m de túnel de desvío	m3	11290
Hormigón obra de descarga margen izquierda	m3	22475.23
Hormigón obra de descarga margen derecha	m3	15145.63
Pernos de anclaje $\phi=22\text{mm}@5\text{m}$ en losa de cimentación margen izquierda, L=5m	m	514
Pernos de anclaje $\phi=22\text{mm}@5\text{m}$ en losa de cimentación margen derecha, L=5m	m	337

Elaborado por: Autor

#### 4.5.4. Conclusiones.

- La gran magnitud del caudal de diseño para el aliviadero y el tipo de presa adoptada, direccionan la elección del aliviadero a dos aliviaderos con pozo conocido como morning glory de igual capacidad, puesto que la elección de un vertedero lateral tomaría gigantescas proporciones e, inviabilizaría técnicamente la propuesta presentada en este proyecto.
- Los aliviaderos tipo morning glory, diseñados con capacidad de 6300 m<sup>3</sup>/s cada uno, requieren sus vertederos de entrada una carga hidrostática de 6.2 metros; para garantizar esta carga es necesario disminuir en 4 metros el nivel normal del embalse Cazaderos, lo que origina una disminución del volumen útil del 11%; esta reducción del volumen útil origina a su vez una disminución de apenas 0.7% al nivel de garantía para el

máximo nivel de desarrollo de riego (IR4) del Perú, dejándolo en 80.6%, es decir genera un perjuicio despreciable; el descenso del nivel de garantía del caudal medio trasvasado a Ecuador, también es despreciable.

– Al estar sometidos a las mismas condiciones, los dos morning glory, las condiciones y efectos de diseño son similares: diámetro del vertedero de ingreso de 67,62 metros; diámetro interno de la sección transversal circular del pozo de 20 metros; finalmente el túnel de desfogue posee una de 15 metros, y pendiente de 3.2%, superior a la pendiente crítica, con lo que se asegura flujo supercrítico en el túnel; al final de cada túnel de desfogue se inician los procesos de disipación de energía en estructura de hormigón armado anclado en la roca, que permiten saltos de trampolín de las masas de agua provenientes de los dos túneles de desfogue, ubicados en laderas opuestas; el choque de dichas masas en el aire disipa en magnitud considerable la energía hidráulica; de esta manera es posible evitar la erosión en el macizo rocoso debida a las altas velocidades del flujo estas características , se evidencia en el anexo 32, en los que consta la implantación y el perfil longitudinal de los aliviaderos.

– Para la implantación de los aliviaderos es necesario realizar la excavación de 1688458.1 metros cúbicos, mismos que pueden ser utilizados en la conformación del enrocado de la presa; se determina un recubrimiento para los morning glory de 1.25 metros de espesor, por lo que se requieren 111202.25 metros cúbicos de hormigón.

– Dada la magnitud del proyecto y de sus aliviaderos de excedentes, luego de la etapa de factibilidad será necesario investigarlos en modelos hidráulicos a fin de llegar a un diseño confiable.

## CAPÍTULO 5

### VISITA TÉCNICA

Los días 26 – 27 de Julio del año 2018, se realiza la visita técnica a la zona del proyecto en compañía del tutor Ing. Iván Calero Hidalgo, con la finalidad de verificar la información técnica obtenida, constatar el estado socioeconómico actual de la población en los sitios de intervención del proyecto y, validar la viabilidad técnica obras de ingeniería del proyecto en concordancia con las condiciones que se presenten.

Se realizó la visita a las zonas posiblemente afectadas por inundación del embalse Cazaderos del lado ecuatoriano, que en su mayoría se encuentra en la parroquia Cazaderos, (GAD Parroquial Cazaderos, 2016) esta parroquia está ubicada al noroccidente del cantón Zapotillo, y al oeste de la provincia de Loja. Se vincula de manera directa vía terrestre con la ciudad de Alamor en el cantón Puyango y con el departamento de Tumbes en Perú, por la vía EL Huásimo, el Trigal, Bocapán, Zorritos, Tumbes; Tiene una extensión de 11808.7 hectáreas, que se encuentran entre las cotas 160 metros sobre el nivel del mar y 1000 metros sobre el nivel del mar, la temperatura promedio fluctúa entre 18.3°C y 32.3 °C, se encuentra entre las coordenadas geográficas 9547956.32 m Norte y, 558089.77m Este.

Desde el año 2009 la Fundación Naturaleza y Cultura Internacional, a través de su subsidiaria en Ecuador compra un aproximado de 90 % de todo el territorio que le corresponde a la parroquia Cazaderos, es decir un total de 8103 hectáreas de la Reserva Natural Cazaderos son propiedad privada de dicha fundación. (GAD Parroquial



Cazaderos, 2016),este escenario se pudo evidenciar en la visita realizada, ya que los caseríos de la parroquia se encontraban considerablemente alejados entre sí, también se pudo constatar que existen pocas familias que se encuentran radicadas en la parroquia, hecho que sin lugar a duda favorece la viabilidad del proyecto, al reducir los impactos negativos generados por el proyecto. Llama la atención la adquisición anteriormente referida por dos razones: a) la zona es desértica; b) una superficie importante forma parte del área de inundación del embalse Cazaderos.

Figura 12. Zona de inundación por embalse Cazaderos



\*Nota: Ecosistema que se encuentra dentro de la zona de inundación.

Elaborado por: Autor

(GAD Parroquial Cazaderos, 2016) Los principales ingresos económicos de la población de la parroquia Cazaderos provienen de las actividades agrarias productivas y pecuarias, por

la venta de los productos agrícolas y de animales de tamaño mayor y menor. La agricultura es una de las actividades más importantes de la parroquia, por lo que ocupa gran parte de la fuerza laboral de la población económicamente activa, el 96% de las familias económicamente activas se dedica al cultivo de maíz, en casi su totalidad son parcelas de producción familiar debido a que en su mayoría las propiedades no superan las 8 hectáreas. EL 75 % de las familias se dedican a la crianza de cabras, un 81% a la crianza de aves de corral, un 68% a la crianza de ganado porcino, un 36% a la crianza de ganado vacuno, en cuanto al manejo de la actividad pecuaria, la infraestructura que utilizan se limita a corrales cercados con madera de la zona, sin embargo, en su gran mayoría la actividad pecuaria se desarrolla de manera primitiva permitiendo que los animales recorran libres dentro de la Reserva Natural Cazaderos.

Figura 13. Tipo de corrales existentes en Cazaderos



\*Nota: Corrales para actividad pecuaria en la zona.

Elaborado por: Autor

Los habitantes de la parroquia Cazaderos en su gran mayoría viven en condiciones de pobreza, puesto que cuentan con servicios básicos de limitado acceso, cuentan con dos tipos de suministro de agua la primera es agua potable que proviene de parroquias aledañas por lo que tienen un elevado costo y, el segundo suministro proviene de pozos profundos perforados en la parroquia que no tiene ningún costo, y es el que se utiliza en mayor medida, cabe mencionar que el agua proveniente de los pozos no es potabilizada.

En este contexto el proyecto adquiere mayor envergadura, puesto que permitiría facilitar el acceso al recurso hídrico con fines agrícolas a las poblaciones colindantes al proyecto, hecho que puede ayudar a mejorar en gran medida los ingresos económicos y, por consiguiente, las condiciones de vida de los pobladores de la parroquia.

Figura 14. Vista panorámica de la cabecera parroquial de Cazaderos



\*Nota: Vista desde la frontera a la cabecera parroquial de Cazaderos.

Elaborado por: Autor

Figura 15. Barrio Chaguarhuayco perteneciente a la parroquia Cazaderos



\*Nota: Vista panorámica del barrio Chaguarhuayco, que se encuentra fuera del área de inundación del embalse, ubicado en la cota 280 m.s.n.m.

Elaborado por: Autor

En toda la extensión de la parroquia Cazaderos y las parroquias aledañas, al ser parte del cordón montañoso de los Andes, se observa la presencia de roca que aflora en gran parte de su extensión, además no se evidencia una meteorización significativa de las mismas, hecho que respalda la información geológica, que manifiesta la presencia de macizos rocosos conformados por cuarcitas y filitas en la zona. En este contexto la alternativa planteada de presa de material de lugar de enrocado con núcleo central de arcilla prevalece

al corroborar que existe en la zona el suficiente material necesario para su construcción, principal motivo que podía inviabilizar la propuesta.

Figura 16. Ladera expuesta a la intemperie en Cazaderos



\*Nota: Macizo rocoso expuesto a la intemperie en una ladera de Cazaderos.

Elaborado por: Autor

En el terreno se pudo establecer que la implantación de la obra de captación para el trasvase hacia Ecuador, se debe realizar en las coordenadas UTM (574690.00 m Este; 9556912.00 m Norte), puesto que, en el sitio se presenta una elevación que permite realizar un empotramiento de la estructura en el macizo rocoso, condición que ayuda a disminuir la esbeltez de la estructura; en el sitio seleccionado se observa la presencia de roca sana en la superficie del terreno, adicionalmente, se encuentra alejado de todos los asentamientos que existen en la parroquia Cazaderos.

Figura 17. Zona de implantación de la obra de captación.



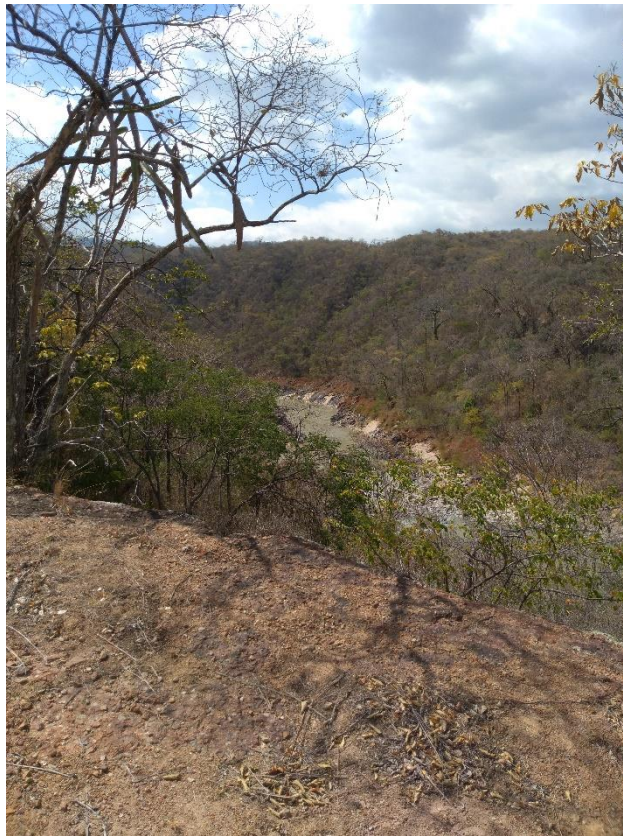
\*Nota: Zona donde se prevé empotrar la estructura de captación para el trasvase ecuatoriano hacia Tahuín, vista desde el río Puyango.

Elaborado por: Autor

El eje de la presa Cazaderos se encuentra ubicado a 2 kilómetros aguas abajo de la confluencia del río Puyango con la quebrada Cazaderos, en zona peruana, donde toma el nombre de río Tumbes, adicionalmente el cauce toma forma encañonada y, se evidencia el afloramiento de roca sana a pesar de encontrarse bajo exposición directa a los agentes atmosféricos, lo que permite deducir que el macizo rocoso está constituido por rocas de excelente calidad.

Además, la visita técnica permitió determinar in situ la ubicación del portal de entrada del túnel de trasvase Cazaderos – Tahuín. De igual manera fueron identificados los sitios de implantación de los vertederos de entrada a los dos aliviaderos de excedentes previstos en el presente proyecto.

Figura 18. Zona de implantación de la presa y los aliviaderos de excedentes.



\*Nota: Se observa la configuración topográfica tipo encañonado del cauce del río.

Elaborado por: Autor

La información sismológica señala que el sitio de presa Cazaderos y, en general la zona del proyecto, es una zona de alta sismicidad, al recomendar factores sísmicos elevados

para el diseño de las obras civiles, sin embargo, en las laderas ubicadas en zona de implantación de la presa y sus alrededores, se pudo evidenciar que no se han producido movimientos rotacionales en la vegetación en por lo menos los últimos 40 años, hecho que claramente disminuye la fiabilidad de la información sismológica, por lo que es indispensable que sea sometida a verificación en una etapa posterior del proyecto.

Figura 19. Vegetación en la zona de la presa Cazaderos.



\*Nota: Se evidencia la ausencia de inclinación en la vegetación de las laderas adyacentes a la zona de presa Cazaderos.

Elaborado por: Autor



## CAPÍTULO 6

### ANÁLISIS ECONÓMICO

#### 6.1. Generalidades

El presente no es un análisis económico convencional, tanto por su objetivo como por cuanto, como se ha mencionado anteriormente, el proyecto Puyango – Tumbes es de carácter geopolítico y su aplicación constituye el ejercicio de derechos inalienables e irrenunciables por parte de dos países soberanos; en este contexto la ejecución del proyecto no puede estar supeditada a criterios económicos convencionales, aplicables a proyectos convencionales de desarrollo.

El análisis económico de la alternativa planteada Cazaderos solo tiene como finalidad realizar una comparación entre la propuesta y la alternativa Marcabelí – Cazaderos desarrollada por el consorcio CIMELCO para la Comisión Mixta Ecuatoriano – Peruana hasta 1990, bajo las mismas condiciones, es decir utilizando los mismos análisis de precios utilizados por CIMELCO a julio de 1990 y, determinar la diferencia en inversión que pueda existir entre las alternativas analizadas.

Los costos analizados cubren la construcción de las obras principales y conexas, que tienen la irrigación como finalidad, a su vez se excluyen del análisis las inversiones que CIMELCO presupuestó en su alternativa con fines energéticos, para evitar resultados imprecisos.

Del presente análisis económico también se descartan las inversiones de carácter común que existen entre las alternativas tanto para Ecuador como para el Perú, como son los sistemas de riego para cada uno de los países.

A nivel de prefactibilidad se consideran los rubros que mayor incidencia tienen en los costos del proyecto, tales como: Excavaciones, protección de las superficies de excavación, hormigón, relleno, conformación de la presa y trabajos preliminares.

## **6.2. Precios unitarios de las obras civiles.**

Con la finalidad de realizar una comparación coherente se la realiza bajo las mismas condiciones y, por consiguiente, se utilizará los precios unitarios determinados por el consorcio CIMELCO bajo los siguientes criterios:

Los precios unitarios se analizaron de acuerdo con la experiencia de cada país, respetando las condiciones locales y normas vigentes en Ecuador y Perú. En principio se ha realizado el análisis de los precios unitarios para el grupo de partidas o rubros de mayor importancia, mientras que los precios de menor trascendencia se evaluaron en base a conocimientos de los costos de estas, o partidas similares en otros proyectos.

Los precios unitarios de las diferentes partidas de los presupuestos presentados se determinaron en parte por análisis directos, aplicando para ello los precios autorizados de mano de obra y las tarifas de alquiler de maquinaria, reconocidas en el Ecuador y Perú.

Para los costos de los elementos básicos, mano de obra, materiales y equipo, contemplados en el cálculo de los precios unitarios de los diferentes rubros se procedió de la manera siguiente:

Mano de obra, se ha considerado los jornales incrementados por las leyes sociales y las incidencias adicionales derivadas de la modalidad de trabajo; Materiales, se tomaron en cuenta los precios de los materiales de mayor incidencia en los precios unitarios, incluyendo los costos de fletes y manipuleo hasta la obra.

Los precios unitarios incluyen el transporte de los materiales a los diferentes lugares de las obras, desde las áreas de préstamos y/o lugares de fabricación. También incluyen gastos generales de 30% y utilidades de 10% del contratista válidos para Julio de 1990.

### **6.3. Evaluación económica de la alternativa Cazaderos Solo.**

Se realizó la evaluación económica de las obras civiles de la alternativa propuesta Cazaderos solo, con un solo embalse binacional de regulación, considerando las partidas o rubros con mayor incidencia, cabe aclarar que al ser un solo embalse, se plantea que cada país aporte con el 50 % de la inversión de las obras binacionales, como son la presa, y aliviadero; mientras que a Ecuador le corresponde realizar la inversión de la obra de captación y trasvase desde Cazaderos hacia el embalse Tahuín. En este contexto a continuación se presentan los valores de inversión para obras binacionales y, las obras correspondientes al Ecuador

Tabla 27. Evaluación económica de obras binacionales alternativa Cazaderos Solo.

<b>EVALUACIÓN ECONÓMICA DE OBRAS BINACIONALES</b>					
<b>Ni</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>P. UNITARIO</b>	<b>VALOR TOTAL (USD)</b>
<b>1</b>	<b>PRESA DE MATERIAL DE LUGAR H=142 m</b>				
1.1	Relleno de enrocado	m3	3986344.96	9.20	36674373.63
1.2	Relleno de material arcilloso del núcleo	m3	185345.10	8.00	1482760.80
1.3	Conformación de filtro invertido e=60cm	m3	25022.40	17.50	437892.00
1.4	Material para filtro invertido	m3	25022.40	14.00	350313.60
1.5	Preparación de la fundación	m2	88254.40	30.00	2647632.00
				<b><i>SUBTOTAL (1)</i></b>	41592972.03
<b>2</b>	<b>ALIVIADEROS Y TÚNEL DE DESVÍO</b>				
2.1	Excavación a cielo abierto en roca	m3	1339604.46	25.00	33490111.50
2.2	Excavación Morning Glory margen izquierda	m3	162960.73	120.00	19555287.60
2.3	Excavación Morning Glory margen derecha	m3	185892.91	120.00	22307149.20
2.4	Excavación de túnel de desvío	m3	24131.51	120.00	2895781.20
2.5	Revestimiento H°A° e=1.25 m Morning Glory margen izquierda	m3	33748.65	280.00	9449622.00
2.6	Revestimiento H°A° e=1.25 m Morning Glory margen derecha	m3	39832.74	280.00	11153167.20

<b>Ni</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>P. UNITARIO</b>	<b>VALOR TOTAL (USD)</b>
2.7	Revestimiento H°A° e=1.25 m de túnel de desvío	m3	11290.00	280.00	3161200.00
2.8	Hormigón obra de descarga margen izquierda	m3	22475.23	120.00	2697027.60
2.9	Hormigón obra de descarga margen derecha	m3	15145.63	120.00	1817475.60
2.10	Pernos de anclaje $\phi=22\text{mm}@5\text{m}$ en losa de cimentación margen izquierda, L=5m	m	514.00	25.00	12850.00
2.11	Pernos de anclaje $\phi=22\text{mm}@5\text{m}$ en losa de cimentación margen derecha, L=5m	m	337.00	25.00	8425.00
				<b><i>SUBTOTAL (2)</i></b>	106548096.90
	<b>TOTAL, DE OBRAS BINACIONALES</b>				<b>148141068.93</b>

Elaborado por: Autor

Tabla 28. Evaluación económica de obras ecuatorianas alternativa Cazaderos Solo

<b>EVALUACIÓN ECONÓMICA DE OBRAS ECUATORIANAS</b>					
<b>N°</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>P. UNITARIO</b>	<b>VALOR TOTAL (USD)</b>
<b>3</b>	<b>TRASVASE ECUADOR Di =5.2metros</b>				
3.1	Excavación en túnel	m3	1727836.31	120.00	207340357.20
3.2	Revestimiento H°A° e=45cm	m3	491477.06	280.00	137613576.80
				<i>SUBTOTAL (3)</i>	344953934.00
<b>4</b>	<b>OBRA DE CAPTACIÓN ECUADOR</b>				
4.1	Pernos de anclaje $\phi=22\text{mm}@1\text{m}$ en losa de cimentación	m	820.00	25.00	20500.00
4.2	Hormigón armado				
		m3	3441.12	120.00	412934.40
				<i>SUBTOTAL (4)</i>	433434.40
	<b>TOTAL, DE OBRAS ECUATORIANAS</b>				<b>345387368.40</b>

Elaborado por: Autor

#### 6.4. Resumen de los análisis económicos de las alternativas a comparar.

A continuación, se presentan los resúmenes de los análisis económicos realizados a las alternativas a comparar, cabe recalcar que en el caso de la alternativa planteada por CIMELCO originalmente existe inversión con fines energéticos, inversiones que de descartan, para los fines comparativos, tampoco se consideran las obras que tendrán en común las alternativas como son los sistemas de riego respectivos.

Tabla 29. Resumen económico alternativa Cazaderos Solo sin obras comunes entre alternativas a 1990.

<b>ALTERNATIVA CAZADEROS SOLO</b>			
		<b>INVERSIÓN (USD)</b>	<b>INVERSIÓN millones (USD)</b>
<b>ECUADOR</b>			
<b>DESCRIPCIÓN</b>			
Obras comunes (50%)		74070534.47	74.071
Trasvase		344953934.00	344.954
Obra de captación		433434.40	0.433
	<b>SUBTOTAL</b>	419457902.9	419.458
<b>PERÚ</b>			
<b>DESCRIPCIÓN</b>			
Obras comunes (50%)		74070534.47	74.071
	<b>SUBTOTAL</b>	74070534.47	74.071
	<b>TOTAL</b>	493528437.3	493.528

\*Nota: No se consideran las obras comunes entre alternativas

Elaborado por: Autor

Tabla 30. Resumen económico alternativa Marcabelí- Cazaderos, sin obras comunes entre alternativas a 1990

<b>ALTERNATIVA CIMELCO C7 ECUADOR, B4 PERÚ</b>		
	<b>INVERSIÓN (USD)</b>	<b>INVERSIÓN millones (USD)</b>
<b>ECUADOR</b>		
Obras	422640000	422.640
<b>SUBTOTAL</b>	<b>422640000</b>	<b>422.640</b>
<b>PERÚ</b>		
Obras	248760000	248.760
<b>SUBTOTAL</b>	<b>248760000</b>	<b>248.760</b>
<b>TOTAL</b>	<b>671400000</b>	<b>671.400</b>
*Nota: No se consideran las obras dispuestas con fines energéticos		
*Nota: No se consideran las obras comunes entre alternativas		

Elaborado por: Autor

Fuente: (Consortio CIMELCO Consultores, 1991)

### **6.5. Resultados comparativos entre las alternativas Cazaderos solo y Marcabelí Cazaderos, sin considerar obras comunes entre alternativas.**

Se presenta a continuación un resumen de los análisis económicos para cada alternativa y, con la correspondiente inversión que debe realizar cada país.



Tabla 31. Resumen alternativas sin obras comunes entre alternativas a 1990.

<b>RESUMEN DE ALTERNATIVAS</b>			
<b>DESCRIPCIÓN</b>		<b>INVERSIÓN (USD)</b>	<b>INVERSIÓN millones (USD)</b>
<b>a) ALTERNATIVA CAZADEROS SOLO</b>			
ECUADOR		419457902.9	419.458
PERÚ		74070534.47	74.071
<b>TOTAL</b>		<b>493528437.3</b>	<b>493.528</b>
<b>b) ALTERNATIVA CIMELCO C7 ECUADOR B4 PERÚ</b>			
ECUADOR		422640000	422.640
PERÚ		248760000	248.760
<b>TOTAL</b>		<b>671400000</b>	<b>671.400</b>
*Nota: No se consideran las obras comunes entre alternativas			
*Nota: No se consideran las obras dispuestas con fines energéticos			

Elaborado por: Autor

La comparación de las alternativas se realiza en relación con la alternativa Marcabelí - Cazaderos (b), propuesta por CIMELCO a la Comisión Mixta, considerando como alternativa (a), a Cazaderos solo.

Tabla 32. Comparación entre alternativas a 1990

<b>COMPARACIÓN ALTERNATIVAS (a y b)</b>			
<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>% (a/b)</b>	<b>INVERSIÓN (USD)</b>	<b>INVERSIÓN millones (USD)</b>
<b>ECUADOR</b>	-0.75%	-3182097.13	-3.182
<b>PERÚ</b>	-70.22%	-174689465.53	-174.689
<b>GLOBAL</b>	-26.49%	-177871562.67	-177.872

Elaborado por: Autor

Se determina que la alternativa Cazaderos solo , en el marco global del proyecta es un 26.49% , más económica que la alternativa Marcabelí – Cazaderos, lo que se refleja en un ahorro de 177871562.67 dólares americanos, reducción significativa de la inversión; Al realizar un análisis por cada país y que cada uno asuma el 50 % de la inversión de obras civiles comunes, Ecuador no resulta beneficiado puesto que, el ahorro que se genera al exceptuar el embalse en Marcabelí, se compensa con el aumento considerable de la obra de trasvase y obra de captación, sin embargo el Perú no requiere de obras adicionales a las consideradas en la alternativa Marcabelí – Cazaderos, obtiene una reducción del 70.22 % de la inversión , lo que significa un ahorro de 174689465.53 dólares.

Este hecho debe ser considerado en una etapa posterior del proyecto para tratar de equilibrar las inversiones de ambos países copropietarios de la cuenca hidrográfica, mediante una resolución política, con la finalidad de que no surjan eventuales conflictos de índole económico.

#### **6.6. Resultados comparativos entre las alternativas Cazaderos solo y Marcabelí Cazaderos, en contexto global con fines de irrigación.**

En este análisis se incluyen las obras comunes que existen entre las alternativas, tales como los sistemas para riego en cada país, con la finalidad de obtener resultados comparativos en un contexto global y, verificar la verdadera diferencia que existe entre las inversiones de las alternativas.

Es importante mencionar que se respetan los análisis económicos de las obras comunes entre alternativas entregados a la Comisión Mixta por CIMELCO y, por consiguiente, se mantienen los precios y diseños de dichas obras en la alternativa Cazaderos Solo.

A continuación, se presentan tablas resumen con las inversiones para cada alternativa.

Tabla 33. Resumen económico global alternativa Cazaderos solo a 1990

<b>ALTERNATIVA CAZADEROS SOLO</b>		
<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>INVERSIÓN (USD)</b>	<b>INVERSIÓN millones (USD)</b>
<b>ECUADOR</b>		
Obras Binacionales (50%)	74070534.47	74.071
Trasvase	344953934.00	344.954
Obra de captación	433434.40	0.433
Sistema de Riego IR2	258501000.00	258.501
	<b>SUBTOTAL</b>	<b>677958902.9</b>
<b>PERÚ</b>		
Obras Binacionales (50%)	74070534.47	74.071
Presas Guanábano 120	84980000	84.980
Sistema de Riego	824922000	824.922
	<b>SUBTOTAL</b>	<b>983972534.5</b>
	<b>TOTAL</b>	<b>1661931437</b>
		<b>1661.931</b>

Elaborado por: Autor

Tabla 34. Resumen económico global alternativa Marcabelí - Cazaderos a 1990

<b>ALTERNATIVA MARCABELÍ-CAZADEROS CIMELCO (IRRIGACIÓN)</b>		
<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>INVERSIÓN (USD)</b>	<b>INVERSIÓN millones (USD)</b>
<b>ECUADOR C7</b>		
Presa Marcabelí Hormigón	256147000	256.147
Túnel de Trasvase	149333000.00	149.333
Salida San Luis	4510000.00	4.510
Túnel El Bunque	12650000.00	12.650
Sistema de Riego IR2	258501000.00	258.501
	<b>SUBTOTAL</b>	<b>681.141</b>
<b>PERÚ B4</b>		
Presa Guanábano 120	84980000	84.980
Presas Cazaderos Hormigón	248758000	248.758
Sistema de Riego	824922000	824.922
	<b>SUBTOTAL</b>	<b>1158.660</b>
	<b>TOTAL</b>	<b>1839.801</b>

Elaborado por: Autor

Fuente: (Consorcio CIMELCO Consultores, 1991)

Tabla 35. Resumen económico comparativo global a 1990

ALTERNATIVA	ECUADOR			PERÚ			GLOBAL		
	Inversión	Área	Costos unitarios	Inversión	Área	Costos unitarios	Inversión	Área	Costos unitarios
	Dólares	Hectáreas	\$/Ha	Dólares	Hectáreas	\$/Ha	Dólares	Hectáreas	\$/Ha
<b>CAZADEROS SOLO</b>	677958903.0	44020.0	15401	983972534.0	58922.0	16700.0	1661931437.0	102942.0	16144.0
<b>MARCABELÍ-CAZADEROS CIMELCO C7/B4</b>	681141000.0	44020.0	15473.0	1158660000.0	58922.0	19664.0	1839801000.0	102942.0	17872.0
<b>Diferencia en dólares</b>	-3182097.0		-72.0	-174687466.0		-2965.0	-177869563.0		-1728.0
<b>Diferencia porcentual</b>	<b>-0.5%</b>			<b>-15.1%</b>			<b>-9.7%</b>		

Elaborado por: Autor

El Ecuador puede lograr un ahorro del 0.5% de la inversión, mientras que, el Perú puede lograr un ahorro del 15.1% de la inversión, resultando así en el contexto global la alternativa Cazaderos Solo desarrollada en el proyecto ser un 9.7% más económica que la alternativa Marcabelí-Cazaderos formulada por el consorcio CIMELCO, que genera un ahorro de 177869563.0 de dólares americanos y, por consiguiente un ahorro de 1728.0 dólares /hectárea, reduciendo los costos unitarios del proyecto de 17872.0 \$/Ha, a 16144.0 \$/Ha. Cabe recalcar que este análisis se realizó con los precios unitarios de 1990.

#### **6.7. Viabilidad económica y financiera.**

Al proyecto Binacional Puyango – Tumbes, no debe estar sujeto a evaluaciones económicas - financieras convencionales, puesto que para el Ecuador constituye un mecanismo para el ejercicio soberano de aprovechamiento de un recurso hídrico que le corresponde, el continuar con la postergación de este proyecto equivale a renunciar expresamente a este derecho, generando un grave perjuicio a las zonas que se podrían beneficiar con el proyecto y ,a su vez negando que las futuras generaciones puedan aprovechar este recurso natural , cuyo precio será incalculable en un futuro cercano.

## CAPÍTULO 7

### IMPACTO AMBIENTAL

#### 7.1. Introducción.

El proyecto binacional Puyango – Tumbes ubicado en el suroeste del Ecuador y, al noreste del Perú, abarcando las provincias de El Oro y Loja, y el departamento de Tumbes respectivamente; el área de drenaje de la cuenca del río Puyango – Tumbes consta de 4850 km<sup>2</sup>, de los cuales aproximadamente el 60% del área se encuentra en territorio ecuatoriano, y el restante 40 % en el Perú, la geografía de la cuenca está constituida por montañas y planicie costera.

El río Puyango-Tumbes nace en Ecuador en la confluencia del río Pindo y el río Yaguachi, en la cota 3500 msnm, las temperaturas de la cuenca varía entre 25°C en la región costanera y 22°C en la cuenca alta.

La alternativa Cazaderos solo para el proyecto binacional Puyango – Tumbes, propuesta en este estudio, incluye, fundamentalmente, una presa de material de lugar, que da lugar a la formación de un embalse en Cazaderos; este embalse permitirá mejorar las condiciones para conservar la flora y la fauna de la zona.

En la actualidad existe una gran producción de sedimentos en la cuenca alta debido a las actividades extractivas no regularizadas que se realizan en el Ecuador, así mismo se vierten al río una cantidad considerable de contaminantes producto de las mismas

actividades, situación que, de no controlarse, puede ocasionar una reducción considerable en la vida útil del proyecto.

La cuenca hidrográfica posee un alto potencial turístico gracias a la gran variedad de flora que existe en la cuenca alta, como son los manglares, bosques secos, desiertos, y bosques húmedos; por su parte, el embalse Cazaderos dinamizará las actividades ambientales y turísticas, con actividades acuáticas como pesca deportiva, natación, y otras.

## **7.2. Identificación de impactos ambientales.**

Se identificará y evaluará los impactos ambientales producidos en las diferentes etapas del proyecto; el análisis se enfoca en la etapa de operación ya que es la etapa del proyecto con mayor temporalidad, mientras que, a la etapa de construcción se la evaluará de manera global.

Los componentes o recursos ambientales que se pueden afectar con el proyecto son aire, agua, suelo, medios bióticos, sociales y culturales. (Ministerio del Ambiente, 2013, pág. 27)

### **– Recurso Aire**

(Ministerio del Ambiente, 2013, pág. 27) Para este recurso se consideran los siguientes factores para su evaluación, la calidad del aire, el nivel de ruido y vibraciones.

En la etapa de construcción es en la que se produce un impacto con mayor intensidad, debido a los procesos de movimiento de materiales, tanto excavaciones como



conformaciones de las obras civiles, estos procesos generan material particulado (polvo), así como, las vibraciones y ruido generado por el funcionamiento de los equipos y maquinaria en la construcción.

En la etapa de operación la calidad del aire resultará beneficiada gracias al incremento de la flora de la zona producto de la incorporación de riego de zonas actualmente desérticas, además de los beneficios en la flora que rodea el embalse, sin embargo, en el proceso de operación se pueden originar vibraciones producto del funcionamiento de las obras civiles.

– **Recurso Agua**

(Ministerio del Ambiente, 2013, pág. 28) Para evaluar el impacto sobre el recurso agua se considera el posible deterioro de la calidad del agua tanto superficial como subterránea.

En la etapa de construcción se pueden generar afectaciones en la calidad del agua como producto de las descargas de aguas residuales que se puedan producir por los trabajadores, maquinaria, etc.

En la etapa de operación la calidad del agua será beneficiada, gracias a la regularización de las actividades mineras en la cuenca alta y, por consiguiente, la disminución de residuos químicos que actualmente se descargan al río. Adecuadas políticas y normas de monitoreo, operación y mantenimiento evitarán el deterioro de la calidad del agua en el embalse.

– **Recurso Suelo**

La calidad del suelo que se pueda ver afectada potencialmente por el proyecto es el indicador por evaluar.

En la etapa de construcción del proyecto se pueden originar contaminaciones en el suelo, pero son de carácter muy puntual, como posibles fugas de aceites en maquinarias, mientras que en la etapa de operación del proyecto la calidad del suelo se beneficiará considerablemente gracias a la incorporación de riego en las diferentes zonas.

– **Proceso geomorfodinámico.**

(Ministerio del Ambiente, 2013, pág. 28) En este componente se toman en cuenta tres factores: la erosión, referente a la destrucción de la capa superficial del suelo; geomorfología, relacionada con la transformación morfológica de los estratos geológicos; inestabilidad, modificación de la resistencia física del terreno.

La zona que será intervenida en relación con la zona que se beneficiará es prácticamente despreciable por lo que la etapa de construcción se producirá una erosión muy puntual.

En la etapa de operación del proyecto la erosión será contrarrestada con la incorporación de riego de áreas desérticas; por otra parte, la eventual inestabilidad en los terrenos por la presencia de humedad no solo será contrarrestada, sino que, como se ha indicado en el punto referente al recurso suelo, mejorarán las condiciones de conservación y desarrollo edafológico.

– **Medio biótico.**

Involucra todo lo que tiene vida que se encuentra en el medio, como anteriormente se mencionó los impactos en la etapa de construcción son muy puntuales, sin embargo, los beneficios que generará el proyecto en su etapa de operación son de gran magnitud, como ejemplo en la zona del proyecto se debe declarar como protegida con la finalidad de combatir la producción de sedimentos, este hecho generará prosperidad tanto en flora, fauna y en general en el ecosistema del proyecto

– **Medio socioeconómico**

(Ministerio del Ambiente, 2013, pág. 29) El medio socioeconómico se compone a la influencia que genere el proyecto sobre los seres humanos y el medio que los rodea, en este contexto el proyecto se presenta como un generador de empleo en todas sus etapas, además se puede convertir la zona de embalse en un atractivo turístico que a su vez conlleva un movimiento financiero por esta actividad, mejorando así la calidad de vida de los habitantes de la zona, sin embargo, el proyecto como todo proyecto de ingeniería genera un cierto riesgo a la población debido a la probabilidad de que alguna obra civil deje de funcionar correctamente, y pueda desencadenar una serie de eventos que pongan en peligro a la población. La probabilidad de estos potenciales efectos debe ser minimizada a través de diseños confiables y de una detallada ingeniería de riesgos.

### 7.3. Parámetros y metodología de evaluación.

(Ministerio del Ambiente, 2013, pág. 29) Las evaluaciones de impacto ambiental comprenden dos puntos de análisis. El primero es la magnitud del impacto, la cual se considera como la parte cuantitativa de la evaluación y, por otra parte, se evalúa la importancia del impacto, de acuerdo a su riesgo, ubicación, etc., que es conocida como la parte cualitativa de la evaluación. Finalmente, estos dos datos son correlacionados dando como resultado el valor de cada impacto analizado.

Para evaluar las interacciones se consideran seis parámetros para valorar la magnitud que son: carácter, intensidad, extensión, reversibilidad, probabilidad y, persistencia del impacto, estos parámetros permiten determinar el valor del impacto. A continuación, se presentan los parámetros y sus valores correspondientes.

Tabla 36. Definición y valoración de la magnitud de los impactos ambientales

<b>Parámetro</b>	<b>Escala</b>	<b>Definición</b>
Carácter	Benéfico (1)	Impacto es positivo.
	Detrimente (-1)	Impacto es negativo o adverso.
Intensidad	Baja (1)	Si el efecto es sutil o casi imperceptible.
	Media (2)	Si el efecto es notable pero difícil de medirse o de monitorear.
	Alta (3)	Si el efecto es obvio o notable.
Extensión	Puntual (1)	Si el efecto está limitado a la "huella" del impacto.
	Local (2)	Si el efecto se concentra en los límites de área de influencia del proyecto.
	Regional (3)	Si el efecto o impacto sale de los límites del área del proyecto.
Reversibilidad	A corto plazo (1)	Cuando un impacto puede ser asimilado por el propio entorno en el tiempo.
	A largo plazo (2)	Cuando el efecto no es asimilado por el entorno o si es asimilado toma un tiempo considerable.

<b>Parámetro</b>	<b>Escala</b>	<b>Definición</b>
Probabilidad	Poco probable (0.1)	El impacto tiene una baja probabilidad de ocurrencia.
	Probable (0.5)	El impacto tiene una media probabilidad de ocurrencia.
	Cierto (1)	El impacto tiene una alta probabilidad de ocurrencia.
Persistencia	Temporal (1)	El tiempo requerido para la fase de construcción.
	Permanente (2)	El tiempo requerido para la fase de operación.

Fuente: (Ministerio del Ambiente, 2013, pág. 30)

los parámetros considerados para evaluar la magnitud del impacto ambiental se los define de la manera siguiente (Ministerio del Ambiente, 2013, págs. 30-31):

**Carácter.** Se refiere a que el impacto ambiental evaluado puede tener un efecto benéfico/positivo o detrimento/negativo para el entorno.

**Intensidad.** Representa el grado de destrucción a la que ha sido sometido el entorno, por efectos del impacto. Aquel cuyo efecto se manifiesta como una modificación de los recursos naturales o de sus procesos fundamentales de funcionamiento, que pueda o produzca repercusiones apreciables en los mismos. La valoración puede ser de intensidad alta, media o baja.

**Extensión.** Se refiere al área de influencia teórica del impacto evaluado en relación con el entorno. Puede ser puntual, local o regional.

**Reversibilidad.** Tiene en cuenta la posibilidad, dificultad o imposibilidad de retomar a la situación anterior a la acción. Se habla de impactos reversibles a corto plazo o irreversibles a largo plazo.

**Probabilidad.** Se refiere al grado de posibilidad de ocurrencia del impacto, el cual puede ser poco probable, probable o cierto.

**Persistencia.** Refleja el tiempo en que supuestamente permanecería el efecto del impacto desde su aparición (temporal o permanente).

Una vez asignados los valores, se aplica la siguiente fórmula para la obtención de la magnitud del impacto.

$$M = \text{Carácter} * \text{Probabilidad} * (\text{Persistencia} + \text{Reversibilidad} + \text{Intensidad} + \text{Extensión})$$

Tanto la valoración de magnitud como la valoración de importancia de los impactos más altos tendrán un valor de 10, cuando se trate de un impacto permanente, alto, local, reversible a largo plazo. El signo que llevará (+/-) dependerá del carácter (naturaleza) de este impacto.

El valor de importancia es subjetivo y se deriva del criterio y experiencia del equipo de profesionales a cargo de la elaboración del estudio, razón por la cual, para cada evaluación se tomaron en cuenta los criterios de cuatro diferentes profesionales.

De esta manera, el valor total de la afectación se dará en un rango de 1 a 100 o de -1 a -100, como resultado de la multiplicación del valor de la importancia del factor por el valor

de magnitud del impacto, permitiendo así, una jerarquización de los impactos de forma completa, siendo su sumatoria, el impacto residual que se generará por la ejecución de un proceso industrial, determinando si es positiva o negativa su actividad.

Tabla 37. Rango porcentual y nivel de significancia de los impactos ambientales

<b>RANGO</b>	<b>SIGNIFICANCIA</b>
81 - 100	Muy significativo
61 - 80	Significativo
41 - 40	Medianamente significativo
21 - 40	Poco significativo
0 - 20	No significativo
(-1) - 20	(-) No significativo
(-21) - 40	(-) Poco significativo
(-41) - 60	(-) Medianamente significativo
(-61) - 80	(-) Significativo
(-81) - 100	(-) Muy significativo

Fuente: (Ministerio del Ambiente, 2013, pág. 31)

#### **7.4. Resultados de la evaluación de impacto ambiental.**

En el anexo 33 se presenta la matriz causa – efecto que se generó a partir del análisis realizado en forma global de las etapas del proyecto.

Como resultado se puede evidenciar que existe un impacto residual de carácter benéfico de 304.6 puntos, es decir un impacto benéfico de 85.49% que en la escala porcentual de significancia de los impactos nos arroja como resultado un impacto benéfico muy significativo, por lo cual , desde el punto de vista ambiental , la alternativa Cazaderos solo para el proyecto binacional Puyango-Tumbes , es completamente viable, como se puede

evidenciar en este análisis los impactos negativos son muy poco relevantes con relación a los grandes impactos benéficos que producirá el proyecto.

## **CAPÍTULO 8**

### **ASPECTOS LEGALES**

#### **8.1. Legislación para el aprovechamiento de recursos hídricos en cuencas hidrográficas internacionales.**

La Asociación de Derecho Internacional (ILA) por sus siglas en inglés, adopta las “NORMAS DE HELSINKI SOBRE LOS USOS DEL AGUAS DE LOS RÍOS INTERNACIONALES”, en la quincuagésima segunda conferencia, celebrada en Helsinki en agosto de 1966; está compuesta por 6 capítulos, que destacan lo siguiente:

– Capítulo 1. GENERAL. –

Se define una limitación para la aplicación de la norma, al uso de aguas de una cuenca hidrográfica internacional, salvo que por mutuo acuerdo entre los Estados copropietarios se disponga algún acuerdo por convención.

Define a una cuenca de drenaje internacional como, “un área geográfica que se extiende sobre dos o más estados determinados por los límites de la cuenca del sistema de aguas, incluidas las aguas superficiales y subterráneas, que desembocan en una terminal común” (International Law Association , 1967).



– Capítulo 2. UTILIZACIÓN EQUITATIVA DE LAS AGUAS DE UNA CUENCA DE DRENAJE INTERNACIONAL. –

Se destaca que, cada estado tiene derecho a una participación razonable y equitativa en los beneficios de los usos de las aguas de una cuenca internacional, además se enlista los factores relevantes para determinar una repartición equitativa, que entre los que constan los siguientes:

1. La geografía de la cuenca, incluida, en particular, la extensión del área de drenaje en el territorio de cada Estado de cuenca;
2. La hidrología de la cuenca, incluida, en particular, la contribución del agua por cada Estado de cuenca;
3. El clima que afecta la cuenca;
4. La utilización anterior de las aguas de la cuenca, incluida, en particular, la utilización existente;
5. Las necesidades económicas y sociales de cada Estado de cuenca;
6. La población dependiente de las aguas de la cuenca en cada Estado de cuenca;
7. Los costos comparativos de los medios alternativos para satisfacer las necesidades económicas y sociales de cada Estado de cuenca;
8. La disponibilidad de otros recursos;

9. La evitación de desperdicios innecesarios en la utilización de las aguas de la cuenca;

10. La viabilidad de la compensación a uno o más de los Estados de cuenca como medio para ajustar los conflictos entre los usos; y

11. El grado en que pueden satisfacerse las necesidades de un Estado de cuenca, sin causar daños sustanciales a un Estado de cuenca.

Acota que el valor que se debe dar a cada uno de estos factores debe determinarse por su importancia en comparación con el de otros factores relevantes.

– Capítulo 3. CONTAMINACIÓN. –

Se define como contaminación del agua a cualquier cambio perjudicial producto de la conducta humana en la composición natural, contenido o calidad del agua de la cuenca hidrográfica internacional, además consta que, los estados copropietarios deben evitar cualquier nueva forma de contaminación del agua o cualquier incremento en el grado de contaminación existente que pueda causar daños sustanciales en el territorio del copropietario de la cuenca de drenaje internacional.

En el caso de producirse una violación de estas reglas establecidas, el estado responsable deberá suspender la conducta ilícita de manera inmediata, y a su vez indemnizar al estado copropietario afectado.

– Capítulo 4. NAVEGACIÓN. –

Un estado ribereño se lo considera a un estado a través, o a lo largo del cual fluye la parte navegable de un río o un lago, menciona que cada estado ribereño tiene derecho a disfrutar de los derechos de una navegación libre en todo el curso del río o lago.

Navegación libre incluye la libertad de movimiento en todo el curso navegable del río o lago, libertad para ingresar a puertos o muelles y, la libertad de transportar mercancías y pasajeros, entre el territorio de un Estado ribereño y el territorio del otro, así como de cada uno de estos hacia el mar.

– Capítulo 5. MADERA FLOTANTE. –

Se refiere a la posibilidad de transportar flotando madera producto de tala de árboles, es recomendable esta posibilidad si el curso del agua no es utilizado para fines de navegación, y solo si es de mutuo consentimiento entre los Estados ribereños, darle dicho uso al curso de agua.

– Capítulo 6. PROCEDIMIENTOS PARA LA PREVENCIÓN Y RESOLUCIÓN DE DISPUTAS. –

Este capítulo trata acerca de los procedimientos para la prevención y resolución de controversias internacionales, en cuanto a derechos legales u otros intereses de los Estados en las aguas de una cuenca de drenaje internacional.

De conformidad con la Carta de las Naciones Unidas, los Estados miembros tienen la obligación de resolver disputas internacionales en cuanto a sus derechos legales u otros intereses, por medios pacíficos, de tal manera que la paz y la seguridad internacionales no

se vean vulneradas, en este marco, se proponen algunos procedimientos tanto para la prevención de disputas, así como para la resolución definitiva de las disputas.

## **8.2. Marco legal del proyecto Puyango-Tumbes.**

El presente proyecto técnico tiene como marco legal:

- El “Convenio para el aprovechamiento de las Cuencas Hidrográficas Puyango-Tumbes y Catamayo-Chira, por parte de Ecuador y Perú”, suscrito el 27 de septiembre de 1971.
- Se crea a partir de este convenio la Comisión Mixta Ecuatoriano – Peruano para el aprovechamiento de las Cuencas Hidrográficas Binacionales Puyango-Tumbes y Catamayo-Chira, misma se encuentra conformadas por sus respectivas comisiones.
- El “Canje de Notas del 25 de octubre de 1985” entre Ecuador y Perú, al cual se le conoce como el “Acuerdo de Quito de octubre de 1985”.
- Las leyes aplicables al caso en el Perú y en el Ecuador, dentro de sus propios e independientes marcos jurídicos.
- Las resoluciones especiales adoptadas por la Comisión Mixta para la correcta aplicación de los Acuerdos, con relación a los caudales que están asignados al Ecuador y Perú.

## CONCLUSIONES

- El Proyecto Binacional Puyango – Tumbes constituye el único mecanismo para el ejercicio soberano, inalienable e inaplazable del derecho ecuatoriano, sobre el recurso hídrico de la cuenca Puyango – Tumbes, en el marco del Convenio para el Aprovechamiento de las cuencas hidrográficas binacionales Puyango – Tumbes y Catamayo – Chira, suscrito en Washington, por Ecuador y Perú el 27 de septiembre de 1971.
- El Proyecto Binacional Puyango – Tumbes incorporará a la producción a miles de familias ecuatorianas, a partir del desarrollo agrícola más de 70000 hectáreas correspondientes al máximo nivel de desarrollo en el Ecuador, elevando el nivel de calidad de vida de su población.
- La alternativa “Cazaderos solo” para el proyecto binacional Puyango – Tumbes, en el marco del Convenio Binacional de 1971, desde varios ángulos se presenta más atractiva que la alternativa” Marcabelí – Cazaderos” adoptada en el Acuerdo de Quito y analizada por el consorcio CIMELCO hasta 1990, principalmente gracias a que la capacidad reguladora multianual del embalse Cazaderos es aprovechada por los dos países, a la disminución del costo del proyecto (alrededor de 9.7%), así como al menor impacto ambiental.
- Los caudales trasvasados directamente desde el embalse Cazaderos hacia Ecuador, sin contra-regulación (regulación complementaria), posibilitarán satisfacer el segundo

nivel de desarrollo agrícola (IR2) y primera prioridad, que abarca 39020 hectáreas, con el nivel de garantía de 78 %, que permite lograr la sostenibilidad de la producción agrícola.

– Al igual que en la alternativa Marcabelí – Cazaderos, para lograr el máximo nivel de desarrollo agrícola (IR4) que abarca la totalidad de las 72702 hectáreas en el Ecuador, con un nivel de garantía aceptable, será necesario contar con una obra de contra-regulación en territorio ecuatoriano.

– La presa de enrocado, con núcleo ancho arcilloso, propuesta para el embalse Cazaderos, se posiciona como la mejor opción, tanto por las condiciones sísmicas de la zona, que, de acuerdo a estimaciones vigentes, determinan aceleraciones máximas horizontales de 0.4g, como por la disponibilidad del material del lugar requerido, como se pudo ratificar en la visita técnica realizada al área del proyecto; además, el volumen de excavaciones en el proyecto, con una estimación conservadora, cubrirían no menos del 50% del volumen requerido para la conformación de la presa de enrocado, con la consiguiente reducción del costo.

– La presa propuesta, de enrocado y 142 metros de altura, con núcleo central arcilloso, se consolida como técnicamente viable después de someterla a los diferentes análisis convencionales y satisfacer las condiciones requeridas en cada uno de ellos.

– La información cartográfica disponible limitó a una alternativa el análisis del trasvase Cazaderos – Tahuín, mediante túnel por territorio ecuatoriano, debido a que la franja topográfica de la zona del trasvase con canal abierto está localizada en territorio peruano y, por consiguiente, la información topográfica no se encuentra disponible; en

este contexto, la alternativa de trasvase en túnel presentada, tiene una longitud de aproximada de 62 kilómetros con sección transversal circular de diámetro interno de 5.20 metros y revestimiento de 0.45 metros; la alternativa de trasvase propuesta es técnicamente viable, puesto que satisface los dos posibles escenarios de funcionamiento que se pudieren presentar: con flujo a superficie libre y con flujo a presión; sin embargo, la gran longitud del trasvase propuesto incrementa los costos de la alternativa, lo que hace necesario el planteamiento de la alternativa con canal abierto, una vez que se cuente con la información topográfica necesaria, para la comparación técnico – económica de las dos alternativas.

– La gran magnitud del caudal de diseño del aliviadero de excedentes, el tipo de presa adoptada de material de lugar sin vertido incorporado, así como las condiciones topográficas y geológicas constatadas in situ, direccionan la elección de dos aliviaderos con pozo (morning glory), ubicados en las márgenes opuestas, diseñados para una capacidad de 6300 m<sup>3</sup>/s cada uno. La carga requerida por cada aliviadero es de 6.2 metros; esto hizo necesario disminuir en 4 metros el nivel normal de embalse, originando la reducción del volumen útil en 11 %, lo que a su vez determinó efectos mínimos despreciables en el diseño de las demás obras de ingeniería y una reducción despreciable en los niveles de garantía; bajo estas condiciones el nivel en el que se ubica la cresta del vertedero de ingreso con sección transversal circular de 67.62 metros de diámetro es 243 m.s.n.m, el pozo vertical tiene diámetro interno de 20 metros, mientras cada túnel de desfogue tiene sección transversal circular con diámetro interno de 15 metros y longitud diferente, de acuerdo con las condiciones topográficas.

- Los aliviaderos, dada su magnitud y la importancia del proyecto, deberán ser investigados en modelos hidráulicos a fin de obtener un diseño confiable.
- No se puede perder de vista que la alternativa con presa de hormigón a gravedad, si bien es superada por la de enrocado respecto a las condiciones sísmicas, en cambio tiene la ventaja de no requerir aliviadero de excedentes, como una o dos obras anexas de considerables dimensiones, pues lo tiene incorporado a su perfil.
- La definición de una u otra alternativa para la presa Cazaderos deberá realizarse en la etapa de factibilidad, sobre la base de informaciones geológico - geotécnica, sismológica y de materiales de lugar actualizadas con aceptable grado de confiabilidad.
- En la visita técnica se pudo evaluar in situ la información disponible y verificar la condición socioeconómica actual de la población, constatando que los habitantes de la parroquia Cazaderos en su gran mayoría viven en condiciones de pobreza, puesto que cuentan con servicios básicos de limitado acceso y sus ingresos económicos de subsistencia provienen de las actividades agro-productivas y pecuarias marginales.
- En la misma visita se evidenció que la información disponible guarda correspondencia con la realidad, a excepción de la información sismológica que identifica a la zona como de alta sismicidad, recomendando factores sísmicos elevados para el diseño de las obras civiles; al respecto se observó, en el sector de la presa y obras anexas, laderas de alta pendiente estables y sin evidencias de desplazamientos y deformaciones, hechos que también se evidencian en la orientación vertical de crecimiento de la cobertura vegetal.



– En el análisis económico comparativo realizado bajo las mismas condiciones y alcances, entre la alternativa Marcabelí – Cazaderos estudiada por el consorcio CIMELCO y, la propuesta Cazaderos solo, se determinó que la segunda es un 9.7% más económica, originando un ahorro de 177869563 de dólares americanos, es decir un ahorro de 1728 dólares /hectárea, al reducir los costos unitarios del proyecto de 17872 \$/Ha, a 16144 \$/Ha al año 1990.

– Como se ha mencionado, el proyecto Binacional Puyango – Tumbes, no debe estar sujeto a criterios de evaluaciones económicas - financieras convencionales, puesto que constituye el mecanismo para ejercer el derecho soberano e inalienable de los dos países, copropietarios de la cuenca, sobre un recurso hídrico que les corresponde y que constituye la única opción para incorporar al desarrollo bastas superficies de tierra; en Ecuador se incorporarán a la producción decenas de miles de hectáreas en la frontera sur y continuar con la postergación del proyecto equivale a renunciar expresamente a este derecho sobre un recurso natural y finito, debido particularmente al efecto de la ley de la gravedad en la dirección del flujo del agua del río Puyango, generando así un enorme perjuicio para actuales y futuras generaciones.

– Como resultado del análisis de impacto ambiental del proyecto se determinó que es positivo, con beneficio significativo, puesto que las áreas sometidas a intervención son puntuales, mientras que las áreas beneficiadas son significativamente extensas. En este contexto el proyecto Binacional Puyango – Tumbes si es viable desde el punto de vista medio ambiental.

Como se ha indicado la ejecución del proyecto Binacional Puyango – Tumbes, es técnica y medio ambientalmente viable, lo que retrasa su ejecución es la poca voluntad política que existe para ello. Debido a lo indicado, este proyecto de titulación introduce nuevos elementos de juicio que permitan a las funciones y autoridades involucradas evaluar, el gran perjuicio que históricamente se está causando a nuestro país, y asumir la responsabilidad histórica que le corresponde.

En el marco de relaciones internacionales, los acuerdos alcanzados entre Ecuador y Perú, copropietarios de la cuenca binacional Puyango – Tumbes constituyen verdaderos hitos, incluidos los consensos alcanzados en el Acuerdo de Quito de 1985, en el que se selecciona a la alternativa Marcabellí – Cazaderos. En este contexto, si bien es cierto que la alternativa Cazaderos solo, desarrollada en el presente trabajo de titulación, tiene importantes ventajas económicas, ambientales y de equidad en el uso de la capacidad reguladora multianual del embalse Cazaderos, bajo ningún concepto debe convertirse en motivo de postergación del proyecto binacional, en caso de que se dificulte un rápido consenso entre los dos países, respecto a la nueva alternativa.

### **RECOMENDACIONES**

– Es prioritario que, en el marco del Convenio Binacional, los dos países formulen y ejecuten un programa de recuperación, protección y manejo de la cuenca binacional Puyango – Tumbes con la finalidad de disminuir los procesos erosivos y contaminantes, particularmente en la cuenca alta, lo que permitirá mejorar la calidad del agua de manera inmediata y, en el mediano plazo, reducir la producción de sedimentos para preservar la

vida útil del embalse e incrementar la seguridad de las poblaciones ubicadas aguas abajo del sistema de regulación.

– Como parte del programa previo al inicio de la etapa de factibilidad se debe obtener información básica con el grado de detalle suficiente para llegar a diseños confiables que permitan obtener un presupuesto que no difiera en más de 10 % del costo final; esta información es primordial principalmente respecto las características geomecánicas de los macizos de implantación de las obras civiles, así como a las condiciones de sismicidad de la zona.

– Es necesario determinar con alto grado de certeza la calidad y los volúmenes disponibles de los materiales del lugar, principalmente para la conformación del enrocado de la presa, donde se requiere mayor volumen, además se debe determinar los volúmenes producidos en las excavaciones cercanas a ella, que se puedan reutilizar con el propósito de disminuir los costos en el transporte del material y por ende del proyecto.

– Considerando la importante duración prevista para incorporar al riego las tierras, será fundamental mantener una constante retroalimentación de las experiencias adquiridas paulatinamente, con el objeto de disminuir los periodos de incorporación, aumentar la eficiencia y a su vez la rentabilidad del proyecto en el corto, mediano y largo plazo.

## **REFERENCIAS**

Acuerdo de Quito. (25 de Octubre de 1985). *Canje de Notas del 25 de octubre de 1985*.

Quito, Pichincha, Ecuador: Ministerio de relaciones exteriores.

Bentley Systems, Inc. (2009). *FlowMaster v8.i*.

Bentley Systems, Inc. (2009). FlowMaster. *Catálogo* .

CGR Ingeniería. (Marzo de 1990). *Estudio Hidrológico del río Puyango - Tumbes*.

Chugaev, R. (1988). *Estructuras Hidráulicas*. Moscú, Rusia.

Consortio CIMELCO Consultores . (Abril de 1991). Proyecto Binacional Puyango-Tumbes. *Estudio de Factibilidad. Resumen Ejecutivo*.

Consortio CIMELCO Consultores. (Abril de 1991). Proyecto Binacional Puyango-Tumbes. *Estudio de Factibilidad. Informe Final. Documentos Justificatorios*.

Consortio CyA y LAGESA. (1990). *Estudio nacional peruano*. Perú.

Consortio ELECTROWATT, PRC, GEOTECNIA Y ADEC. (1990). *Estudio nacional ecuatoriano*. Ecuador.

Erbisti, P. C. (2014). *Diseño de Compuertas Hidráulicas* (Segunda ed.). Londres, Reino Unido: CRC Press/Balkema.

GAD Parroquial Cazaderos. (15 de Abril de 2016). Obtenido de Cazaderos GAD Parroquial: <http://www.cazaderos.gob.ec/>

Guirguidov, A. (2007). *Mecánica de Líquidos y gases*. San Petersburgo: Universidad Politécnica.

International Law Association . (1967). *International Water Law Project*. Obtenido de [https://www.internationalwaterlaw.org/documents/intldocs/ILA/ILA-HelsinkiRules1966-as\\_amended.pdf](https://www.internationalwaterlaw.org/documents/intldocs/ILA/ILA-HelsinkiRules1966-as_amended.pdf)

Ministerio de desarrollo regional Federacion Rusa. (2012). *Compendio de Normas 58.13330*. Rusia.

Ministerio de Relaciones Exteriores. (27 de Septiembre de 1971). *Convenio para el Aprovechamiento de las Cuencas Hidrográficas Puyango- Tumbes y Catamayo - Chira, por parte de Ecuador y Perú*. Washington D.C, Estados Unidos.

Ministerio del Ambiente. (Marzo de 2013). *Estudios de potenciales impactos ambientales y vulnerabilidad*. Recuperado el Agosto de 2018, de Ministerio del Ambiente: <http://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/03/PART11.pdf>

Novak, P., Moffat, A. I., & Nalluri, C. (2001). *Estructuras Hidráulicas* (Segunda ed.). (E. Herrera, Ed., & G. Santos, Trad.) Bogotá, Colombia: McGraw-Hill.

Romanko, N. (1976). *Hidráulica* (Vol. II). Kiev, Rusia: Teknika.

University of Minnesota. (2018). *Manual on the Planning and Design of Hydraulic Tunnels*. Minnesota: Central Board of Irrigation & Power.

Zuykov, A., & Volgina, L. (2017). *Hidráulica* (Vol. II). Rusia: Litros.

## ANEXOS

### **Anexo 1. Convenio binacional Ecuatoriano – Peruano de 1971**

Después de una serie de acuerdos previos entre Ecuador y Perú, el 27 de septiembre de 1971, se firmó el Convenio Binacional Ecuatoriano-Peruano para el Aprovechamiento de las Cuencas Hidrográficas Binacionales Puyango-Tumbes y Catamayo-Chira, que incluye los siguientes puntos:

Art. 1) Las partes reconocen recíprocamente la vigencia de las normas de Derecho Internacional para la utilización por cada Parte, dentro de su territorio, de aguas de las cuencas Puyango-Tumbes y Catamayo-Chira, en razón de sus necesidades y siempre que no cause daño o perjuicio a la otra Parte.

Art. 2) Ambas Partes convienen en desarrollar progresivamente los entendimientos para ejecutar las diferentes formas de colaboración necesarias entre los dos países, destinados al aprovechamiento de las cuencas Puyango-Tumbes y Catamayo-Chira, según el grado, las modalidades y el calendario de realizaciones que cada caso requiera.

Art. 3) Las partes realizarán gestiones conjuntas, ante los organismos internacionales de crédito, para ejecutar proyectos de aprovechamiento hídrico que tengan carácter binacional, así como programas de conservación de cuenca y de instalación de estaciones meteorológicas e hidrogeológicas.

Art. 4) Las acciones y obras a realizarse tanto en la cuenca Puyango-Tumbes, como en la cuenca Catamayo-Chira no deberán afectar los actuales aprovechamientos de riego y otros

usos d agua que, situados en ambos países, no constituyen parte de proyectos específicos nacionales o del binacional.

Art. 5) Los dos países acuerdan legalmente establecer en sus respectivos territorios, un programa de ampliación de las redes hidrológicas, meteorológicas y de medición de sedimentos, así como la operación, mantenimiento y procesamiento de datos, en forma coordinada.

Art. 6) Los dos países se comprometen a establecer a un programa para la conservación y mejoramiento de las cuencas binacionales Puyango-Tumbes y Catamayo-Chira, en forma conjunta, realizando los estudios y acciones necesarios a través de la Comisión Mixta creada por el Convenio.

El financiamiento de los estudios y de las acciones y obras que deban realizarse, será afrontado por cada uno de los países, en proporción al beneficio específico que reciban.

Art. 7) Las Partes convienen en que, de acuerdo a las informaciones intercambiadas, el caudal del Chira es suficiente para llevar a cabo los respectivos proyectos nacionales en la magnitud y dentro de la prioridad que hasta la fecha han sido programados, por lo que ambas partes acuerdan realizarlos en el entendimiento de que su ejecución se sujetara a las normas de uso racional que satisfagan las necesidades sociales y económicas de las poblaciones situadas en las áreas de influencia, tal que ha sido previsto en las respectivas programaciones.

Art. 8) Acuerdan así mismo la adopción de un sistema regular de adecuada información recíproca sobre los proyectos existenciales y futuros, así como sobre la utilización actual de las aguas por cada país. Para tales efectos, y en los términos que señala el presente Convenio, las Partes intercambiarán los datos hidrológicos, meteorológicos y cartográficos, así como los estudios de utilización de aguas a través de todas las etapas sucesivas de su elaboración.

Art. 9) De conformidad con las normas enunciadas en el sexto párrafo considerativo del presente Convenio, y en el caso de que Ecuador contemple efectuar en la cuenca Catamayo-Chira proyectos para el aprovechamiento de aguas en una magnitud que pudiera, entre otras soluciones, hacer necesaria la realización de obras de adecuación para asegurar el normal funcionamiento de los proyectos programados por el Perú, a solicitud de cualquiera de las Partes, se efectuarán de inmediato reuniones técnicas para que, con un criterio de equidad y cooperación, se adopten las medidas necesarias para garantizar el normal funcionamiento de los proyectos programados por ambos países.

Igual norma aplicará para el caso de que el Perú contemple ejecutar proyectos adicionales a los actuales programados.

Art. 10) Las Partes realizarán las acciones y obras indispensables para la ejecución del Proyecto Binacional Puyango-Tumbes, que consiste en el aprovechamiento de, al menos, 50000 hectáreas en el Ecuador, y, al menos, 20000 hectáreas en el Perú y otros usos, sin afectar en régimen natural del río Tumbes hasta el límite de las demandas de los actuales usos y el mejoramiento de riego en las tierras de cultivo de ambos países.



Los estudios definitivos comprenderán las posibilidades adicionales en el Ecuador y en el Perú, que, en el caso del Perú, incluirán las 160000 hectáreas ubicadas en los pequeños valles vecinos al río Tumbes, cuya localización será precisada por el Perú, así como también la regulación de riego en las actuales tierras cultivadas de los dos países. En base de dichos estudios definitivos, la Comisión Mixta determinará el área total a irrigarse, que será la que se adopte como definitiva del Proyecto, satisfaciendo prioritariamente a la irrigación de las 70000 hectáreas primero indicadas. Si las posibilidades nacionales fueran mayores que las necesidades de las 160000 hectáreas arriba mencionadas, los excedentes serán considerados para el Ecuador y Perú dentro siempre del espíritu, normas y principios expresados en el párrafo considerativo N°6 del presente Convenio.

Los nuevos aprovechamientos del Puyango-Tumbes que no hayan quedado incluidos en el Proyecto Binacional, se podrán verificar mediante las medidas que la Comisión Mixta recomiende a los dos Gobiernos.

Art. 11) Los dos países se comprometen a dar la más alta prioridad e iniciar de inmediato y continuar ininterrumpidamente todas las acciones necesarias para una pronta ejecución del Proyecto Puyango-Tumbes, mencionado en el Art. 10, en forma conjunta y con carácter binacional.

Para el cumplimiento de lo dispuesto en el párrafo anterior, el Perú y el Ecuador se comprometen a presentar, cuanto antes, una solicitud conjunta ante el Banco Internacional de Desarrollo u otro organismo internacional de financiamiento, para la realización de los

estudios necesarios que incluyen el diseño del proyecto, a fin de obtener un documento apto para respaldar el financiamiento en orden a la ejecución de las obras.

Art. 12) El Proyecto Puyango-Tumbes deberá ser afrontado con carácter binacional y tendrá prioridad sobre todo otro proyecto nacional que afecte o quede involucrado dentro del binacional.

Art. 13) Los costos de los estudios y de las obras comunes del Proyecto serán cubiertos por los dos países en proporción a los volúmenes de agua y energía que en definitiva sean entregados a cada país.

Hasta disponer de los estudios definitivos, los dos países cubrirán el costo de esos estudios por partes iguales, debiendo hacerse una primera compensación en proporción a los volúmenes de agua y energía cuya entrega se prevea a cada país, después de que los estudios sean oficialmente aprobados por el Perú y el Ecuador.

Art. 14) Crease la Comisión Mixta Peruano-Ecuatoriana para las cuencas Puyango-Tumbes y Catamayo-Chira, que en adelante se denomina “Comisión Mixta”, con los siguientes objetivos principales:

1. Para las cuencas Puyango-Tumbes y Catamayo-Chira.
  - a. Realizar estudios sobre las condiciones actuales de las cuencas y las implicaciones que para ellas tienen los proyectos actuales y futuros, con el fin de establecer un programa de acciones y obras para su conservación y mejoramiento, fijando el financiamiento que corresponda a cada país, así como ejecutar los programas de obras que se acuerden.

b. Establecer un programa coordinado para la obtención, manejo y procesamiento de la información hidrológica, meteorológica y de medición de sedimentos, unificando las normas a las que deben sujetarse ambos países, así como para construirlas, instalarlas y operarlas, centralizando la información y publicando las estadísticas respectivas.

c. Preparar todos los documentos e informes que, dentro de su campo de acción y en relación a las cuencas, solicite cualquiera de las partes.

2. Para la cuenca Puyango-Tumbes

Realizar todas las acciones necesarias incluyendo la negociación y suscripción de los contratos y compromisos del caso, para la más pronta ejecución del Proyecto Binacional Puyango-Tumbes.

3. Para la cuenca Catamayo -Chira

Asumir, cuando sea expresamente facultado por las partes en forma conjunta, la realización de las reuniones técnicas a que se refiere el Art. 9 del presente Convenio.

Art. 15) Las Partes se comprometen a dar las facilidades y delegar la autoridad que sean necesarias para el adecuado funcionamiento de la Comisión Mixta. Cada una de las Partes sufraga los gastos que origine la participación de sus representantes de la Comisión Mixta, de la Sub-Comisión Nacional respectiva, en la estructura administrativa correspondiente y en los grupos de trabajo que se constituyeren. Los otros egresos serán sufragados conjuntamente por ambas Partes en la forma que se conviene para cada oportunidad.

Art. 16) La Comisión Mixta elabora su reglamento definitivo dentro del término de 90 días contados a partir de la entrada en vigencia del presente Convenio. Dicho reglamento será aprobado por las Partes mediante cambio de notas.

Art. 17) El presente Convenio entrará en vigor en día del canje de las notificaciones, acto que se realizará en la ciudad de Lima, y tendrá vigencia indefinida, hasta que uno de los Gobiernos manifieste al otro, con anticipación de por lo menos tres meses, su proposición de modificarlo o ponerle término, previamente a lo cual se promoverán reuniones técnicas a fin de determinar las condiciones más convenientes para el efecto.

## **Anexo 2. Acuerdo de Quito de 1985**

Después de una serie de importantes negociaciones con un canje de notas el 25 de octubre de 1985 nace el Acuerdo de Quito, cuyo contenido es el siguiente:

1. El aprovechamiento hídrico del proyecto binacional se llevará a cabo a través de los embalses de Marcabelí y Cazaderos, los cuales tendrán la elevación necesaria para la regulación de los caudales del sistema Puyango-Tumbes.

El embalse de Marcabelí deberá ser diseñado para un volumen total máximo de 1400 millones de m<sup>3</sup>.

El embalse de Cazaderos deberá ser diseñado para un volumen total máximo de 3200 millones m<sup>3</sup>.

2. El caudal afluente al embalse Marcabelí deberá repartirse en la proporción de 5/7 para el Ecuador y 2/7 para el Perú, que se verificará en forma conjunta.

El Ecuador, dispondrá de 52 m<sup>3</sup>/s. del caudal regulado en el embalse de Marcabelí para su trasvase a la cuenca del río Arenillas.

3. Además de los 52 m<sup>3</sup>/s. indicados en el punto anterior, en Ecuador dispondrá de 5,7 m<sup>3</sup>/s. promedio de las aguas del río Puyango, estos últimos correspondientes a 3,7 m<sup>3</sup>/s. para mejora de riego en la cuenca alta aguas arriba de Marcabelí y de 2 m<sup>3</sup>/s. promedio para la zona ecuatoriana Cazaderos, desde el embalse del mismo nombre.

4. Las partes deberán acordar entre ellas al destino y eventual distribución de los retornos que escurrieren al río Zarumilla, luego de la utilización de los caudales distribuidos entre ellas.

5. La energía que genera la central a partir de Marcabelí será para el Ecuador y la de Cazaderos para el Perú. Sin embargo, el Ecuador dispondrá de la central que el Perú construya a partir de Cazaderos de la energía que el estudio de factibilidad determine como necesaria para el bombeo de 2 m<sup>3</sup>/s. que genere el funcionamiento de la instalación pertinente, a fin de asegurar que dichas aguas lleguen a un sitio en que puedan ser aprovechadas para regar tierras ecuatorianas.

6. El costo de la presa Marcabelí y obras conexas será de cargo del Ecuador.

El costo de la presa Cazaderos y obras conexas será de cargo de Perú e incluirá el pago de las indemnizaciones correspondientes a los bienes muebles e inmuebles, tanto privados

como públicos, cuya disposición resultare necesaria para la ejecución de estas obras, especialmente de los costos de reasentamiento de las personas que fueron desplazadas.

La indemnización que por todo concepto corresponda a las obras de Cazaderos se determinará de mutuo acuerdo en base a los estudios de factibilidad.

7. La Comisión Mixta establecerá un sistema de operación estrechamente coordinado de los embalses de Marcabelí y Cazaderos para garantizar la oportuna entrega de las dotaciones acordadas y, en general, para evitar que la operación de las presas cause daño a cualquiera de los dos países.

8. Se adoptará un cronograma de ejecución para la construcción coordinada de las presas y de sus obras complementarias.

9. Se deberá convenir en un mecanismo de negociación adecuado a fin de concertar los acuerdos de cooperación necesarios para el desarrollo, conservación y aprovechamiento de los recursos que se generan en el embalse de Cazaderos y en sus riberas, para la protección del medio ambiente, especialmente de sus aguas; y para las comunicaciones y el transporte.

10. Las Partes realizarán de modo conjunto ante los organismos internacionales de crédito, las gestiones necesarias para complementar los estudios y realizar la ejecución de Proyectos Puyango-Tumbes, así como de los programas de conservación de cuencas y otros mencionados en el numeral noveno o pro acordarse.

11. Los gobiernos de Ecuador y Perú impartirán instrucciones a sus representantes en la Comisión Mixta Ecuatoriano-peruana para el Aprovechamiento de las Cuencas Hidrográficas Binacionales Puyango-Tumbes y Catamayo-Chira, a fin de que se adopte las medidas apropiadas para informar al Banco Internacional de Desarrollo acerca del acuerdo que es materia del presente cambio de notas y para lograr la participación de dicho organismo en el financiamiento del proyecto Binacional Puyango-Tumbes. De no lograrse en acuerdo con el BID, la Comisión Mixta iniciará gestiones para negociar la financiación con otros organismos internacionales de crédito, u otras fuentes financieras.

12. La Comisión Mixta adoptará las medidas necesarias para que la línea de frontera quede señalada en forma variable en el espejo de agua del embalse de Cazaderos.

13. Finalmente, conviene en que las cuestiones relacionadas con la vigilancia fronteriza y la presencia y actividades militares en el embalse de Cazaderos y su entorno serán objeto de un acuerdo entre las autoridades competentes de los dos países.

**Anexo 3. Estadísticas mensuales de los datos pseudohistóricos del río Puyango en Marcabelí**

<b>ESTADÍSTICAS MENSUALES DE LOS DATOS PSEUDOHISTÓRICOS DEL RÍO PUYANGO EN MARCABELÍ</b>													
<b>m<sup>3</sup>/s</b>													
<b>AÑO</b>	<b>ENE</b>	<b>FEB</b>	<b>MAR</b>	<b>ABR</b>	<b>MAY</b>	<b>JUN</b>	<b>JUL</b>	<b>AGO</b>	<b>SEPT</b>	<b>OCT</b>	<b>NOV</b>	<b>DIC</b>	<b>TOTAL</b>
<b>1964</b>	54.70	120.40	123.30	205.40	97.50	39.50	25.40	18.80	15.30	15.20	17.30	21.50	62.86
<b>1965</b>	51.20	103.40	213.60	280.60	206.70	63.90	35.10	23.80	18.70	19.00	23.40	35.20	89.55
<b>1966</b>	121.40	123.80	113.50	102.20	64.30	35.20	23.40	17.10	13.30	18.70	11.80	11.70	54.70
<b>1967</b>	42.70	188.10	153.60	77.20	45.00	29.30	21.00	15.70	12.80	11.40	10.20	9.50	51.38
<b>1968</b>	16.60	38.00	105.00	50.70	28.20	17.60	15.80	11.80	9.70	12.20	6.70	9.00	26.78
<b>1969</b>	29.60	83.50	127.60	291.60	94.00	62.00	25.60	21.00	15.70	12.70	12.80	34.70	67.57
<b>1970</b>	78.40	124.40	112.50	81.80	125.90	55.70	29.10	18.40	14.80	14.40	12.80	24.20	57.70
<b>1971</b>	84.70	171.80	239.70	191.00	76.10	43.30	30.60	22.40	19.00	16.90	15.30	24.20	77.92
<b>1972</b>	83.00	137.70	302.50	210.20	111.40	85.20	43.30	27.40	21.60	20.30	19.90	64.10	93.88
<b>1973</b>	72.30	179.40	220.70	261.10	137.60	64.40	38.90	26.20	20.90	15.10	15.10	21.00	89.39
<b>1974</b>	54.00	157.70	184.20	104.10	90.90	47.00	31.70	19.70	15.60	19.30	19.50	36.50	65.02
<b>1975</b>	58.20	173.40	317.20	269.60	130.80	83.90	45.10	32.00	22.20	24.70	21.10	17.50	99.64
<b>1976</b>	88.80	333.40	280.70	169.70	93.00	38.30	29.30	20.20	15.60	12.80	11.60	15.00	92.37
<b>1977</b>	45.40	112.30	91.50	111.20	65.70	32.00	21.70	16.40	14.00	15.24	12.90	15.20	46.13
<b>1978</b>	48.47	52.60	76.80	106.50	71.50	42.52	25.50	16.90	13.80	11.40	8.50	18.90	41.12
<b>1979</b>	43.63	86.14	202.70	112.60	67.40	45.50	25.40	19.50	18.30	9.80	8.60	8.90	54.04
<b>1980</b>	25.50	128.20	92.40	104.38	71.30	34.90	20.60	13.50	10.10	11.10	11.40	33.00	46.37
<b>1981</b>	57.40	137.90	241.50	124.50	64.40	33.80	23.30	16.50	13.10	11.50	10.90	20.70	62.96
<b>1982</b>	48.10	133.60	108.50	122.20	67.60	46.30	24.70	15.60	13.20	20.50	69.20	226.10	74.63



<b>AÑO</b>	<b>ENE</b>	<b>FEB</b>	<b>MAR</b>	<b>ABR</b>	<b>MAY</b>	<b>JUN</b>	<b>JUL</b>	<b>AGO</b>	<b>SEPT</b>	<b>OCT</b>	<b>NOV</b>	<b>DIC</b>	<b>TOTAL</b>
<b>1983</b>	238.40	193.10	179.30	200.30	155.00	98.40	58.30	37.40	19.30	25.10	20.60	56.50	106.81
<b>1984</b>	51.00	188.70	156.00	278.20	98.50	53.60	32.30	20.50	19.50	23.30	14.10	31.40	80.59
<b>1985</b>	89.30	87.50	100.20	90.70	53.70	33.30	19.70	13.00	10.10	8.50	6.60	22.70	44.61
<b>1986</b>	86.50	144.90	104.80	140.70	80.90	40.10	22.20	14.40	10.10	8.30	10.40	13.00	56.36
<b>1987</b>	76.60	69.50	90.40	80.70	98.50	45.70	26.10	18.30	12.20	10.60	12.40	12.10	46.09
<b>MEDIA</b>	68.58	136.23	164.09	156.97	91.50	48.81	28.92	19.85	15.37	15.34	15.96	32.61	66.19

FUENTE: (Consortio CIMELCO Consultores, 1991)

**Anexo 4. Estadísticas mensuales de los datos pseudohistóricos del río Puyango en Cazaderos.**

<b>ESTADÍSTICAS MENSUALES DE LOS DATOS PSEUDOHISTORICOS DEL RÍO PUYANGO EN CABO INGA(CAZADEROS)</b>													
<b>m3/s</b>													
<b>AÑO</b>	<b>ENE</b>	<b>FEB</b>	<b>MAR</b>	<b>ABR</b>	<b>MAY</b>	<b>JUN</b>	<b>JUL</b>	<b>AGO</b>	<b>SEPT</b>	<b>OCT</b>	<b>NOV</b>	<b>DIC</b>	<b>TOTAL</b>
<b>1964</b>	81.90	152.93	160.81	346.13	132.54	53.72	34.36	25.34	20.00	18.13	18.45	21.99	88.86
<b>1965</b>	62.30	128.74	346.94	591.83	414.72	125.32	61.90	40.74	31.87	29.78	32.83	45.62	159.38
<b>1966</b>	161.28	175.16	172.82	145.98	94.62	53.61	34.41	24.34	18.81	22.99	17.40	16.32	78.15
<b>1967</b>	52.20	241.42	202.47	100.75	59.01	38.07	26.66	18.79	15.38	14.25	12.16	11.89	66.09
<b>1968</b>	18.99	42.25	115.31	69.58	33.58	21.44	16.46	12.21	10.79	12.91	9.44	10.18	31.10
<b>1969</b>	41.17	94.62	187.62	433.71	159.23	62.95	45.62	30.08	25.48	19.03	19.03	45.68	97.02
<b>1970</b>	111.96	154.15	139.29	108.70	160.49	74.27	38.24	25.99	20.18	18.97	17.56	32.63	75.20
<b>1971</b>	104.89	302.63	404.58	325.89	134.21	72.14	46.53	31.62	26.10	22.38	19.39	33.55	126.99
<b>1972</b>	92.55	181.37	485.44	352.35	184.79	116.13	65.61	43.72	33.42	28.03	27.25	84.85	141.29
<b>1973</b>	255.83	415.23	482.49	422.78	193.69	109.40	62.91	41.91	31.83	24.39	21.31	27.79	174.13
<b>1974</b>	60.08	200.20	287.04	153.72	141.07	70.26	41.86	27.35	21.65	23.70	23.39	40.28	90.88
<b>1975</b>	68.30	265.26	517.71	367.83	198.22	112.96	57.73	38.45	28.23	36.83	25.38	22.30	144.93
<b>1976</b>	99.33	409.34	508.38	306.53	161.94	80.06	48.55	33.16	24.65	18.56	13.75	16.95	143.43
<b>1977</b>	56.87	175.57	165.95	215.12	109.00	55.33	31.20	24.23	18.97	16.45	14.23	15.15	74.84
<b>1978</b>	55.41	65.54	120.04	170.12	98.00	53.88	31.06	20.60	16.39	14.60	10.99	17.03	56.14
<b>1979</b>	47.54	111.25	306.05	178.93	80.95	54.40	29.11	22.95	23.87	14.98	10.25	10.01	74.19
<b>1980</b>	25.14	139.88	96.78	160.36	91.73	45.21	26.42	21.20	14.73	13.42	14.20	36.12	57.10
<b>1981</b>	61.03	183.46	317.31	173.09	94.37	43.45	26.19	18.48	17.30	16.30	13.90	25.17	82.50

<b>AÑO</b>	<b>ENE</b>	<b>FEB</b>	<b>MAR</b>	<b>ABR</b>	<b>MAY</b>	<b>JUN</b>	<b>JUL</b>	<b>AGO</b>	<b>SEPT</b>	<b>OCT</b>	<b>NOV</b>	<b>DIC</b>	<b>TOTAL</b>
<b>1982</b>	61.29	142.28	118.86	153.94	84.00	55.70	31.97	19.40	15.86	30.34	119.61	379.81	101.09
<b>1983</b>	597.05	581.59	619.70	628.86	580.23	394.89	179.11	81.23	37.77	43.42	37.79	79.34	321.75
<b>1984</b>	88.67	390.22	399.94	391.01	197.00	87.98	58.25	39.13	31.62	33.26	27.10	53.82	149.83
<b>1985</b>	119.03	99.78	145.50	128.83	90.68	40.12	25.93	20.08	16.87	15.00	12.96	30.15	62.08
<b>1986</b>	141.74	248.22	156.35	227.47	152.31	54.57	33.58	24.43	18.77	16.50	19.56	20.50	92.83
<b>1987</b>	125.79	66.20	133.85	112.16	218.47	57.66	35.14	27.11	18.42	16.42	19.74	12.68	70.30
<b>MEDIA</b>	107.93	206.97	274.63	261.07	161.04	80.56	45.37	29.69	22.46	21.69	23.24	45.41	106.67

FUENTE: (Consortio CIMELCO Consultores, 1991)

**Anexo 5. Caudal medio mensual de demanda para irrigación con máximo nivel de desarrollo IR4 en el Ecuador.**

<b>DEMANDA MENSUAL PARA IRRIGACIÓN IR4</b>													
<b>ECUADOR</b>													
<b>m3/s</b>													
<b>AÑO</b>	<b>ENE</b>	<b>FEB</b>	<b>MAR</b>	<b>ABR</b>	<b>MAY</b>	<b>JUN</b>	<b>JUL</b>	<b>AGO</b>	<b>SEPT</b>	<b>OCT</b>	<b>NOV</b>	<b>DIC</b>	<b>TOTAL</b>
<b>1964</b>	30.20	34.02	33.91	42.71	52.11	52.00	45.04	52.00	52.00	47.16	46.54	41.86	44.13
<b>1965</b>	30.20	34.02	33.91	42.71	52.21	52.00	45.04	52.21	52.00	47.16	46.54	41.86	44.16
<b>1966</b>	30.20	34.02	33.91	42.71	52.21	52.00	45.04	52.00	52.00	47.16	46.54	41.86	44.14
<b>1967</b>	30.20	34.02	33.91	42.71	52.00	52.00	45.04	52.00	52.00	47.16	46.54	25.10	42.72
<b>1968</b>	9.63	31.13	33.91	42.71	52.00	10.32	8.45	4.45	2.32	4.90	0.00	1.87	16.81
<b>1969</b>	22.63	34.02	33.91	42.71	52.00	52.00	45.04	52.00	52.00	47.16	46.54	41.86	43.49
<b>1970</b>	30.20	34.02	33.91	42.71	52.00	52.00	45.04	52.00	52.00	47.16	21.24	17.07	39.95
<b>1971</b>	30.20	34.02	33.91	42.71	52.00	52.00	45.04	52.00	52.00	47.16	46.54	41.86	44.12
<b>1972</b>	30.20	34.02	33.91	42.71	52.21	52.00	45.04	52.21	52.00	47.16	46.54	41.86	44.16
<b>1973</b>	30.20	34.02	33.91	42.71	52.21	52.00	45.04	52.21	52.00	47.16	46.54	41.86	44.16
<b>1974</b>	30.20	34.02	33.91	42.71	52.21	52.00	45.04	52.21	52.00	47.16	46.54	41.86	44.16
<b>1975</b>	30.20	34.02	33.91	42.71	52.21	52.00	45.04	52.21	52.00	47.16	46.54	41.86	44.16
<b>1976</b>	30.20	34.02	33.91	42.71	52.21	52.00	45.04	52.21	52.00	47.16	46.54	41.86	44.16
<b>1977</b>	30.20	34.02	33.91	42.71	52.21	52.00	45.04	52.21	52.00	47.16	46.54	41.86	44.16
<b>1978</b>	30.20	34.02	33.91	42.71	52.21	52.00	45.04	52.21	19.30	4.10	1.21	11.77	31.56
<b>1979</b>	30.20	34.02	33.91	42.71	52.21	52.00	45.04	52.21	52.00	47.16	46.54	4.77	41.06
<b>1980</b>	18.53	34.02	33.91	42.71	52.21	52.00	45.04	52.00	52.00	3.80	4.11	25.87	34.68
<b>1981</b>	30.20	34.02	33.91	42.71	52.00	52.00	45.04	52.00	52.00	47.16	46.54	13.57	41.76
<b>1982</b>	30.20	34.02	33.91	42.71	52.00	52.00	45.04	52.00	51.55	13.20	46.54	41.86	41.25
<b>1983</b>	30.20	34.02	33.91	42.71	52.21	52.00	45.04	52.21	52.00	47.16	46.54	41.86	44.16

<b>AÑO</b>	<b>ENE</b>	<b>FEB</b>	<b>MAR</b>	<b>ABR</b>	<b>MAY</b>	<b>JUN</b>	<b>JUL</b>	<b>AGO</b>	<b>SEPT</b>	<b>OCT</b>	<b>NOV</b>	<b>DIC</b>	<b>TOTAL</b>
<b>1984</b>	30.20	34.02	33.91	42.71	52.21	52.00	45.04	52.21	52.00	47.16	46.54	41.86	44.16
<b>1985</b>	30.20	34.02	33.91	42.71	52.21	52.00	45.04	52.21	52.00	47.16	46.54	41.86	44.16
<b>1986</b>	30.20	34.02	33.91	42.71	52.21	52.00	45.04	52.00	52.00	47.16	46.54	41.86	44.14
<b>1987</b>	30.20	34.02	33.91	42.71	52.00	52.00	45.04	52.00	6.79	3.30	5.11	4.97	30.17
<b>MEDIA</b>	28.54	33.90	33.91	42.71	52.14	50.26	43.52	50.12	46.67	38.56	38.16	32.28	40.90

FUENTE: (Consortio CIMELCO Consultores, 1991)

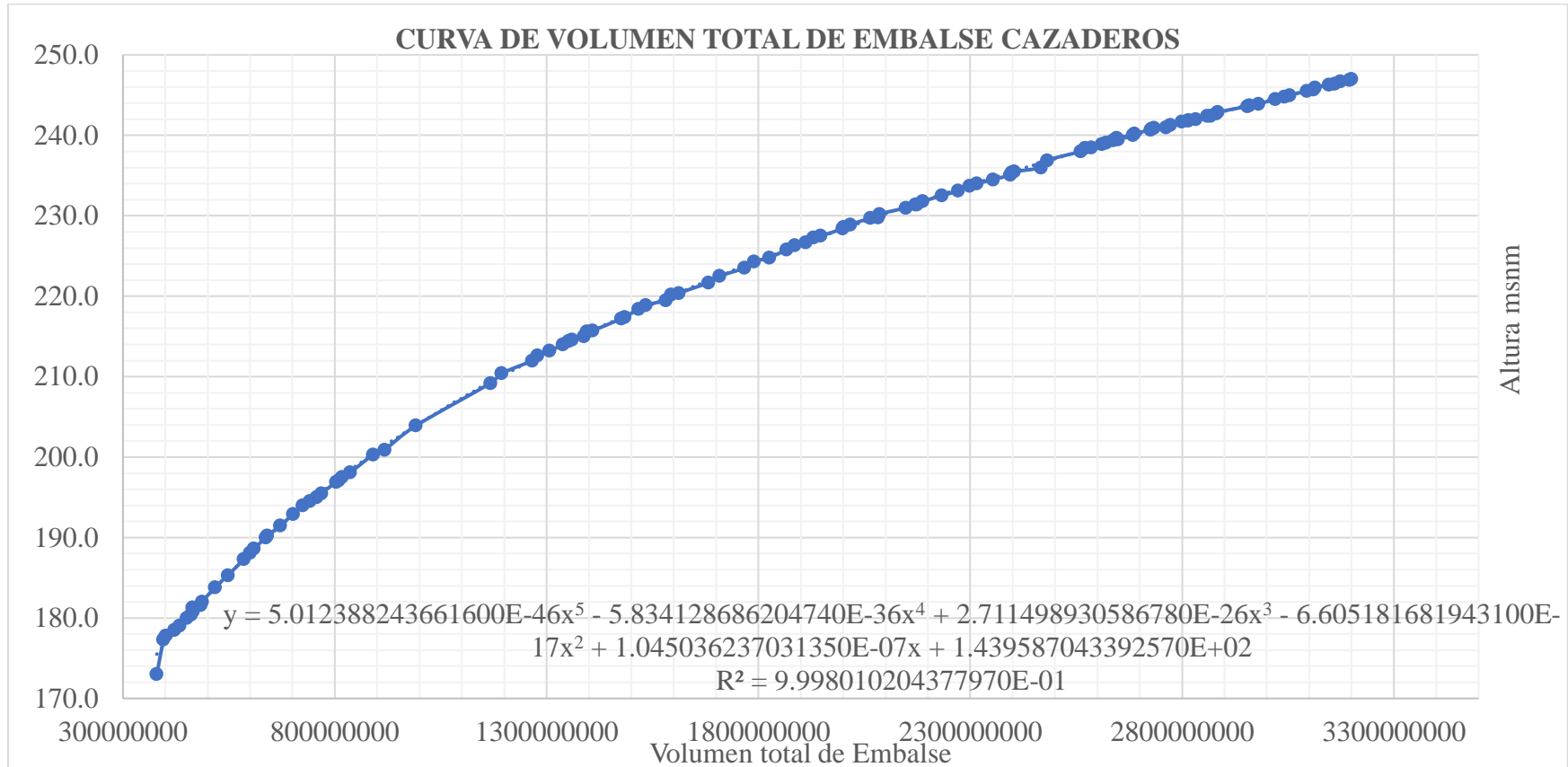
**Anexo 6. Caudal medio mensual de demanda para irrigación con máximo nivel de desarrollo IR4 en el Perú.**

<b>DEMANDA MENSUAL PARA IRRIGACIÓN IR4</b>													
<b>PERÚ</b>													
<b>m3/s</b>													
<b>AÑO</b>	<b>ENE</b>	<b>FEB</b>	<b>MAR</b>	<b>ABR</b>	<b>MAY</b>	<b>JUN</b>	<b>JUL</b>	<b>AGO</b>	<b>SEPT</b>	<b>OCT</b>	<b>NOV</b>	<b>DIC</b>	<b>TOTAL</b>
<b>1964</b>	60.22	65.24	55.69	60.23	63.46	62.9	51.81	44.04	48.18	42.74	48.85	57.63	55.08
<b>1965</b>	60.22	65.24	55.69	60.23	63.46	62.9	51.81	44.04	48.18	42.74	48.85	57.63	55.08
<b>1966</b>	60.22	65.24	55.69	60.23	63.46	62.9	51.81	44.04	48.18	42.74	48.85	57.63	55.08
<b>1967</b>	60.22	65.24	55.69	60.23	63.46	62.9	51.81	44.04	48.18	42.74	48.85	57.63	55.08
<b>1968</b>	60.22	65.24	55.69	60.23	63.45	62.9	51.81	44.04	48.18	7.57	6.62	6.28	44.35
<b>1969</b>	17.3	30.9	55.69	60.23	63.46	62.9	51.81	44.04	48.18	42.74	48.85	57.63	48.64
<b>1970</b>	54.07	46.11	42.88	46.55	57.53	41.47	28.23	28.59	26.49	24.2	9.23	13.53	34.91
<b>1971</b>	36.84	65.24	55.69	60.23	63.46	62.9	51.81	44.04	48.18	42.74	48.85	57.63	53.13
<b>1972</b>	60.22	65.24	55.69	60.23	63.46	62.9	51.81	44.04	48.18	42.74	48.85	57.63	55.08
<b>1973</b>	60.22	65.24	55.69	60.23	63.46	62.9	51.814	44.04	48.18	42.74	48.85	57.63	55.08
<b>1974</b>	60.22	65.24	55.69	60.23	63.46	62.9	51.81	44.04	48.18	42.74	48.85	57.63	55.08
<b>1975</b>	60.22	65.24	55.69	60.23	63.46	62.9	51.81	44.04	48.18	42.74	48.85	57.63	55.08
<b>1976</b>	60.22	65.24	55.69	60.23	63.46	62.9	51.81	44.04	48.18	42.74	48.85	57.63	55.08
<b>1977</b>	60.22	65.24	55.69	60.23	63.46	62.9	51.81	44.04	48.18	42.74	48.85	57.63	55.08
<b>1978</b>	60.22	65.24	55.69	60.23	63.46	62.9	51.81	44.04	48.18	42.74	48.85	57.63	55.08
<b>1979</b>	60.22	65.24	55.69	60.23	63.46	62.9	51.81	44.04	27.78	9.45	6.12	6.21	42.76

<b>AÑO</b>	<b>ENE</b>	<b>FEB</b>	<b>MAR</b>	<b>ABR</b>	<b>MAY</b>	<b>JUN</b>	<b>JUL</b>	<b>AGO</b>	<b>SEPT</b>	<b>OCT</b>	<b>NOV</b>	<b>DIC</b>	<b>TOTAL</b>
<b>1980</b>	5.37	17.84	10.33	60.23	27.74	15.87	10.39	11.4	14.39	6.59	7.27	8.22	16.30
<b>1981</b>	21.3	64.23	55.69	60.23	63.46	62.9	31.07	23.29	25.53	24.6	17.94	9.57	38.32
<b>1982</b>	29.45	26.34	27.52	52.05	39.83	32.63	26.62	24.98	6.46	14.11	48.85	57.63	32.21
<b>1983</b>	60.22	65.24	55.69	60.23	63.46	62.9	51.81	44.04	48.18	42.74	48.85	57.63	55.08
<b>1984</b>	60.22	65.24	55.69	60.23	63.46	62.9	51.81	44.04	48.18	42.74	48.85	57.63	55.08
<b>1985</b>	60.22	65.24	55.69	60.23	63.46	62.9	51.81	44.04	48.18	42.74	48.85	57.63	55.08
<b>1986</b>	60.22	65.24	55.69	60.23	63.46	62.9	51.81	44.04	48.18	42.74	48.85	57.63	55.08
<b>1987</b>	60.22	65.24	55.69	60.23	63.46	62.9	51.81	44.04	48.18	42.74	48.85	57.63	55.08
<b>MEDIA</b>	52.01	59.37	52.09	59.32	60.74	58.79	47.19	40.38	42.34	35.66	40.64	47.45	49.66

FUENTE: (Consortio CIMELCO Consultores, 1991)

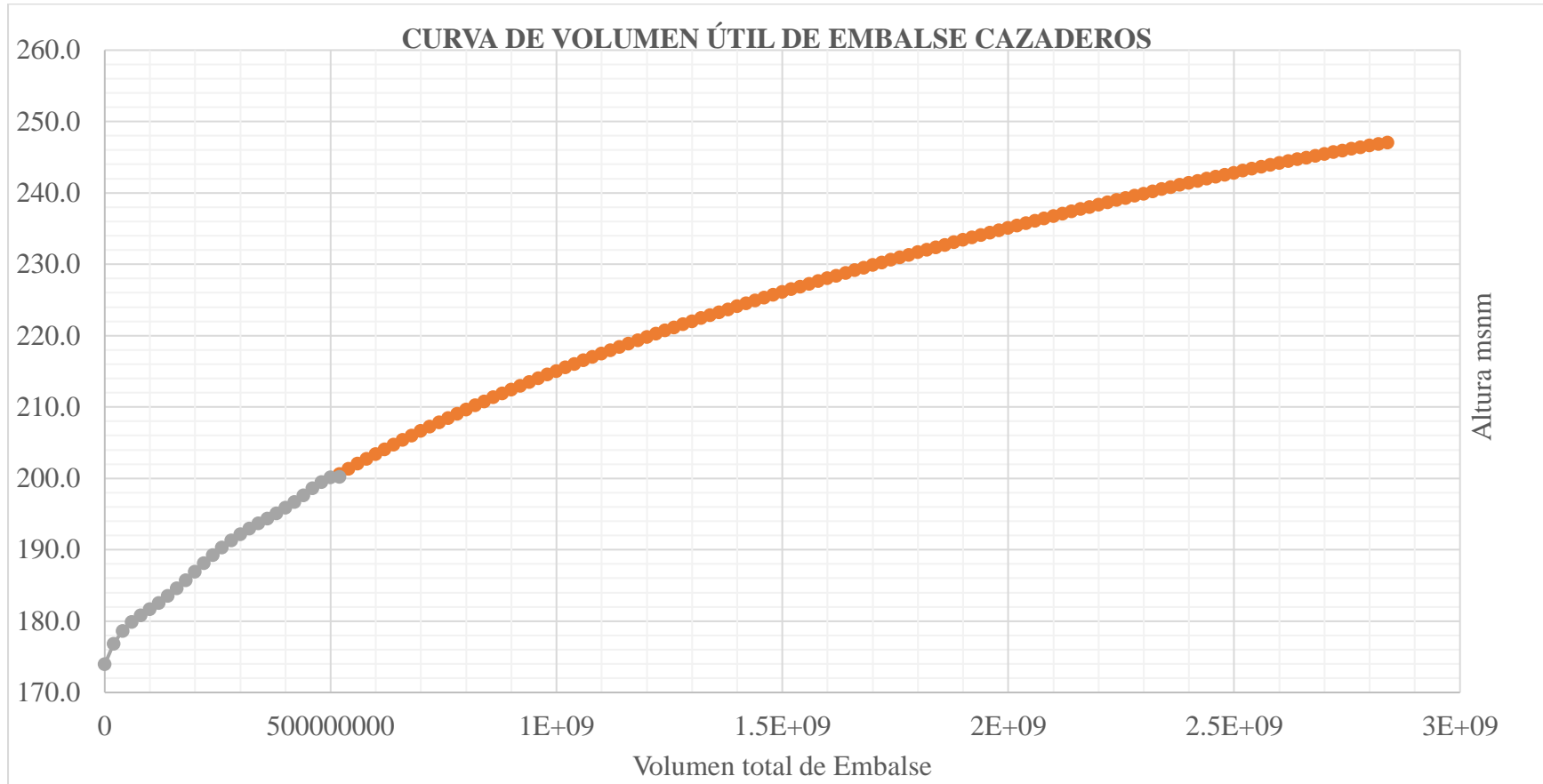
**Anexo 7. Curva de embalse Cazaderos, para volumen total.**



Elaborado por: Autor

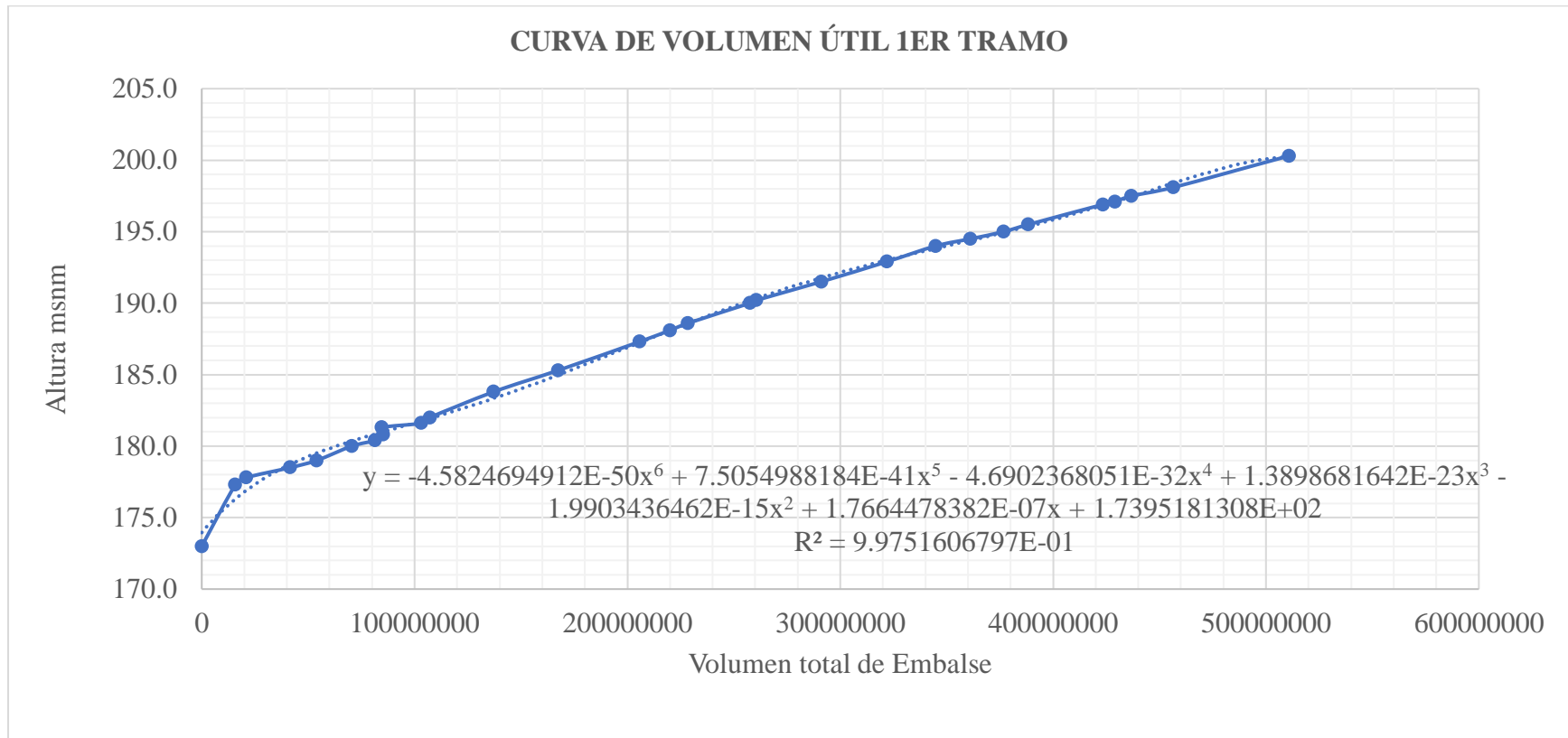


**Anexo 8. Curva de embalse Cazaderos, para volumen útil.**



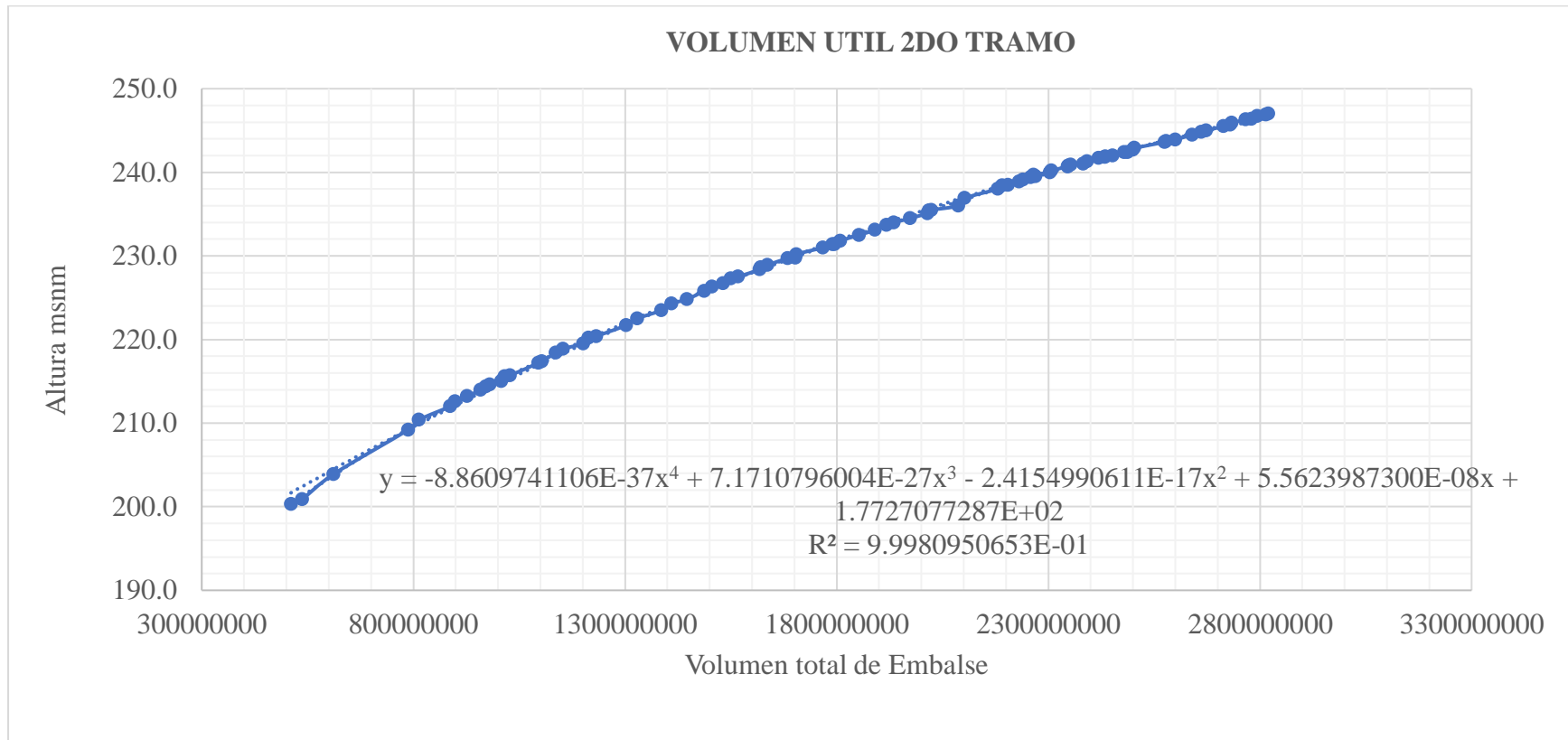
Elaborado por: Autor; Nota: se evidencian dos tramos en la curva por lo que, se determina una ecuación por tramo

**Anexo 9. Curva de embalse Cazaderos, para volumen útil, primer tramo.**



Elaborado por: Autor

**Anexo 10. Curva de embalse Cazaderos, para volumen útil, segundo tramo.**



Elaborado por: Autor

**Anexo 11. Operación del embalse Cazaderos para nivel normal de embalse= 247 m.s.n.m. y, máximo nivel de desarrollo agrícola IR4.**

**Glosario:**

**Demanda Ecuador:** Demanda en m<sup>3</sup>/s determinada por el estudio realizado por la subcomisión ecuatoriana en 1990 para IR4.

**Demanda actual Ecuador:** Demanda Ecuador menos el caudal de 2.5 m<sup>3</sup>/s que Actualmente cuenta con riego permanente de 5000 hectáreas en Santa Rosa

**Demanda Perú:** Demanda en m<sup>3</sup>/s determinada por el estudio realizado por la subcomisión peruana en 1990, para IR4.

**Caudales ingreso serie Marcabelí:** Estadísticas mensuales de los datos pseudohistóricos del río Puyango en Marcabelí

**Caudales ingreso serie Cazaderos:** Estadísticas mensuales de los datos pseudohistóricos del río Puyango en Cazaderos.

**Caudal AA Marcabelí:** caudal medio mensual de 3.7 m<sup>3</sup>/s que le corresponde a Ecuador para irrigación aguas arriba de Marcabelí, según el acuerdo de Quito de 1985

**Caudal ingreso Alternativa Cazaderos solo:** Caudales ingreso serie Cazaderos menos Caudal AA Marcabelí correspondientes.

**Vemboi:** volumen de embalse Cazaderos al inicio del mes

**Vemboi+Vingreso:** volumen de embalse Cazaderos al inicio del mes más volumen de agua que ingresa en el respectivo mes.

**WL1:** cota al que se encuentra el espejo de agua en el embalse al inicio del mes.

**V 5/7 Marcabelí:** volumen correspondiente a 5/7 del volumen mensual aforado en Marcabelí.

**Σ V. 5/7 MARCABELÍ:** volumen V 5/7 Marcabelí acumulado durante el año

**Q. 5/7 MARCABELÍ:** Caudal correspondiente a 5/7 del volumen mensual aforado en Marcabelí

**V. 2/7 MARCABELÍ:** volumen correspondiente a 2/7 del volumen mensual aforado en Marcabelí

**Σ V. 2/7 MARCABELÍ:** volumen V 2/7 Marcabelí acumulado durante el año

**V 52m<sup>3</sup>/s:** volumen mensual correspondiente a la capacidad máxima para el diseño del trasvase a Ecuador

**V EXCED.año anterior:** volumen que no pudo ser trasvasado a Ecuador correspondiente a los 5/7 de Marcabelí y distribuido en 7 meses del siguiente año

**V excd i-1+V5/7:** V EXCED.año anterior más V 5/7 Marcabelí

**Q excd i-1+V5/7:** Caudal excedente del año anterior más caudal 5/7 Marcabelí a nivel mensual.

**V. TRASV:** volumen mensual trasvasado hacia Ecuador

**ΣV. TRASV:** volumen mensual trasvasado hacia Ecuador acumulado durante el año.

**V exce. 5/7:** volumen mensual que no pudo ser trasvasado a Ecuador correspondiente a los 5/7 de Marcabelí.

**$\Sigma V$  exce. 5/7:** volumen mensual que no pudo ser trasvasado a Ecuador correspondiente a los 5/7 de Marcabelí acumulado durante un año.

**$\Sigma V$  NO RECUPERADO:** volumen excedente acumulado que no pudo ser recuperado durante el año, por la máxima capacidad del trasvase.

**Q para bomb:** caudal medio mensual que le corresponde a Ecuador para irrigación de su territorio en Cazaderos.

**V para bomb:** volumen medio mensual que le corresponde a Ecuador para irrigación de su territorio en Cazaderos.

**Q TRASV:** Caudal medio mensual trasvasado a Ecuador.

**TDEF:** mes en el que no se satisface la demanda de irrigación.

**TSAT:** mes en el que sí se satisface la demanda de irrigación.

**V DEMN REAL IR4:** volumen de demanda medio mensual en el Perú para IR4.

**Qecolog:** Caudal ecológico medio mensual requerido aguas debajo de Cazaderos.

**V ecolog:** volumen ecológico medio mensual requerido aguas debajo de Cazaderos.

**V.DEM TOTAL:** Volumen total de demanda mensual desde Cazaderos.

**Q .DEM TOTAL:** caudal medio mensual total de demanda desde Cazaderos

**Q.ENTREG:** caudal medio mensual entregado efectivamente para satisfacer las demandas.

**V.emb final:** volumen de agua en el embalse al final del mes.

**V.ALIVIADERO:** volumen medio mensual descargado por los aliviaderos.

**VDEFICIT:** volumen medio mensual de déficit del volumen entregado respecto al volumen de demanda.

**VDEF ACUM:** volumen medio mensual de déficit del volumen entregado respecto al volumen de demanda acumulado durante toda la modelación.

**QDEF ACUM:** caudal medio mensual de déficit del caudal entregado respecto al caudal de demanda acumulado durante toda la modelación



**Anexo 12. Operación del embalse Cazaderos para nivel normal de embalse= 243 m.s.n.m , y máximo nivel de desarrollo agrícola IR4.**

**Glosario:**

**Demanda Ecuador:** Demanda en m<sup>3</sup>/s determinada por el estudio realizado por la subcomisión ecuatoriana en 1990 para IR4.

**Demanda actual Ecuador:** Demanda Ecuador menos el caudal de 2.5 m<sup>3</sup>/s que Actualmente cuenta con riego permanente de 5000 hectáreas en Santa Rosa

**Demanda Perú:** Demanda en m<sup>3</sup>/s determinada por el estudio realizado por la subcomisión peruana en 1990, para IR4.

**Caudales ingreso serie Marcabelí:** Estadísticas mensuales de los datos pseudohistóricos del río Puyango en Marcabelí

**Caudales ingreso serie Cazaderos:** Estadísticas mensuales de los datos pseudohistóricos del río Puyango en Cazaderos.

**Caudal AA Marcabelí:** caudal medio mensual de 3.7 m<sup>3</sup>/s que le corresponde a Ecuador para irrigación aguas arriba de Marcabelí, según el acuerdo de Quito de 1985

**Caudal ingreso Alternativa Cazaderos solo:** Caudales ingreso serie Cazaderos menos Caudal AA Marcabelí correspondientes.

**Vemboi:** volumen de embalse Cazaderos al inicio del mes

**Vemboi+Vingreso:** volumen de embalse Cazaderos al inicio del mes más volumen de agua que ingresa en el respectivo mes.

**WL1:** cota al que se encuentra el espejo de agua en el embalse al inicio del mes.

**V 5/7 Marcabelí:** volumen correspondiente a 5/7 del volumen mensual aforado en Marcabelí.

**Σ V. 5/7 MARCABELÍ:** volumen V 5/7 Marcabelí acumulado durante el año

**Q. 5/7 MARCABELÍ:** Caudal correspondiente a 5/7 del volumen mensual aforado en Marcabelí

**V. 2/7 MARCABELÍ:** volumen correspondiente a 2/7 del volumen mensual aforado en Marcabelí

**Σ V. 2/7 MARCABELÍ:** volumen V 2/7 Marcabelí acumulado durante el año

**V 52m<sup>3</sup>/s:** volumen mensual correspondiente a la capacidad máxima para el diseño del trasvase a Ecuador

**V EXCED.año anterior:** volumen que no pudo ser trasvasado a Ecuador correspondiente a los 5/7 de Marcabelí y distribuido en 7 meses del siguiente año

**V excd i-1+V5/7:** V EXCED.año anterior más V 5/7 Marcabelí

**Q excd i-1+V5/7:** Caudal excedente del año anterior más caudal 5/7 Marcabelí a nivel mensual.

**V. TRASV:** volumen mensual trasvasado hacia Ecuador

**ΣV. TRASV:** volumen mensual trasvasado hacia Ecuador acumulado durante el año.

**V exce. 5/7:** volumen mensual que no pudo ser trasvasado a Ecuador correspondiente a los 5/7 de Marcabelí.

**$\Sigma$ V exce. 5/7:** volumen mensual que no pudo ser trasvasado a Ecuador correspondiente a los 5/7 de Marcabelí acumulado durante un año.

**$\Sigma$ V NO RECUPERADO:** volumen excedente acumulado que no pudo ser recuperado durante el año, por la máxima capacidad del trasvase.

**Q para bomb:** caudal medio mensual que le corresponde a Ecuador para irrigación de su territorio en Cazaderos.

**V para bomb:** volumen medio mensual que le corresponde a Ecuador para irrigación de su territorio en Cazaderos.

**Q TRASV:** Caudal medio mensual trasvasado a Ecuador.

**TDEF:** mes en el que no se satisface la demanda de irrigación.

**TSAT:** mes en el que sí se satisface la demanda de irrigación.

**V DEMN REAL IR4:** volumen de demanda medio mensual en el Perú para IR4.

**Qecolog:** Caudal ecológico medio mensual requerido aguas debajo de Cazaderos.

**V ecolog:** volumen ecológico medio mensual requerido aguas debajo de Cazaderos.

**V.DEM TOTAL:** Volumen total de demanda mensual desde Cazaderos.

**Q .DEM TOTAL:** caudal medio mensual total de demanda desde Cazaderos

**Q.ENTREG:** caudal medio mensual entregado efectivamente para satisfacer las demandas.

**V.emb final:** volumen de agua en el embalse al final del mes.

**V.ALIVIADERO:** volumen medio mensual descargado por los aliviaderos.

**VDEFICIT:** volumen medio mensual de déficit del volumen entregado respecto al volumen de demanda.

**VDEF ACUM:** volumen medio mensual de déficit del volumen entregado respecto al volumen de demanda acumulado durante toda la modelación.

**QDEF ACUM:** caudal medio mensual de déficit del caudal entregado respecto al caudal de demanda acumulado durante toda la modelación



Main data table with columns: CODIGO DE BARRAS, NOME DO CLIENTE, NOME DO PRODUTO, VALOR UNITARIO, VALOR TOTAL, etc. Includes a color-coded status column.

**Anexo 13. Operación del embalse Cazaderos para nivel normal de embalse 247 m.s.n.m y, demanda de 80 m<sup>3</sup>/s.**

**Glosario:**

**Caudales ingreso serie Marcabelí:** Estadísticas mensuales de los datos pseudohistóricos del río Puyango en Marcabelí

**Caudales ingreso serie Cazaderos:** Estadísticas mensuales de los datos pseudohistóricos del río Puyango en Cazaderos.

**Caudal AA Marcabelí:** caudal medio mensual de 3.7 m<sup>3</sup>/s que le corresponde a Ecuador para irrigación aguas arriba de Marcabelí, según el acuerdo de Quito de 1985

**Caudal ingreso Alternativa Cazaderos solo:** Caudales ingreso serie Cazaderos menos Caudal AA Marcabelí correspondientes.

**V DE INGRESO:** volumen medio mensual de agua que ingresa al embalse Cazaderos

**Vemboi:** volumen de embalse Cazaderos al inicio del mes

**Vemboi+Vingreso:** volumen de embalse Cazaderos al inicio del mes más volumen de agua que ingresa en el respectivo mes.

**WL1:** cota al que se encuentra el espejo de agua en el embalse al inicio del mes.

**Q:** Caudal medio mensual de demanda para el que se opera el embalse Cazaderos en conjunto.

**V.DEM TOTAL:** volumen medio mensual de demanda para el que se opera el embalse Cazaderos en conjunto.

**Q.ENTREG:** caudal medio mensual entregado efectivamente para satisfacer las demandas.

**V ENTREG:** volumen medio mensual entregado efectivamente para satisfacer las demandas.

**V.emb final:** volumen de agua en el embalse al final del mes.

**V.ALIVIADERO:** volumen medio mensual descargado por los aliviaderos.

**VDEFICIT:** volumen medio mensual de déficit del volumen entregado respecto al volumen de demanda.

**VDEF ACUM:** volumen medio mensual de déficit del volumen entregado respecto al volumen de demanda acumulado durante toda la modelación.

**QDEF ACUM:** caudal medio mensual de déficit del caudal entregado respecto al caudal de demanda acumulado durante toda la modelación



**Anexo 14. Operación del embalse Cazaderos para nivel normal de embalse 247 m.s.n.m y, demanda de 100 m<sup>3</sup>/s.**

**Glosario:**

**Caudales ingreso serie Marcabelí:** Estadísticas mensuales de los datos pseudohistóricos del río Puyango en Marcabelí

**Caudales ingreso serie Cazaderos:** Estadísticas mensuales de los datos pseudohistóricos del río Puyango en Cazaderos.

**Caudal AA Marcabelí:** caudal medio mensual de 3.7 m<sup>3</sup>/s que le corresponde a Ecuador para irrigación aguas arriba de Marcabelí, según el acuerdo de Quito de 1985

**Caudal ingreso Alternativa Cazaderos solo:** Caudales ingreso serie Cazaderos menos Caudal AA Marcabelí correspondientes.

**V DE INGRESO:** volumen medio mensual de agua que ingresa al embalse Cazaderos

**Vemboi:** volumen de embalse Cazaderos al inicio del mes

**Vemboi+Vingreso:** volumen de embalse Cazaderos al inicio del mes más volumen de agua que ingresa en el respectivo mes.

**WL1:** cota al que se encuentra el espejo de agua en el embalse al inicio del mes.

**Q:** Caudal medio mensual de demanda para el que se opera el embalse Cazaderos en conjunto.

**V.DEM TOTAL:** volumen medio mensual de demanda para el que se opera el embalse Cazaderos en conjunto.

**Q.ENTREG:** caudal medio mensual entregado efectivamente para satisfacer las demandas.

**V ENTREG:** volumen medio mensual entregado efectivamente para satisfacer las demandas.

**V.emb final:** volumen de agua en el embalse al final del mes.

**V.ALIVIADERO:** volumen medio mensual descargado por los aliviaderos.

**VDEFICIT:** volumen medio mensual de déficit del volumen entregado respecto al volumen de demanda.

**VDEF ACUM:** volumen medio mensual de déficit del volumen entregado respecto al volumen de demanda acumulado durante toda la modelación.

**QDEF ACUM:** caudal medio mensual de déficit del caudal entregado respecto al caudal de demanda acumulado durante toda la modelación

TEMPORALIDAD: 30.4167 días, 263000 segundos

CAZADEROS: N ALTIADORO, U/LTI MAXIMO, 262899065

RECOMENDACIONES PARA CURVA DE EMBAISE CAZADEROS: N=116444258-05m7, U=1449233068-02m4

para el 200-1 mm

para el 200-1 mm

Main data table with columns: FECHA, CAUDA INGRESO, CAUDA SALIDA, CAZADEROS, CAUDA AL MACROBI, ALTERNATIVA CAZADEROS SOLO, Yambol, Vambol/Vagros, WLI, Q, VDM TOTAL, QENTRAG, VENTREG, Vamb Boat, V ALTIADORO, TDEF, TSAT, VDEFICT, VDEF ACUM, QDEF ACUM

**Anexo 15. Operación del embalse Cazaderos para nivel normal de embalse 247 m.s.n.m y, demanda de 140 m<sup>3</sup>/s.**

**Glosario:**

**Caudales ingreso serie Marcabelí:** Estadísticas mensuales de los datos pseudohistóricos del río Puyango en Marcabelí

**Caudales ingreso serie Cazaderos:** Estadísticas mensuales de los datos pseudohistóricos del río Puyango en Cazaderos.

**Caudal AA Marcabelí:** caudal medio mensual de 3.7 m<sup>3</sup>/s que le corresponde a Ecuador para irrigación aguas arriba de Marcabelí, según el acuerdo de Quito de 1985

**Caudal ingreso Alternativa Cazaderos solo:** Caudales ingreso serie Cazaderos menos Caudal AA Marcabelí correspondientes.

**V DE INGRESO:** volumen medio mensual de agua que ingresa al embalse Cazaderos

**Vemboi:** volumen de embalse Cazaderos al inicio del mes

**Vemboi+Vingreso:** volumen de embalse Cazaderos al inicio del mes más volumen de agua que ingresa en el respectivo mes.

**WL1:** cota al que se encuentra el espejo de agua en el embalse al inicio del mes.

**Q:** Caudal medio mensual de demanda para el que se opera el embalse Cazaderos en conjunto.

**V.DEM TOTAL:** volumen medio mensual de demanda para el que se opera el embalse Cazaderos en conjunto.

**Q.ENTREG:** caudal medio mensual entregado efectivamente para satisfacer las demandas.

**V ENTREG:** volumen medio mensual entregado efectivamente para satisfacer las demandas.

**V.emb final:** volumen de agua en el embalse al final del mes.

**V.ALVIADERO:** volumen medio mensual descargado por los aliviaderos.

**VDEFICIT:** volumen medio mensual de déficit del volumen entregado respecto al volumen de demanda.

**VDEF ACUM:** volumen medio mensual de déficit del volumen entregado respecto al volumen de demanda acumulado durante toda la modelación.

**QDEF ACUM:** caudal medio mensual de déficit del caudal entregado respecto al caudal de demanda acumulado durante toda la modelación

TEMPORALIDAD: 30.4167 días, 263000 segundos

CAZADEROS: N ALVIADORO, V.U.T. MÁXIMO, 262899065

RECOMENDACIONES PARA CURVA DE EMBAISE CAZADEROS: N=116444258i-064r^4...

Main data table with columns: FECHA, CAUDAL INGRESO, CAUDAL SALIDA, CAZADEROS, CAUDA AL MACROBI, ALTERNATIVA CAZADEROS SOLO, VOLUMEN, VOLUMEN VAGROS, WLI, Q, V.D.M. TOTAL, QENTRAG, VENTREG, VOLUMEN BOMB, V.A.LVIADORO, T.D.F.F., TSAT, V.D.F.I.C.T., V.D.F. ACUM, Q.D.F. ACUM

**Anexo 16. Operación del embalse Cazaderos para nivel normal de embalse 247 m.s.n.m y, demanda de 180 m<sup>3</sup>/s.**

**Glosario:**

**Caudales ingreso serie Marcabelí:** Estadísticas mensuales de los datos pseudohistóricos del río Puyango en Marcabelí

**Caudales ingreso serie Cazaderos:** Estadísticas mensuales de los datos pseudohistóricos del río Puyango en Cazaderos.

**Caudal AA Marcabelí:** caudal medio mensual de 3.7 m<sup>3</sup>/s que le corresponde a Ecuador para irrigación aguas arriba de Marcabelí, según el acuerdo de Quito de 1985

**Caudal ingreso Alternativa Cazaderos solo:** Caudales ingreso serie Cazaderos menos Caudal AA Marcabelí correspondientes.

**V DE INGRESO:** volumen medio mensual de agua que ingresa al embalse Cazaderos

**Vemboi:** volumen de embalse Cazaderos al inicio del mes

**Vemboi+Vingreso:** volumen de embalse Cazaderos al inicio del mes más volumen de agua que ingresa en el respectivo mes.

**WL1:** cota al que se encuentra el espejo de agua en el embalse al inicio del mes.

**Q:** Caudal medio mensual de demanda para el que se opera el embalse Cazaderos en conjunto.

**V.DEM TOTAL:** volumen medio mensual de demanda para el que se opera el embalse Cazaderos en conjunto.

**Q.ENTREG:** caudal medio mensual entregado efectivamente para satisfacer las demandas.

**V ENTREG:** volumen medio mensual entregado efectivamente para satisfacer las demandas.

**V.emb final:** volumen de agua en el embalse al final del mes.

**V.ALIVIADERO:** volumen medio mensual descargado por los aliviaderos.

**VDEFICIT:** volumen medio mensual de déficit del volumen entregado respecto al volumen de demanda.

**VDEF ACUM:** volumen medio mensual de déficit del volumen entregado respecto al volumen de demanda acumulado durante toda la modelación.

**QDEF ACUM:** caudal medio mensual de déficit del caudal entregado respecto al caudal de demanda acumulado durante toda la modelación



TEMPERATURA: 36.4167 dia segundos, 26.3000 segundos

CAZADORES: N: 1168482536, W: 397041709, O: 2.369572326, V: 2.912360728, I: 1.396145917, E: 1.8409523606, L: 6.221829552, O: 1.399670111, E: 4.001637916, I: 4.446705748

ENCUBER PARA CURVA DE EMBALE CAZADORES: dia 41-200 3 mm, dia 41-200 3 mm

Main data table with columns: FECHA, ALTERNATIVA B/C/EMBELO, CAUDAL INGRESO, CAUDAL DE SALIDA, CAZADORES, CAUDAL A MONTAR, CAUDAL DE INGRESO, V DE INGRESO, Yambol, Vambol-Viagros, M1, Q, V, VEM INICIAL, Q/ENTREG, VENTREG, Vamb final, VALVALVIERO, TDEF, TSANT, YDEFICI, VDEF ACUM, QDEF ACUM

**Anexo 17. Operación del embalse Cazaderos para nivel normal de embalse 247 m.s.n.m y, demanda de 200 m<sup>3</sup>/s.**

**Glosario:**

**Caudales ingreso serie Marcabelí:** Estadísticas mensuales de los datos pseudohistóricos del río Puyango en Marcabelí

**Caudales ingreso serie Cazaderos:** Estadísticas mensuales de los datos pseudohistóricos del río Puyango en Cazaderos.

**Caudal AA Marcabelí:** caudal medio mensual de 3.7 m<sup>3</sup>/s que le corresponde a Ecuador para irrigación aguas arriba de Marcabelí, según el acuerdo de Quito de 1985

**Caudal ingreso Alternativa Cazaderos solo:** Caudales ingreso serie Cazaderos menos Caudal AA Marcabelí correspondientes.

**V DE INGRESO:** volumen medio mensual de agua que ingresa al embalse Cazaderos

**Vemboi:** volumen de embalse Cazaderos al inicio del mes

**Vemboi+Vingreso:** volumen de embalse Cazaderos al inicio del mes más volumen de agua que ingresa en el respectivo mes.

**WL1:** cota al que se encuentra el espejo de agua en el embalse al inicio del mes.

**Q:** Caudal medio mensual de demanda para el que se opera el embalse Cazaderos en conjunto.

**V.DEM TOTAL:** volumen medio mensual de demanda para el que se opera el embalse Cazaderos en conjunto.

**Q.ENTREG:** caudal medio mensual entregado efectivamente para satisfacer las demandas.

**V ENTREG:** volumen medio mensual entregado efectivamente para satisfacer las demandas.

**V.emb final:** volumen de agua en el embalse al final del mes.

**V.ALIVIADERO:** volumen medio mensual descargado por los aliviaderos.

**VDEFICIT:** volumen medio mensual de déficit del volumen entregado respecto al volumen de demanda.

**VDEF ACUM:** volumen medio mensual de déficit del volumen entregado respecto al volumen de demanda acumulado durante toda la modelación.

**QDEF ACUM:** caudal medio mensual de déficit del caudal entregado respecto al caudal de demanda acumulado durante toda la modelación

Table with 3 columns: TIEMPO PROMEDIO, dia, segundos. Values: 36.4167, 24.000, 0.

Table with 2 columns: CAZABRÓN, VULB. MADRID. Values: 282890005, 282890005.

Table with 2 columns: COORDENADAS PARA CUENTA DE EMBAJES CAZABRÓN. Values: V = 114484258+04m + 8.97190170E+04m, W = 1.448952360E+02m + 1.632299552E+04m.

para el=200 1 month

para el=200 1 month

Main data table with columns: FECHA, CAUDAL INGRESO, CAUDAL DE SALIDA, CAZABRÓN, CAUDAL DE INGRESO, CAUDAL DE SALIDA, VOLUMEN, VOLUMEN VÍDEO, MLI, Q, VOLUMEN TOTAL, Q, VENTRAG, VENTRAG, VOLUMEN FINAL, VALIABRO, DEF, TSAST, VDEFIT, VDEFACUM, QDEF ACUM. Rows include dates from 06-04 to 08-07.

PORCENTAJE DE SATISFICHO

0,28

**Anexo 18. Operación del embalse Cazaderos para nivel normal de embalse 247 m.s.n.m y, demanda de 220 m<sup>3</sup>/s.**

**Glosario:**

**Caudales ingreso serie Marcabelí:** Estadísticas mensuales de los datos pseudohistóricos del río Puyango en Marcabelí

**Caudales ingreso serie Cazaderos:** Estadísticas mensuales de los datos pseudohistóricos del río Puyango en Cazaderos.

**Caudal AA Marcabelí:** caudal medio mensual de 3.7 m<sup>3</sup>/s que le corresponde a Ecuador para irrigación aguas arriba de Marcabelí, según el acuerdo de Quito de 1985

**Caudal ingreso Alternativa Cazaderos solo:** Caudales ingreso serie Cazaderos menos Caudal AA Marcabelí correspondientes.

**V DE INGRESO:** volumen medio mensual de agua que ingresa al embalse Cazaderos

**Vemboi:** volumen de embalse Cazaderos al inicio del mes

**Vemboi+Vingreso:** volumen de embalse Cazaderos al inicio del mes más volumen de agua que ingresa en el respectivo mes.

**WL1:** cota al que se encuentra el espejo de agua en el embalse al inicio del mes.

**Q:** Caudal medio mensual de demanda para el que se opera el embalse Cazaderos en conjunto.

**V.DEM TOTAL:** volumen medio mensual de demanda para el que se opera el embalse Cazaderos en conjunto.

**Q.ENTREG:** caudal medio mensual entregado efectivamente para satisfacer las demandas.

**V ENTREG:** volumen medio mensual entregado efectivamente para satisfacer las demandas.

**V.emb final:** volumen de agua en el embalse al final del mes.

**V.ALIVIADERO:** volumen medio mensual descargado por los aliviaderos.

**VDEFICIT:** volumen medio mensual de déficit del volumen entregado respecto al volumen de demanda.

**VDEF ACUM:** volumen medio mensual de déficit del volumen entregado respecto al volumen de demanda acumulado durante toda la modelación.

**QDEF ACUM:** caudal medio mensual de déficit del caudal entregado respecto al caudal de demanda acumulado durante toda la modelación

Table with 2 columns: TIEMPO PROMEDIO (36.4167 min, 26.8000 seg) and TIEMPO MÁXIMO (20 min, 10.00 seg).

Table with 2 columns: CAZADEROS (N ALVIADERO, V.U.T. MÁXIMO) and RECOMENDACIONES PARA CURVA DE EMBALE CAZADEROS (m/min, m/s).

Main data table with columns: FECHA, ALTERNATIVA RECOMENDADA, CAUDAL INGRESO, CAUDAL SALIDA, CAZADEROS, CAUDA AL MACROBI, ALTERNATIVA CAZADEROS SOLO, VOLUMEN, VOLUMEN VAGROS, WLI, Q, VDEM TOTAL, QENTRAG, QENTREG, VOLUMEN BOMB, VALIADREZ, TDRF, TSAT, VDEFICIT, VDEF ACUM, QDEF ACUM.

**Anexo 19. Operación del embalse Cazaderos y trasvase hacia Ecuador para el primer grado de desarrollo agrícola IR1.**

**DEMANDA ACTUAL ECUADOR:** demanda de caudal medio mensual correspondiente al grado de desarrollo.

**Caudales ingreso serie Marcabelí:** Estadísticas mensuales de los datos pseudohistóricos del río Puyango en Marcabelí

**Caudales ingreso serie Cazaderos:** Estadísticas mensuales de los datos pseudohistóricos del río Puyango en Cazaderos.

**Caudal AA Marcabelí:** caudal medio mensual de 3.7 m<sup>3</sup>/s que le corresponde a Ecuador para irrigación aguas arriba de Marcabelí, según el acuerdo de Quito de 1985

**Caudal ingreso Alternativa Cazaderos solo:** Caudales ingreso serie Cazaderos menos Caudal AA Marcabelí correspondientes.

**V DE INGRESO:** volumen medio mensual de agua que ingresa al embalse Cazaderos

**V 5/7 Marcabelí:** volumen correspondiente a 5/7 del volumen mensual aforado en Marcabelí.

**Σ V. 5/7 MARCABELÍ:** volumen V 5/7 Marcabelí acumulado durante el año

**Q. 5/7 MARCABELÍ:** Caudal correspondiente a 5/7 del volumen mensual aforado en Marcabelí

**V. 2/7 MARCABELÍ:** volumen correspondiente a 2/7 del volumen mensual aforado en Marcabelí

**Σ V. 2/7 MARCABELÍ:** volumen V 2/7 Marcabelí acumulado durante el año

**V 52m<sup>3</sup>/s:** volumen mensual correspondiente a la capacidad máxima para el diseño del trasvase a Ecuador

**V EXCED.año anterior:** volumen que no pudo ser trasvasado a Ecuador correspondiente a los 5/7 de Marcabelí y distribuido en 7 meses del siguiente año

**V excd i-1+V5/7:** V EXCED.año anterior más V 5/7 Marcabelí

**Q excd i-1+V5/7:** Caudal excedente del año anterior más caudal 5/7 Marcabelí a nivel mensual.

**V. TRASV:** volumen mensual trasvasado hacia Ecuador

**ΣV. TRASV:** volumen mensual trasvasado hacia Ecuador acumulado durante el año.

**V exce. 5/7:** volumen mensual que no pudo ser trasvasado a Ecuador correspondiente a los 5/7 de Marcabelí.

**ΣV exce. 5/7:** volumen mensual que no pudo ser trasvasado a Ecuador correspondiente a los 5/7 de Marcabelí acumulado durante un año.

**ΣV NO RECUPERADO:** volumen excedente acumulado que no pudo ser recuperado durante el año, por la máxima capacidad del trasvase.

**Q TRASV:** Caudal medio mensual trasvasado a Ecuador.

**Q .DEM EC:** demanda de caudal medio mensual correspondiente al grado de desarrollo.

**Q.ENTREG:** caudal medio mensual entregado efectivamente para satisfacer las demandas.

**TDEF:** mes en el que no se satisface la demanda de irrigación.

**TSAT:** mes en el que sí se satisface la demanda de irrigación.



**Anexo 20. Operación del embalse Cazaderos y trasvase hacia Ecuador para el primer grado de desarrollo agrícola IR2.**

**DEMANDA ACTUAL ECUADOR:** demanda de caudal medio mensual correspondiente al grado de desarrollo.

**Caudales ingreso serie Marcabelí:** Estadísticas mensuales de los datos pseudohistóricos del río Puyango en Marcabelí

**Caudales ingreso serie Cazaderos:** Estadísticas mensuales de los datos pseudohistóricos del río Puyango en Cazaderos.

**Caudal AA Marcabelí:** caudal medio mensual de 3.7 m<sup>3</sup>/s que le corresponde a Ecuador para irrigación aguas arriba de Marcabelí, según el acuerdo de Quito de 1985

**Caudal ingreso Alternativa Cazaderos solo:** Caudales ingreso serie Cazaderos menos Caudal AA Marcabelí correspondientes.

**V DE INGRESO:** volumen medio mensual de agua que ingresa al embalse Cazaderos

**V 5/7 Marcabelí:** volumen correspondiente a 5/7 del volumen mensual aforado en Marcabelí.

**Σ V. 5/7 MARCABELÍ:** volumen V 5/7 Marcabelí acumulado durante el año

**Q. 5/7 MARCABELÍ:** Caudal correspondiente a 5/7 del volumen mensual aforado en Marcabelí

**V. 2/7 MARCABELÍ:** volumen correspondiente a 2/7 del volumen mensual aforado en Marcabelí

**Σ V. 2/7 MARCABELÍ:** volumen V 2/7 Marcabelí acumulado durante el año

**V 52m<sup>3</sup>/s:** volumen mensual correspondiente a la capacidad máxima para el diseño del trasvase a Ecuador

**V EXCED.año anterior:** volumen que no pudo ser trasvasado a Ecuador correspondiente a los 5/7 de Marcabelí y distribuido en 7 meses del siguiente año

**V excd i-1+V5/7:** V EXCED.año anterior más V 5/7 Marcabelí

**Q excd i-1+V5/7:** Caudal excedente del año anterior más caudal 5/7 Marcabelí a nivel mensual.

**V. TRASV:** volumen mensual trasvasado hacia Ecuador

**ΣV. TRASV:** volumen mensual trasvasado hacia Ecuador acumulado durante el año.

**V exce. 5/7:** volumen mensual que no pudo ser trasvasado a Ecuador correspondiente a los 5/7 de Marcabelí.

**ΣV exce. 5/7:** volumen mensual que no pudo ser trasvasado a Ecuador correspondiente a los 5/7 de Marcabelí acumulado durante un año.

**ΣV NO RECUPERADO:** volumen excedente acumulado que no pudo ser recuperado durante el año, por la máxima capacidad del trasvase.

**Q TRASV:** Caudal medio mensual trasvasado a Ecuador.

**Q .DEM EC:** demanda de caudal medio mensual correspondiente al grado de desarrollo.

**Q.ENTREG:** caudal medio mensual entregado efectivamente para satisfacer las demandas.

**TDEF:** mes en el que no se satisface la demanda de irrigación.

**TSAT:** mes en el que sí se satisface la demanda de irrigación.





**Anexo 21. Operación del embalse Cazaderos y trasvase hacia Ecuador para el primer grado de desarrollo agrícola IR3.**

**DEMANDA ACTUAL ECUADOR:** demanda de caudal medio mensual correspondiente al grado de desarrollo.

**Caudales ingreso serie Marcabelí:** Estadísticas mensuales de los datos pseudohistóricos del río Puyango en Marcabelí

**Caudales ingreso serie Cazaderos:** Estadísticas mensuales de los datos pseudohistóricos del río Puyango en Cazaderos.

**Caudal AA Marcabelí:** caudal medio mensual de 3.7 m<sup>3</sup>/s que le corresponde a Ecuador para irrigación aguas arriba de Marcabelí, según el acuerdo de Quito de 1985

**Caudal ingreso Alternativa Cazaderos solo:** Caudales ingreso serie Cazaderos menos Caudal AA Marcabelí correspondientes.

**V DE INGRESO:** volumen medio mensual de agua que ingresa al embalse Cazaderos

**V 5/7 Marcabelí:** volumen correspondiente a 5/7 del volumen mensual aforado en Marcabelí.

**Σ V. 5/7 MARCABELÍ:** volumen V 5/7 Marcabelí acumulado durante el año

**Q. 5/7 MARCABELÍ:** Caudal correspondiente a 5/7 del volumen mensual aforado en Marcabelí

**V. 2/7 MARCABELÍ:** volumen correspondiente a 2/7 del volumen mensual aforado en Marcabelí

**Σ V. 2/7 MARCABELÍ:** volumen V 2/7 Marcabelí acumulado durante el año

**V 52m<sup>3</sup>/s:** volumen mensual correspondiente a la capacidad máxima para el diseño del trasvase a Ecuador

**V EXCED.año anterior:** volumen que no pudo ser trasvasado a Ecuador correspondiente a los 5/7 de Marcabelí y distribuido en 7 meses del siguiente año

**V excd i-1+V5/7:** V EXCED.año anterior más V 5/7 Marcabelí

**Q excd i-1+V5/7:** Caudal excedente del año anterior más caudal 5/7 Marcabelí a nivel mensual.

**V. TRASV:** volumen mensual trasvasado hacia Ecuador

**ΣV. TRASV:** volumen mensual trasvasado hacia Ecuador acumulado durante el año.

**V exce. 5/7:** volumen mensual que no pudo ser trasvasado a Ecuador correspondiente a los 5/7 de Marcabelí.

**ΣV exce. 5/7:** volumen mensual que no pudo ser trasvasado a Ecuador correspondiente a los 5/7 de Marcabelí acumulado durante un año.

**ΣV NO RECUPERADO:** volumen excedente acumulado que no pudo ser recuperado durante el año, por la máxima capacidad del trasvase.

**Q TRASV:** Caudal medio mensual trasvasado a Ecuador.

**Q .DEM EC:** demanda de caudal medio mensual correspondiente al grado de desarrollo.

**Q.ENTREG:** caudal medio mensual entregado efectivamente para satisfacer las demandas.

**TDEF:** mes en el que no se satisface la demanda de irrigación.

**TSAT:** mes en el que sí se satisface la demanda de irrigación.



**Anexo 22. Diseño de la presa de material de enrocado con núcleo de arcilla de 142m de altura.**

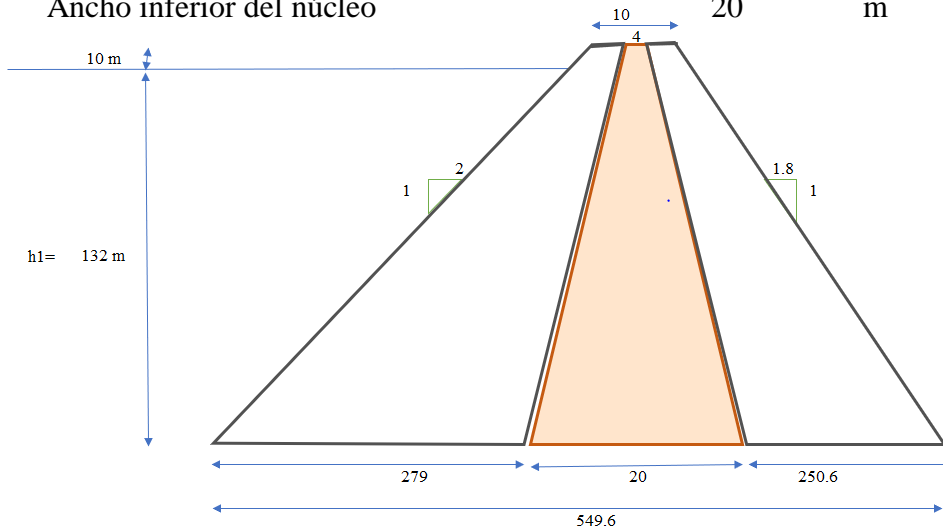
**1.DATOS**

**Cimentación**

Material de cimentación	roca(cuarcita)	
Permeabilidad	5 a 30	Lugeón
Descripción	fuertemente permeable	
<b>Presa</b>	N.Imp=	I
Tipo	Enrocado con núcleo central arcilloso	
Øenrocado	45	°
Material del núcleo	arcilloso	
Ø m.arcilloso	16	°
C m.arcilloso	20	KPa

**DATOS GEOMÉTRICOS DE LA SECCIÓN BIDIMENSIONAL DE ANÁLISIS**

Cota cimentación	115	m.s.n.m
NNE	247	m.s.n.m
borde libre (t)	3	m
sobreelevación	7	m
h1=	132	m
H total	142	m
coeficiente de talud a.arriba(m1)	2	
coeficiente de talud a.abajo(m2)	1.8	
Ancho corona (b)	10	m
Ancho superior del núcleo	4	m
Ancho inferior del núcleo	20	m



## 2. ANÁLISIS DE FILTRACIÓN

coeficientes de filtración

$K_p$ (enrocado)=

0.4 cm/s

$K_n$  (núcleo)=

0.00001 cm/s

VALORES REFERENCIALES DEL COEFICIENTE DE FILTRACIÓN			
SUELO	K (cm/s)		
Arcilla		<	0.00001
Limo arcilloso	0.0001	-	0.00001
Limo arenoso	0.001	-	0.0001
Arena media	0.01	-	0.001
Arena Gruesa	0.1	-	0.01
Grava	0.4	-	0.2

### 2.1 DETERMINACIÓN DEL ANCHO PROMEDIO VIRTUAL

Ancho superior del núcleo

4 m

Ancho inferior del núcleo

20 m

Ancho promedio del núcleo

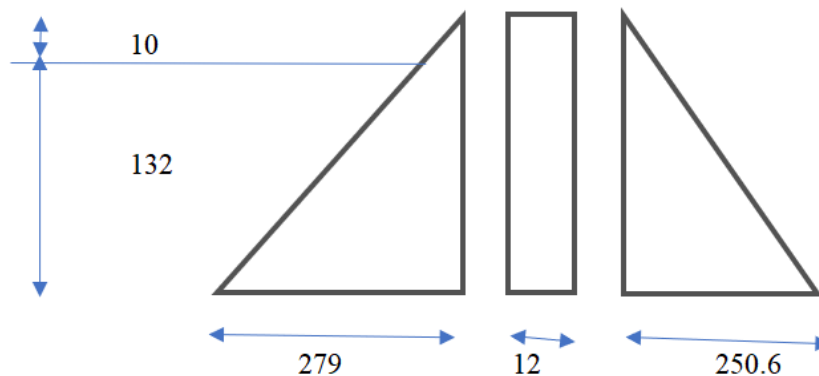
12 m

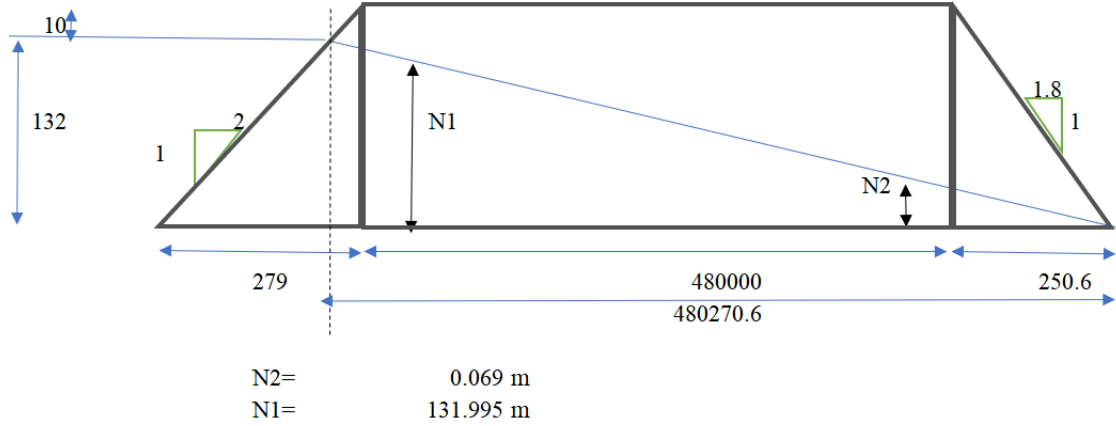
$k_p/k_n$

40000

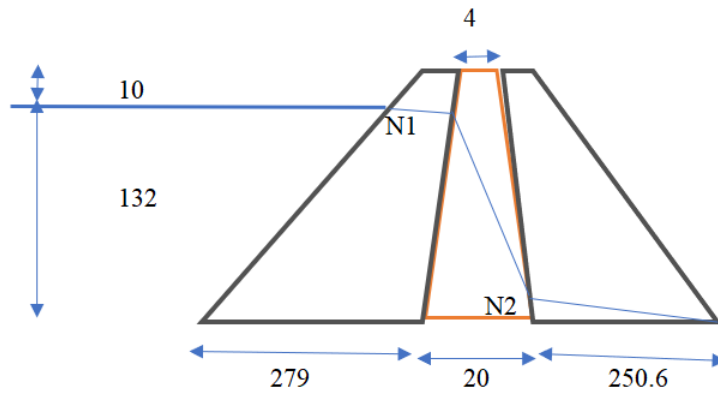
Ancho virtual=

480000 m





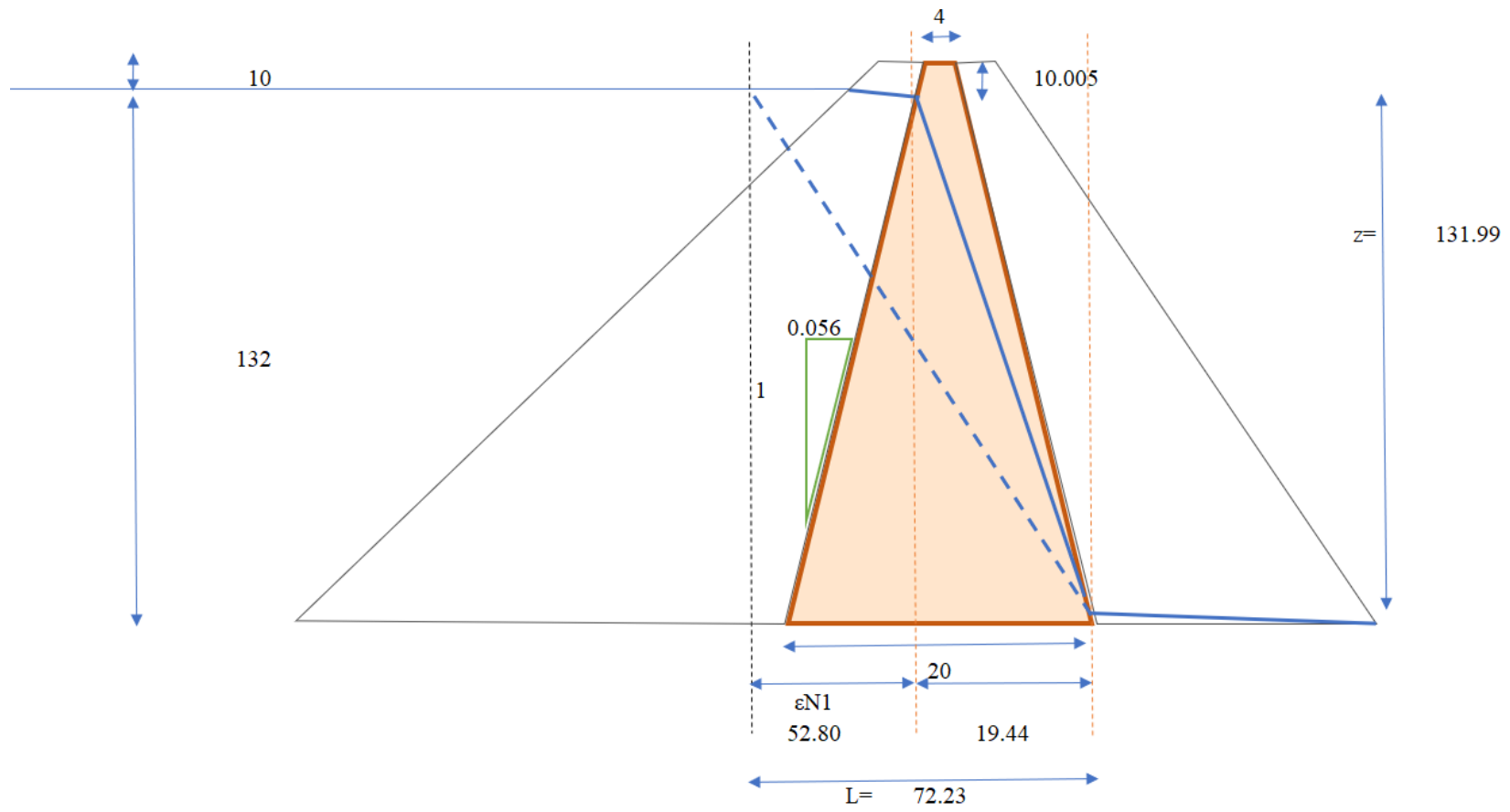
Núcleo vuelto a contraer con las profundidades N1 y N2, calculadas a través del perfil virtual.



## 2.2. CÁLCULO DE GRADIENTE DE CONTROL

### a. EN EL NÚCLEO ( $J_{con.nuc}$ )

$$\begin{aligned} \varepsilon &= 0.4 \text{ m} \\ N1 &= 131.995 \text{ m} \end{aligned}$$



VALORES REFERENCIALES DE $J_{cr}$ PARA NÚCLEO Y PANTALLA		
TIPO DE SUELO	$J_{cr}$	$J_{per}$ Nimp.1
Arcilla	12	9.23
Limo arcilloso	8	6.15
Limo arenoso	2	1.54

$$J_{con.nuc} = \frac{z}{L}$$

<b><math>J_{con.nuc} =</math></b>	<b>1.83</b>
-----------------------------------	-------------

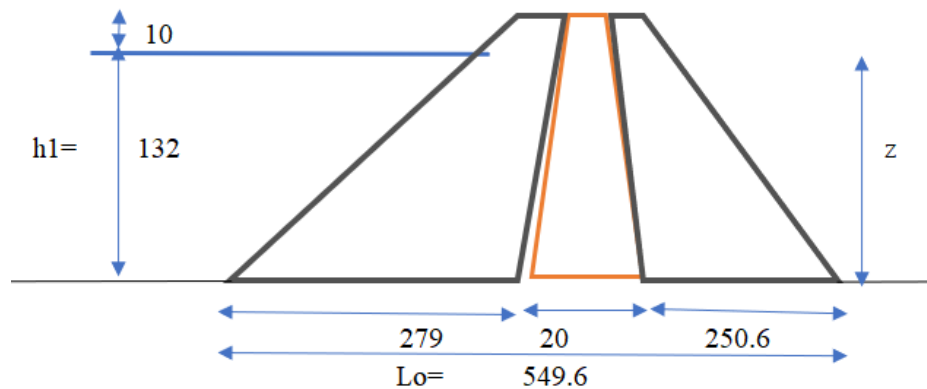
$$J_{per} = 6.00$$

$$J_{con} < J_{per}$$

SI CUMPLE
--------------

**b. EN EL SUELO DE CIMENTACIÓN (  $J_{con.cim}$  )**

Esp. Capa permeable  $T_{real} = \infty$  m  $J_{CON.CIM} = \frac{z}{0.88 T_{cal} + L_o}$





Tcal: Espesor de cálculo de la capa permeable del suelo de cimentación

Tcal = T real : Treal < Lo/2

Tcal = Lo/2 : Treal ≥ Lo/2

Lo/2=	274.8	m	*considerando solo el núcleo	Lo/2=	10	m
Lo=	549.6			Lo=	20	
Tcal=	274.8	m		Tcal=	10	m
z=	132	m		z=	132	m
<b>Jcon.cim=</b>	<b>0.167</b>			<b>Jcon.cim=</b>	<b>4.583</b>	

### 2.3. DETERMINACIÓN DEL CAUDAL DE FILTRACIÓN

#### a. EN EL NÚCLEO ( q.presa)

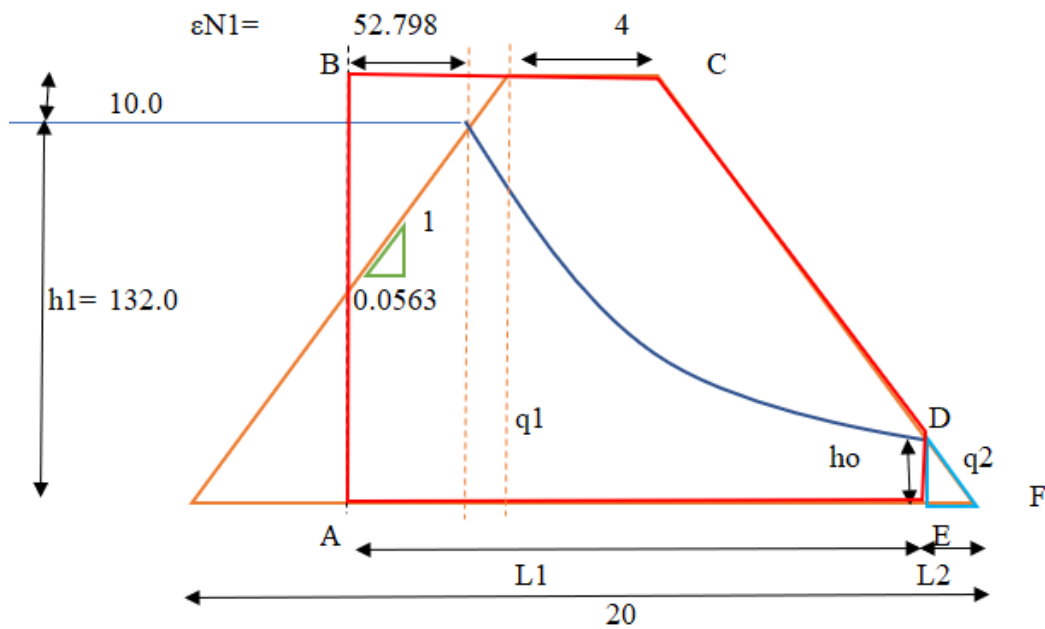
Nota: para determinar el caudal de filtración se utiliza un método semianalítico, en el que se divide al campo de filtración en 2 sectores



Núcleo= 0.00001 cm/s 0.0000001 m/s

**q presa = q1=q2 (1)**

$$q_1 = \frac{h_1^2 + h_o^2}{2L_1} * k \quad (2)$$

$$q_2 = \frac{k * \Delta}{m_2} \left( 1 + \ln \left( \frac{h_o}{\Delta} \right) \right) \quad (3)$$



Sector 1(ABCDE)   
Sector 2(DEF) 

si:  $h_0 = \Delta$  (4) entonces  
REEMPLAZANDO (2),(3),(4) en (1)

$$\frac{q_p}{k} = \frac{h_1^2 + \Delta^2}{2L_1} = \frac{\Delta}{m_2}$$

$\Delta$	L1	q1	q2
m	m	m3/s	m3/s
5	64.52	1.3522E-05	0.000008875
6	64.46	1.3530E-05	0.00001065
7	64.40	1.3540E-05	0.000012425
8	64.35	1.3552E-05	0.0000142
<b>8.03</b>	<b>64.35</b>	<b>1.3552E-05</b>	<b>1.4253E-05</b>

q presa=	1.3552E-05	m3/s
q presa=	0.813	l/min

**b. EN LA CIMENTACIÓN ( q.cim)**

$$q_{cim} = \frac{Z}{0.88 T_{cal} + L_0} * k_{cim} * T_{cal}$$

VALORES REFERENCIALES DEL COEFICIENTE DE FILTRACIÓN		
TIPO DE ROCA	k (m/día)	q (l/min)
Practicamente impermeable	<0.005	<0.01
Débilmente permeable	0.005 - 0.3	0.01 - 0.1
Permeable	0.3 - 3	0.1 - 1
<b>Fuertemente permeable</b>	<b>3 - 30</b>	<b>1 - 10</b>
Muy fuertemente permeable	>30	>10

kcim=	18	m/dia
kcim=	0.000208333	m/s

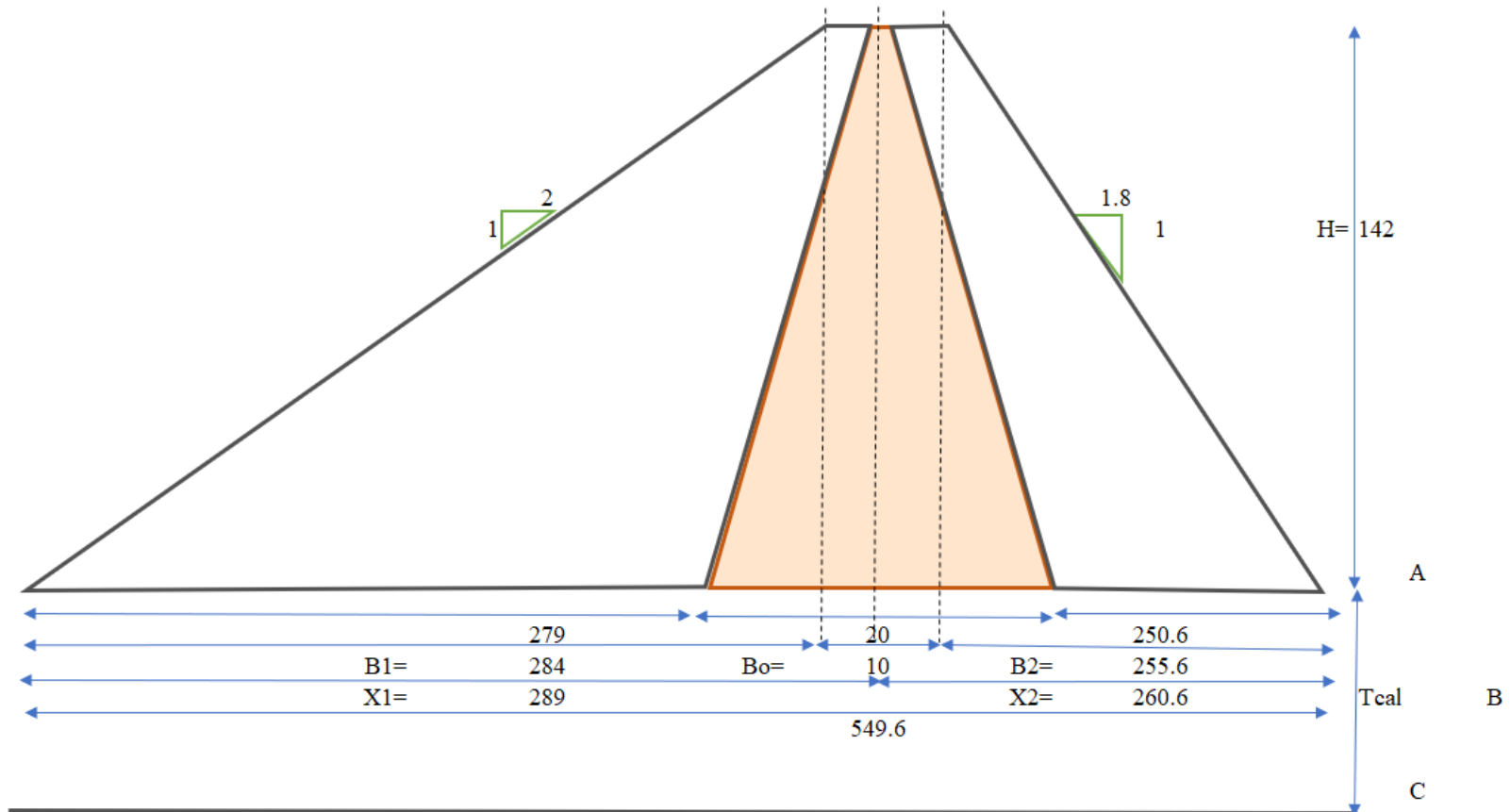
q cim=	9.5486E-03	m3/s
q cim=	9.5486E+00	l/s

**c. CAUDAL DE FILTRACIÓN TOTAL qt**

$$qt = qp + qcim$$

qt=	9.5622E-03	m3/s
qt=	9.5622	l/s

### 3.DETERMINACIÓN DE PRESIONES



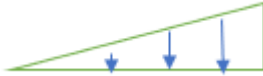


Hpresa=	142	m
m1=	2	
m2=	1.8	
Rango Yenrocado=	15 a 22	KN/m3
Yenrocado=	20	KN/m3
Rango Ycimentacion=	15 a 30	KN/m3
Ycimentacion=	27	KN/m3
Treal	∞	m

T cal se obtiene:

Treal ≤ Tact : Tcal = Treal

Treal > Tact : Tcal = Tact

Nota: Para el cálculo del espesor de la capa activa, se toma en cuenta el nivel inferior de la capa activa ( C ), donde los esfuerzos verticales originados por la estructura constituyen un 40% de la presión natural.

Profundidad	carga triangular					carga rectangular					carga triangular					Esfuerzo vertical en punto C	Presión Natural	40% Pnat
																$P_c = (\sigma z \Delta + \sigma z \square + \sigma z \Delta 2) * Y_{enr} * H$	$P_{nat} = Y_{cim} * Z$	
z (m)	X1	B1	X1/ B1	Z/ B1	$\sigma z \Delta$	X	B0	X0/ B0	Z/ B0	$\sigma z \square$	X2	B2	X2/ B2	Z/ B2	$\sigma z \Delta 2$	KPa	KPa	KPa
0	289	284	1.02	0.00	0.48	0	10	0	0	1	260.6	255.6	1.02	0.00	0.48	5566.4	0	0
10	289	284	1.02	0.04	0.468	0	10	0	1	0.55	260.6	255.6	1.02	0.04	0.468	4220.24	270	108
20	289	284	1.02	0.07	0.46	0	10	0	2	0.31	260.6	255.6	1.02	0.08	0.457	3484.68	540	216
40	289	284	1.02	0.14	0.437	0	10	0	4	0.16	260.6	255.6	1.02	0.16	0.434	2928.04	1080	432
60	289	284	1.02	0.21	0.417	0	10	0	6	0.11	260.6	255.6	1.02	0.23	0.408	2655.4	1620	648
100	289	284	1.02	0.35	0.376	0	10	0	10	0.1	260.6	255.6	1.02	0.39	0.365	2388.44	2700	1080
190	289	284	1.02	0.67	0.297	0	10	0	19	0.09	260.6	255.6	1.02	0.74	0.282	1899.96	5130	2052
<b>174</b>	<b>289</b>	<b>284</b>	<b>1.02</b>	<b>0.61</b>	<b>0.31</b>	<b>0</b>	<b>10</b>	<b>0</b>	<b>17.4</b>	<b>0.093</b>	<b>260.6</b>	<b>255.6</b>	<b>1.02</b>	<b>0.68</b>	<b>0.293</b>	<b>1976.64</b>	<b>4698</b>	<b>1879.2</b>

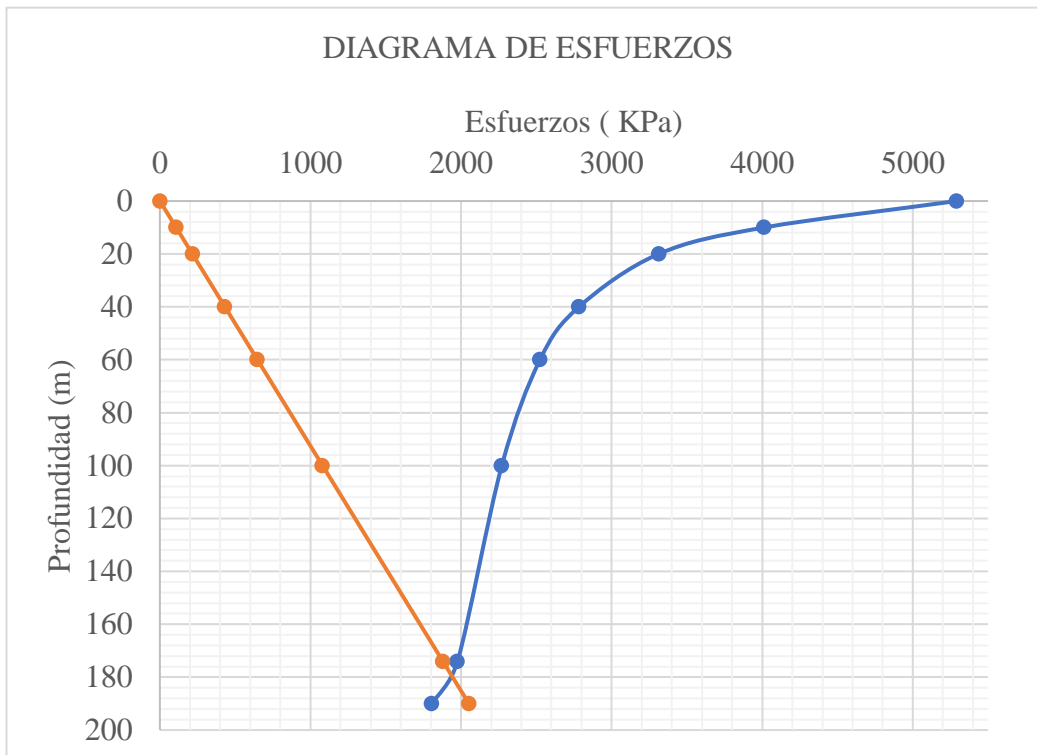
P ( C ) = 1976.64 Kpa

P ( A ) = 2840 Kpa

**P ( B ) = 2408.32 Kpa**

DIAGRAMA DE ESFUERZOS EXTERNOS Y PRESIÓN NATURAL.

Z(m)	Pc(Kpa)	0.4*Pnat(Kpa)
0	5292	0
10	4012.2	108
20	3312.9	216
40	2783.7	432
60	2524.5	648
100	2270.7	1080
174	1976.64	1879.2
190	1806.3	2052



#### 4. ANÁLISIS DE ESTABILIDAD AL DESLIZAMIENTO

##### 4.1 COMBINACIÓN BÁSICA DE FUERZAS

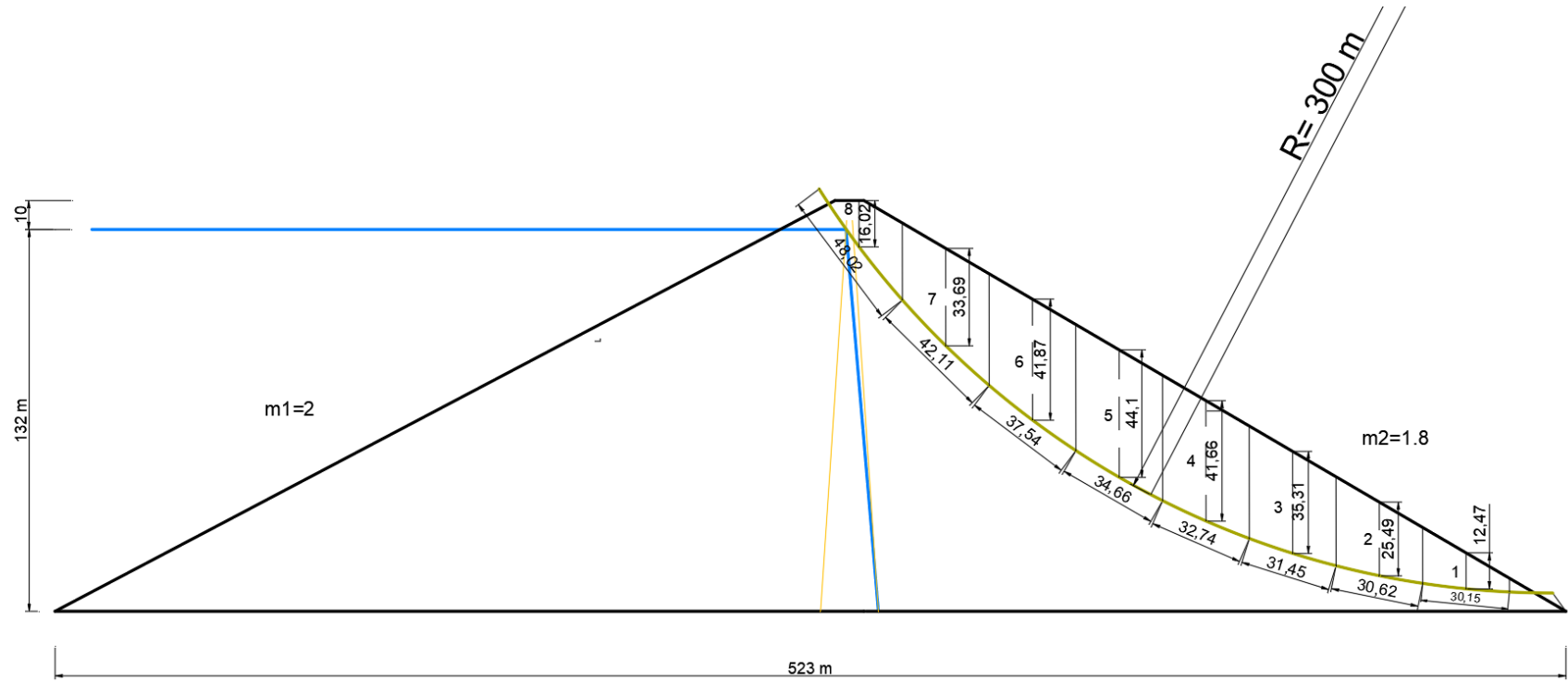
Rasumido=	300 m	m2=	1.8
ancho de franja=	30 m	FSD PERM	1.3
Yenrocado=	20 KN/m3	Yagua=	9.81 KN/m3
Øencocado=	45 °		
C.enrocado=	0 Kpa		

N°	h'i	h"ip	h"ic	ho i	ai	Li	Xi	Xoi	δG'i	δG"i	δGi	δNi	δNi*	Ci*	δGi*	δGo	δGoi*
	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	tgØi	li	Xi	i	Xoi
	m	m	m	m	°	m	m	m	KN/m	KN/m	KN/m	KN/m	KN	KN	KN	KN/m	KN
1	12.47	0	0	0	5.7	30.1	30	30	7482.0	0	7482	7444.50	7444.50	0	224460	0	0
2	25.49	0	0	0	11.5	30.6	60	60	15294.0	0	15294	14985.00	14985.00	0	917640	0	0
3	35.31	0	0	0	17.4	31.4	90	90	21186.0	0	21186	20210.16	20210.16	0	1906740	0	0
4	41.66	0	0	0	23.5	32.7	120	120	24996.0	0	24996	22909.21	22909.21	0	2999520	0	0
5	44.1	0	0	0	30.0	34.6	150	150	26460.0	0	26460	22915.03	22915.03	0	3969000	0	0
6	41.87	0	0	0	36.8	37.5	180	180	25122.0	0	25122	20097.60	20097.60	0	4521960	0	0
7	33.69	0	0	0	44.4	42.1	210	210	20214.0	0	2021	14435.68	14435.68	0	4244940	0	0
8	16.02	0	0	0	53.1	34.9	240	240	9612.0	0	9612	5767.20	5767.20	0	2306880	0	0
Σ													128764.38	0.0	21091140		0.0

FSD=	1.832	SI RESISTE
------	-------	------------



# GRÁFICO PARA COMBINACIÓN BÁSICA DE FUERZAS.



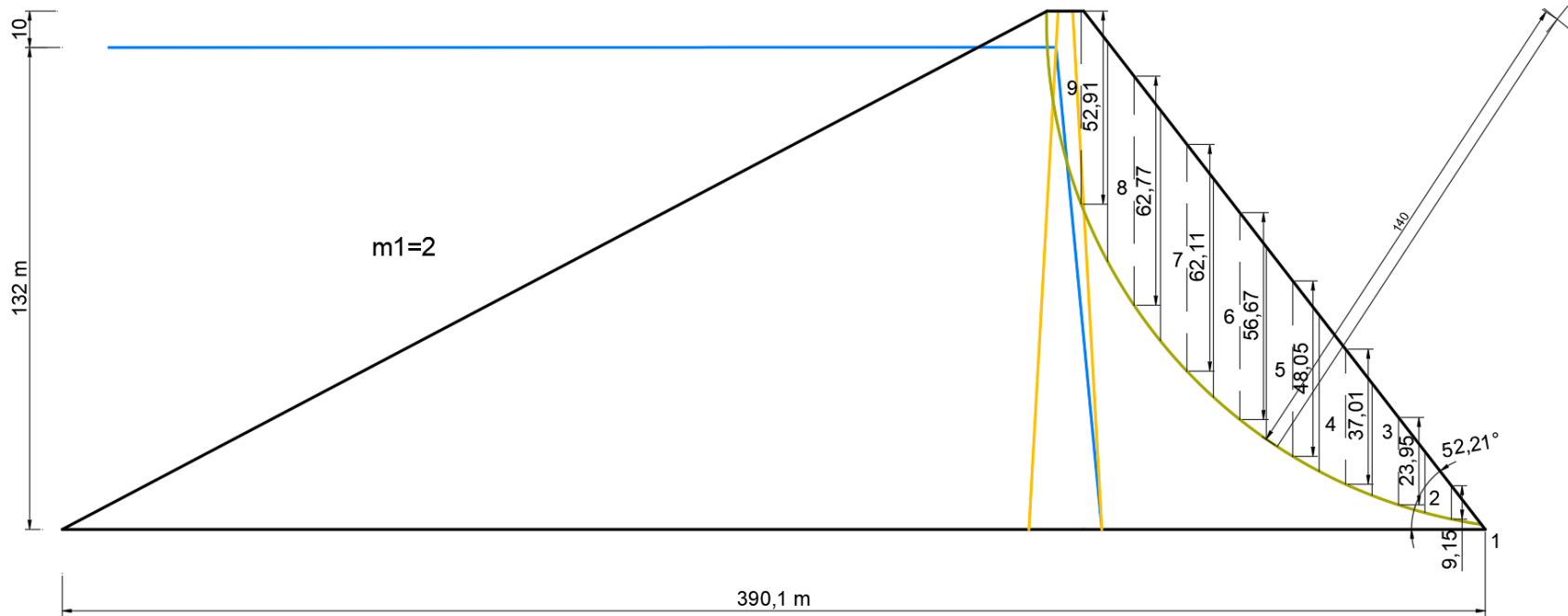
#### 4.2COMBINACIÓN ESPECIAL DE FUERZAS (1ER MÉTODO)

Rasumido=	140 m	m2=	1.8	MAS 21.8°
ancho de franja=	14 m	Yagua=	9.81	KN/m3
Yenrocado=	20 KN/m3	FSD PERM	1.1	
Øencocado=	45 °	C.enrocado=	0	Kpa

N°	h'i (2)	h"ip (3)	h"ic (4)	ho i (5)	αi (6)	Li (7)	Xi (8)	Xoi (9)	δG'i (10)	δG"i (11)	δGi (12)	δNi (13)	δNi *tgØi (14)	Ci *li (15)	δGi *Xi (12*8)	δGo i (17)	δGoi *Xoi (18)
	m	m	m	m	°	m	m	m	KN/m	KN/m	KN/m	KN/m	KN	KN	KN	KN/ m	KN
2	9.15	0	0	0	11.54	30.15	28	28	2562	0	2562	2510.24	2510.24	0	71736	0	0
3	23.95	0	0	0	17.46	30.62	42	42	6706	0	6706	6397.12	6397.12	0	281652	0	0
4	37.01	0	0	0	23.58	31.45	56	56	10363	0	10363	9497.66	9497.66	0	580316.8	0	0
5	48.05	0	0	0	30.00	32.74	70	70	13454	0	13454	11651.51	11651.51	0	941780	0	0
6	56.67	0	0	0	36.87	34.66	84	84	15868	0	15868	12694.08	12694.08	0	1332878.4	0	0
7	62.11	0	0	0	44.43	37.54	98	98	17391	0	17391	12419.52	12419.52	0	1704298.4	0	0
8	62.77	0	0	0	53.13	42.11	112	112	17576	0	17576	10545.36	10545.36	0	1968467.2	0	0
9	52.91	0	0	0	64.16	34.89	126	126	14815	0	14815	6457.62	6457.62	0	1866664.8	0	0
Σ													72173.10	0.00	8747793.6		0.0

FSD=	1.155	SI RESISTE
------	-------	------------

**GRÁFICO PARA COMBINACIÓN ESPECIAL DE FUERZAS. (1ER MÉTODO)**



#### 4.2COMBINACIÓN ESPECIAL DE FUERZAS (2DO MÉTODO)

Rasumido=	300 m	C.enrocado=	0 Kpa
ancho de franja=	30 m	Yagua=	9.81 KN/m3
Yenrocado=	20 KN/m3	FSD PERM	1.3
Øencocado=	45 °		

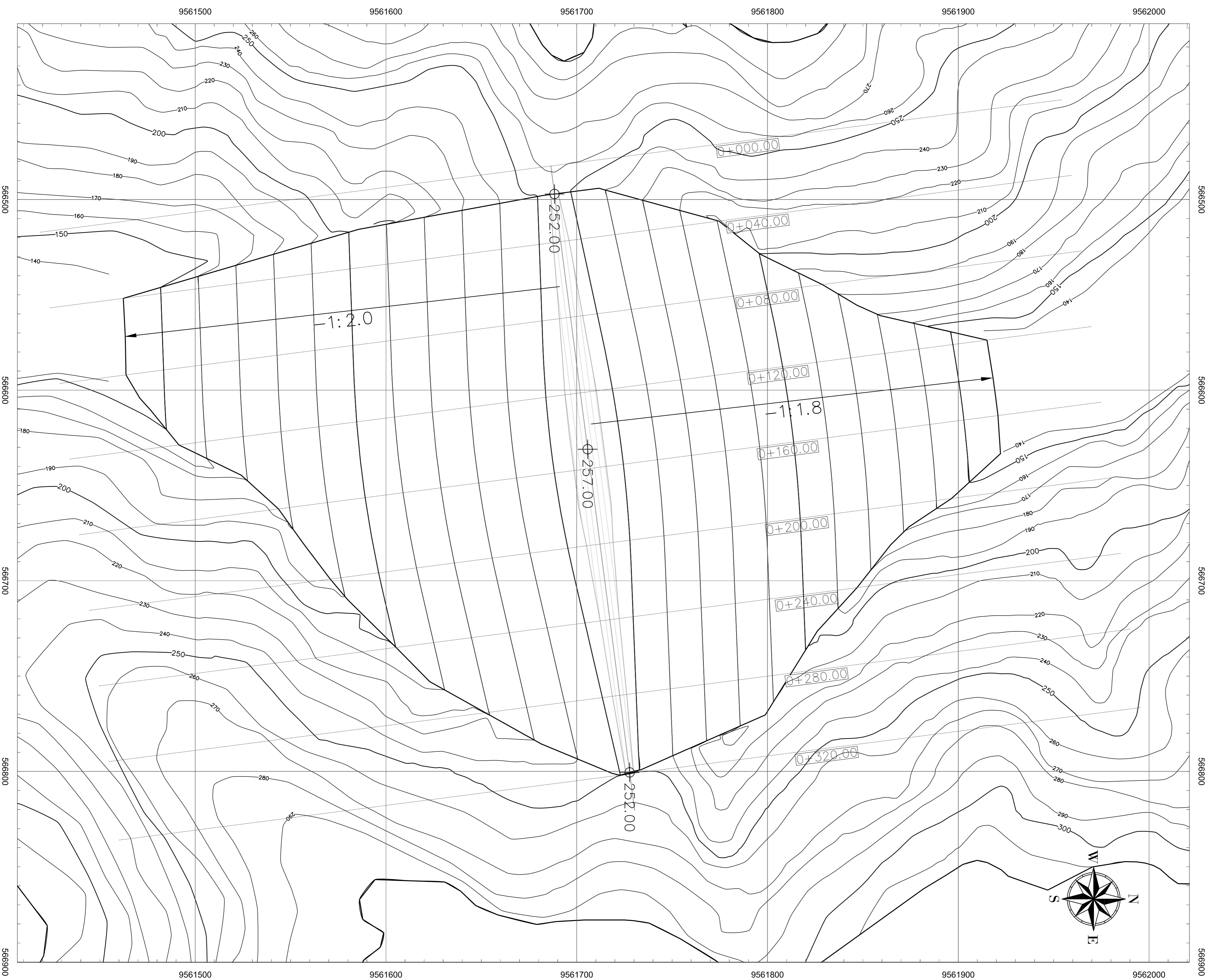
N° (1)	h'i	αi	Li	Xi	δG'i	δGi	δNi	δNi* <i>t</i> gi	δGi *Xi (12*8)	Ji	Yi	F.Gs	M F.Gs (21*20)	tgØi	Mfricc (0.5*12*2 0*23)	M resul (22-24)
	m	°	m	m	KN/m	KN/m	KN/m	KN	KN	m	m		KN m		KN m	KN m
1	12.47	5.7	30.1	30	7482.0	7482.0	7444.50	7444.50	224460	298.5	292.26	4489.2	1312019.12	0.781	854218.07	457801.05
2	25.49	11.5	30.6	60	15294.0	15294.0	14985.00	14985.00	917640	293.9	281.19	9176.4	2580346.50	0.781	1679989.70	900356.81
3	35.31	17.4	31.4	90	21186.0	21186.0	20210.16	20210.16	1906740	286.1	268.53	12711.6	3413404.77	0.781	2222370.07	1191034.70
4	41.66	23.5	32.7	120	24996.0	24996.0	22909.21	22909.21	2999520	274.9	254.12	14997.6	3811258.23	0.781	2481401.06	1329857.17
5	44.1	30.0	34.6	150	26460.0	26460.0	22915.03	22915.03	3969000	259.8	237.76	15876	3774639.99	0.781	2457559.98	1317080.02
6	41.87	36.8	37.5	180	25122.0	25122.0	20097.60	20097.60	4521960	240.0	219.07	15073.2	3302010.56	0.781	2149844.49	1152166.07
7	33.69	44.4	42.1	210	20214.0	20214.0	14435.68	14435.68	4244940	214.2	197.40	12128.4	2394120.12	0.781	1558743.03	835377.09
8	16.02	53.1	34.8	240	9612.0	9612.0	5767.20	5767.20	2306880	180.0	171.99	5767.2	991900.73	0.781	645798.15	346102.58
							Σ		128764.38	21091140			21579700.01		14049924.54	7529775.48

FSD=	1.350	SI RESISTE
------	-------	------------

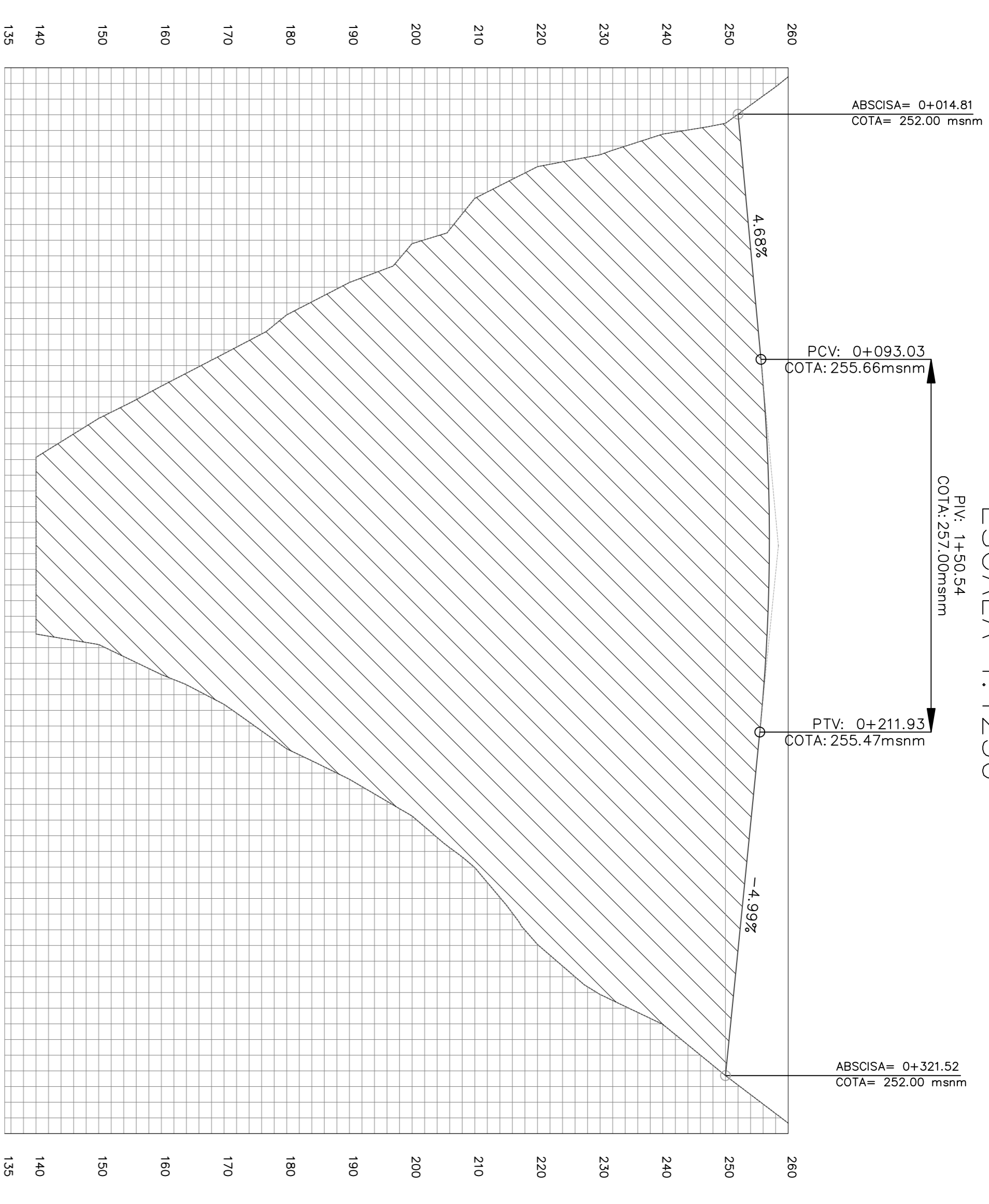
**Anexo 23. Implantación de la presa Cazaderos de enrocado con núcleo central de material arcilloso de 142 m de altura.**

Se presentan dos láminas, en la primera consta la implantación y sección longitudinal de la presa y, en la segunda se indican las secciones transversales, con los respectivos volúmenes requeridos para su conformación.

IMPLANTACIÓN DE LA PRESA CAZADEROS(MATERIAL DEL LUGAR)  
 ESCALA 1:1250



PERFIL CONSTRUCTIVO LONGITUDINAL DEL EJE DE LA PRESA CAZADEROS  
 ESCALA 1:1250



ABSCISAS	0+000	0+020	0+040	0+060	0+080	0+100	0+120	0+140	0+160	0+180	0+200	0+220	0+240	0+260	0+280	0+300	0+320	0+340
C. TERRENO	261.02	243.57	211.63	198.35	179.28	161.51	143.45	140.01	140.01	140.00	167.04	182.86	200.75	212.04	220.19	234.57	248.07	261.53
C.CORONA DE PRESA	252.24	253.18	254.11	255.05	254.96	256.62	254.96	256.97	254.65	256.01	254.07	253.07	254.07	251.07	251.07	251.07	251.07	251.08
RELLENO	8.67	41.54	55.77	75.77	94.45	113.17	118.95	116.96	116.65	88.97	72.21	53.31	41.03	31.88	16.50	1.01		

OTROS RUBROS		
DESCRIPCIÓN	AREA m <sup>2</sup>	VOLUMEN m <sup>3</sup>
filtro invertido de 60 cm de espesor	41704	25022.4
Area de fundación	88254.44	---

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA  
 "SALESIANA"  
 CARRERA INGENIERÍA CIVIL

TESIS:  
 FORMULACIÓN DE LA ALTERNATIVA  
 CAZADEROS SOLO PARA EL  
 PROYECTO BINACIONAL PUYANGO -  
 TUMBES EN EL MARCO DEL CONVENIO  
 ECUATORIANO - PERUANO DE 1971.

CONTIENE:  
 IMPLANTACIÓN DE LA PRESA CAZADEROS(MATERIAL DEL LUGAR)  
 PERFIL CONSTRUCTIVO LONGITUDINAL DEL EJE DE LA PRESA  
 RUBROS ADICIONALES

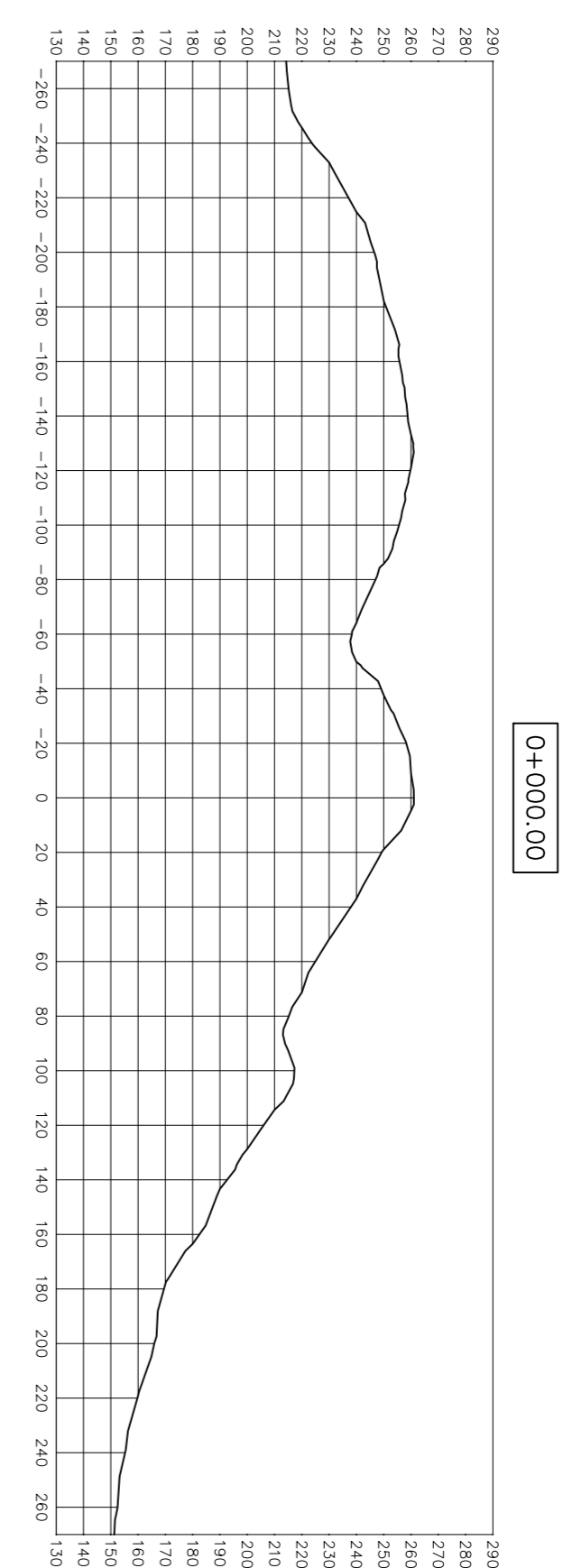
AUTOR: CHAVEZ BOSQUEZ ROMEL  
 TUTOR: INGIIVAN CALERO HIDALGO

ESCALA:  
 INDICADAS

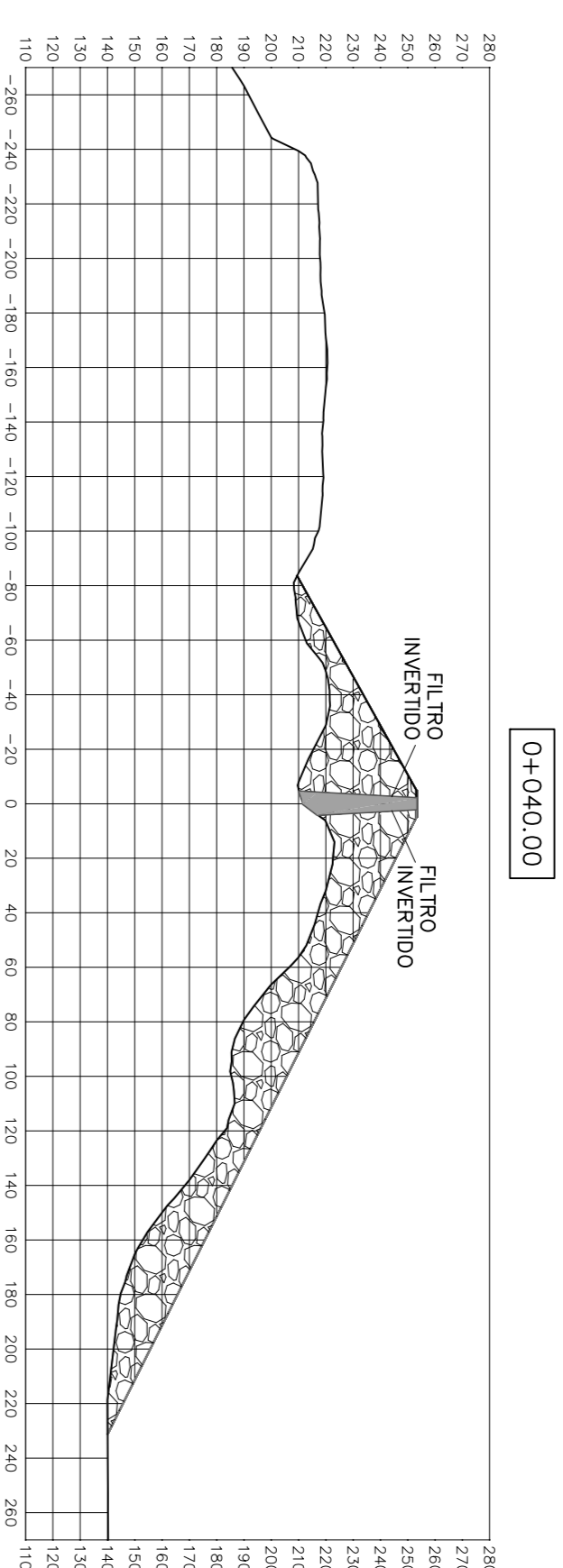
LAMINA:  
 1/7

# SECCIONES TRANSVERSALES DE LA PRESA CAZADEROS(MATERIAL DEL LUGAR)

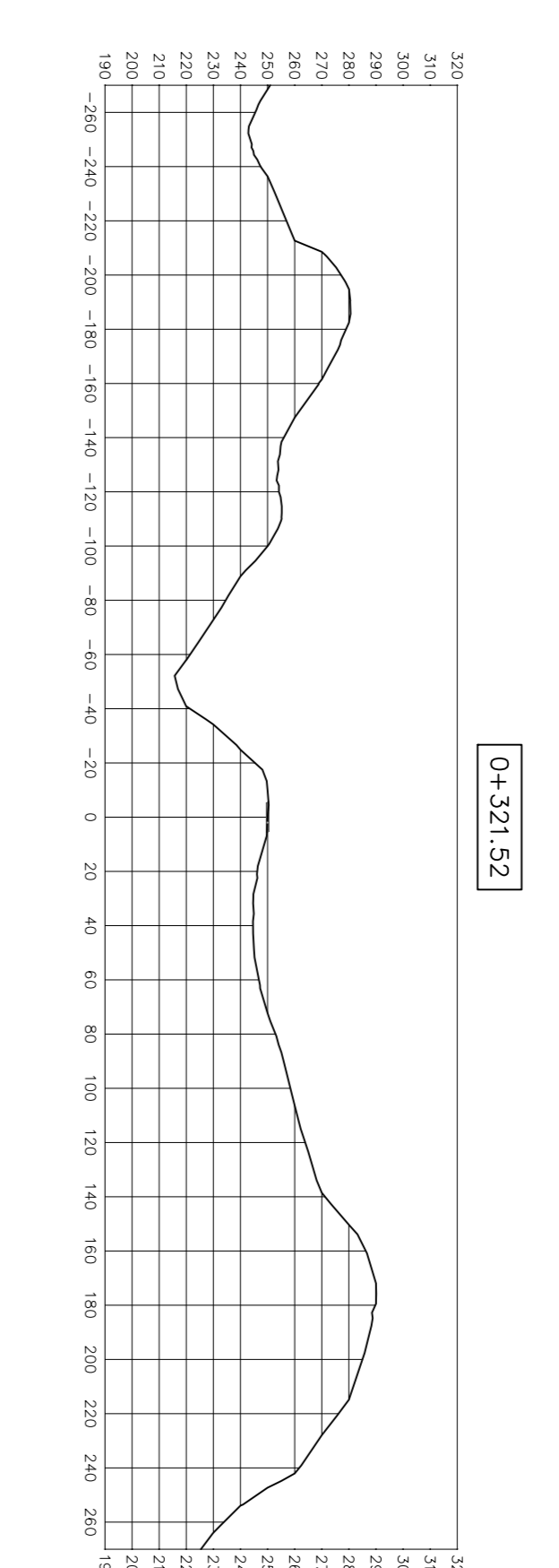
## ESCALA 1:2500



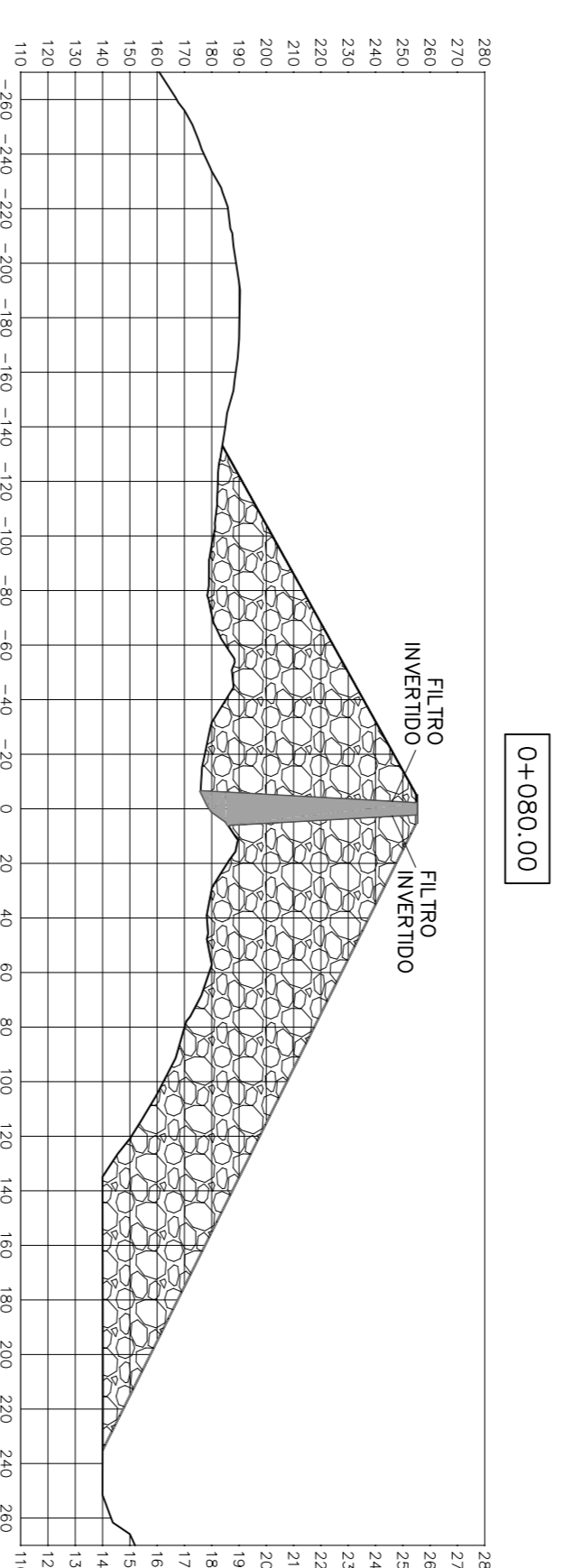
0+000.00



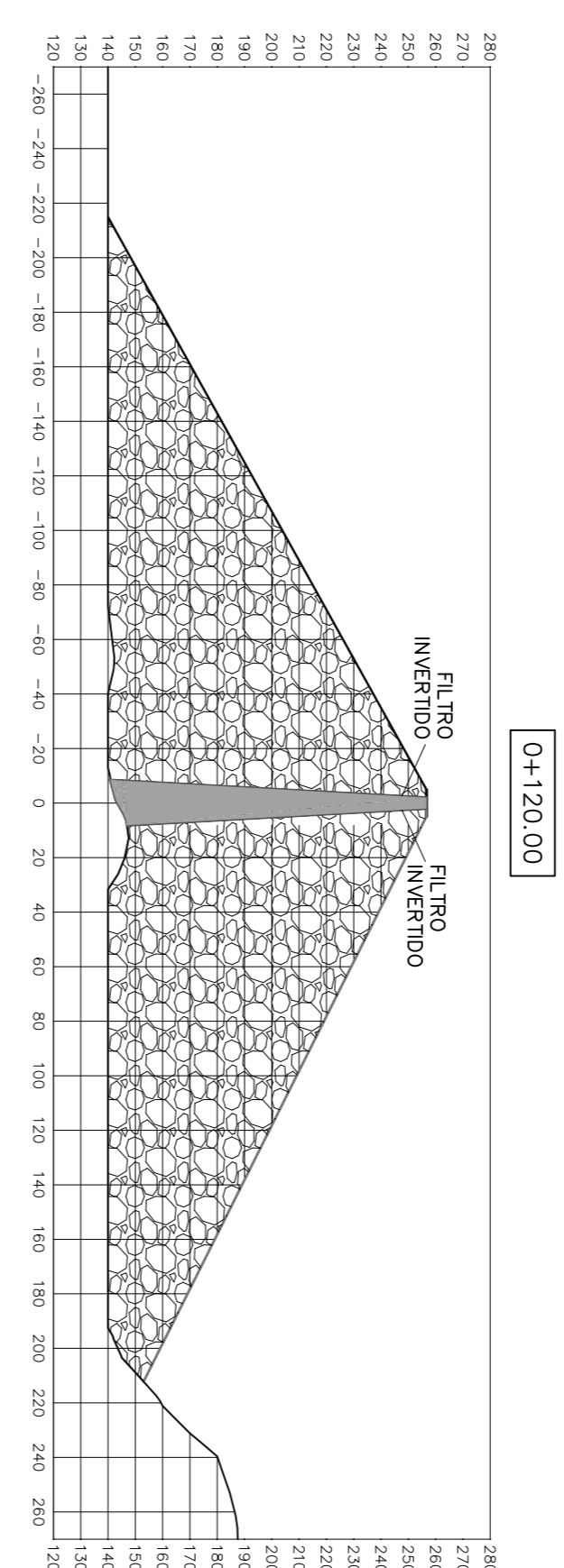
0+040.00



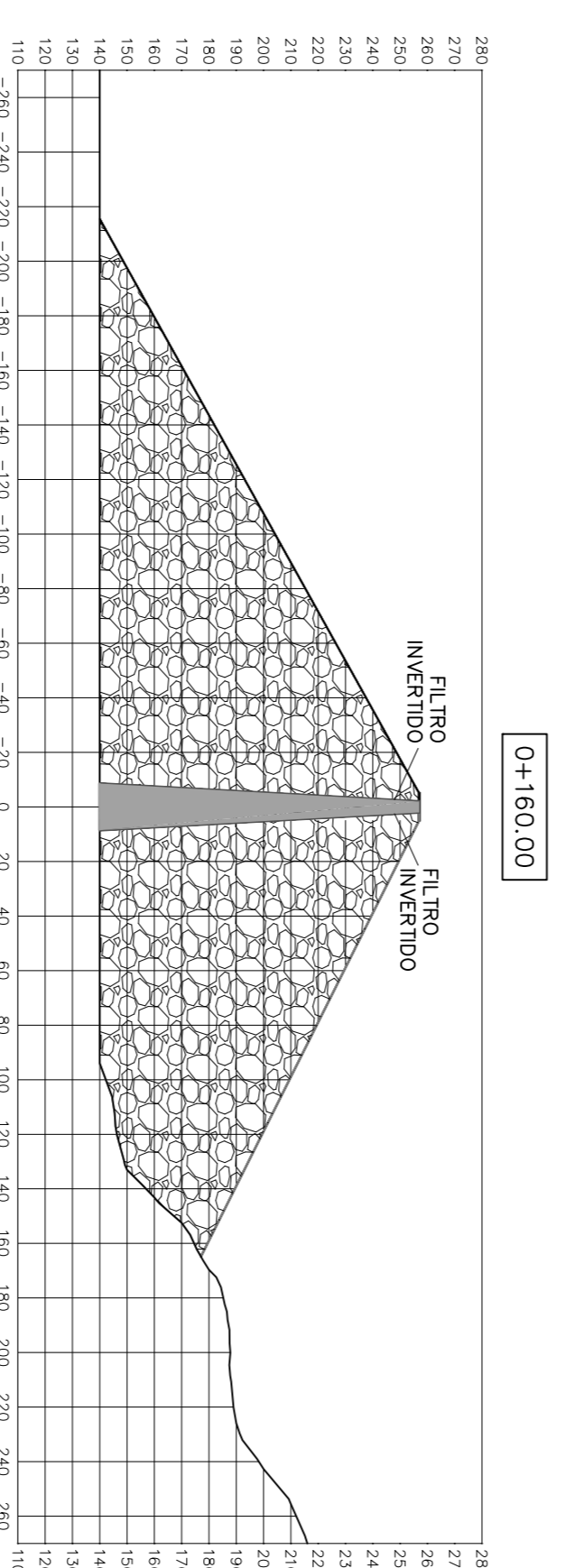
0+321.52



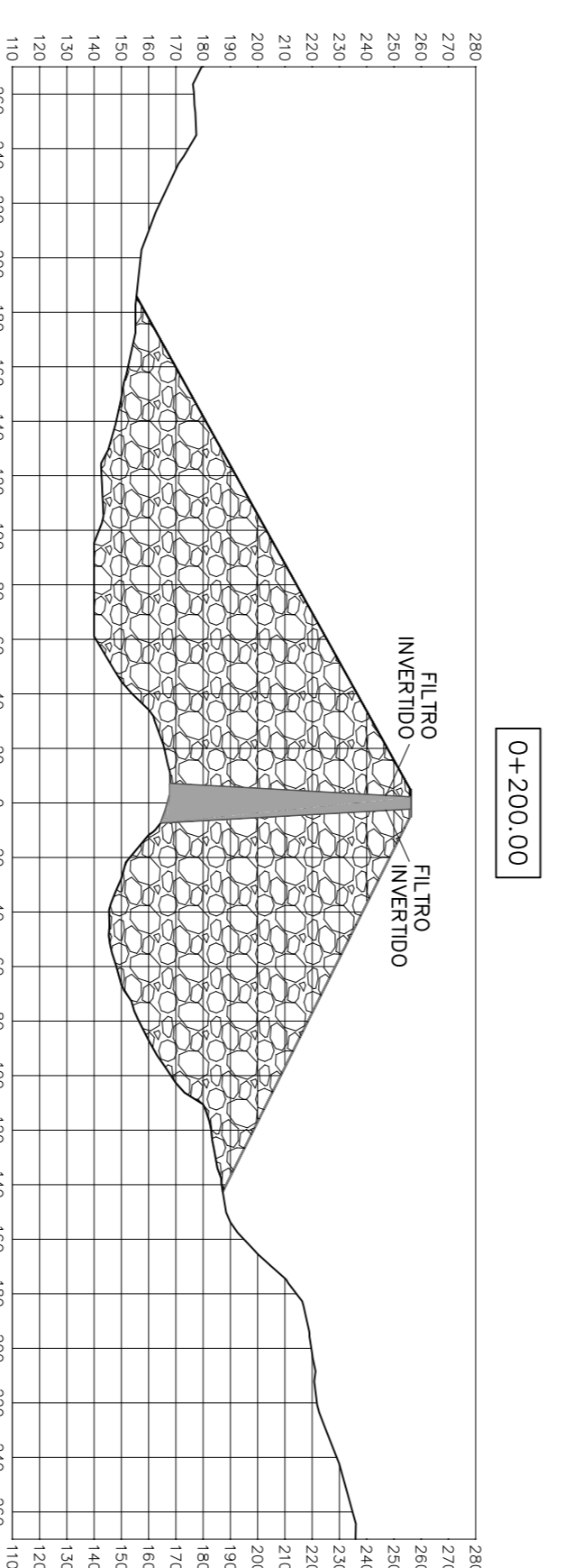
0+080.00



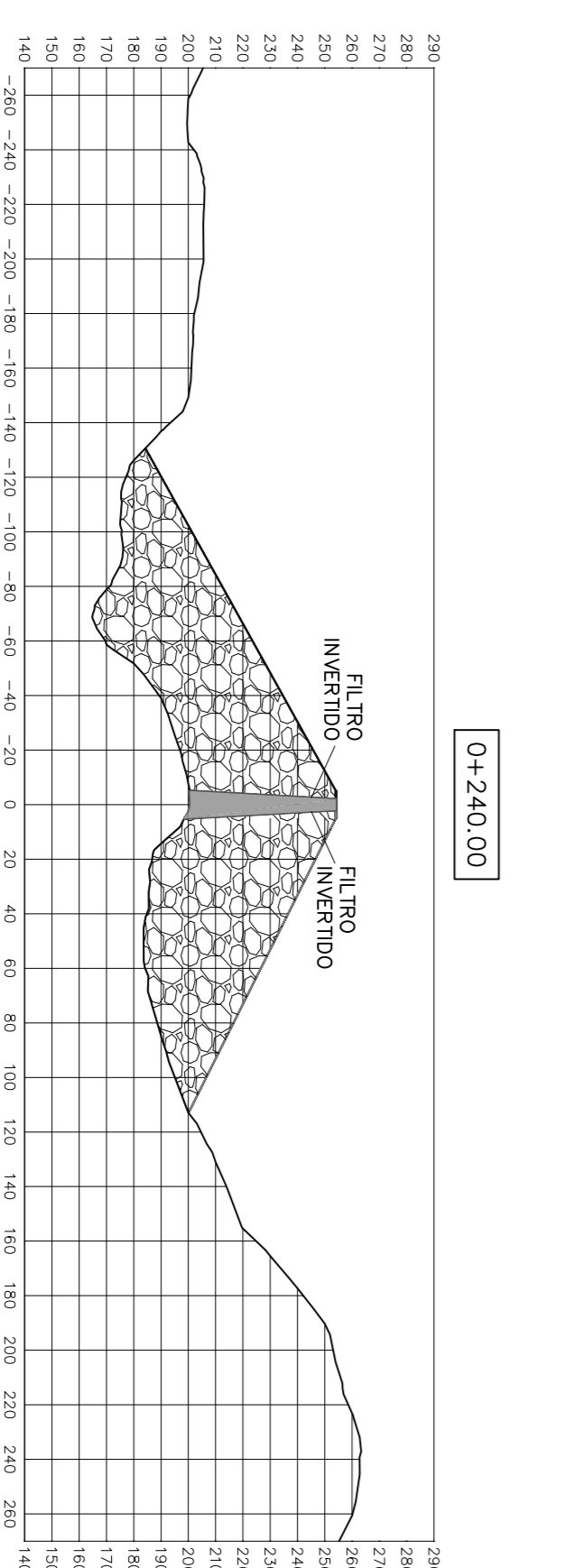
0+120.00



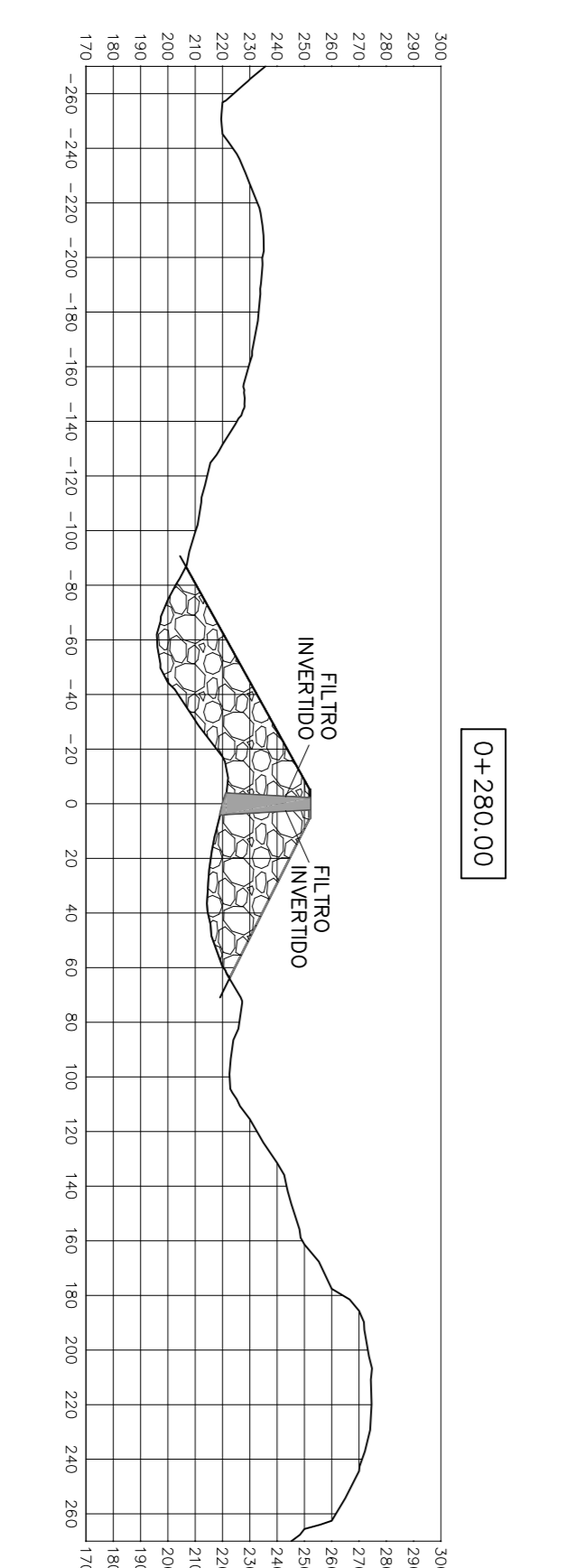
0+160.00



0+200.00



0+240.00



0+280.00

TABLA DE VOLUMENES ACUMULADOS (m <sup>3</sup> )		
ABSCISA	Volumen acumulado de Enrocado	Volumen acumulado de núcleo (Mat. Arcilloso)
0+000.00	0.00	0.00
0+040.00	111902.92	5074.05
0+080.00	509761.36	22440.19
0+120.00	1302375.07	58024.98
0+160.00	2279991.20	105994.36
0+200.00	3120130.42	146710.92
0+240.00	3671344.66	170293.02
0+280.00	3918624.44	181520.34
0+321.52	3986344.96	185345.10

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA**  
**“SALESIANA”**  
 CARRERA INGENIERIA CIVIL

**TESIS:**  
 FORMULACION DE LA ALTERNATIVA  
 CAZADEROS SOLO, PARA EL  
 PROYECTO BINACIONAL PUYANGO –  
 TUMBES EN EL MARCO DEL CONVENIO  
 ECUATORIANO – PERUANO DE 1971.

**CONTIENE:**  
 VOLUMENES ACUMULADOS DE LA PRESA CAZADEROS(MATERIAL DEL LUGAR)  
 SECCIONES TRANSVERSALES DE LA PRESA CAZADEROS(MATERIAL DEL LUGAR)

**AUTOR:** CHAVEZ BOSQUEZ ROMEL  
**TUTOR:** INGIIVAN CALERO HIDALGO

**ESCALA:**  
 INDICADAS

**LAMINA:**  
 2/7

**Anexo 24. Resultado del análisis del trasvase Cazaderos Tahuín mediante túnel con sección transversal circular y flujo a superficie libre.**

**Túnel Cazaderos - Tahuín (rugosidad de diseño)**

Friction Method	Manning Formula
Solve For	Normal Depth
<b>Input Data</b>	
Roughness Coefficient	0.012
Channel Slope	0.08000 %
Diameter	5.20 m
Discharge	52.00 m <sup>3</sup> /s
<b>Results</b>	
Normal Depth	3.76 m
Flow Area	16.44 m <sup>2</sup>
Wetted Perimeter	10.57 m
Hydraulic Radius	1.56 m
Top Width	4.66 m
Critical Depth	2.73 m
<b>Percent Full</b>	<b>72.3 %</b>
<b>Critical Slope</b>	<b>0.20770 %</b>
<b>Velocity</b>	<b>3.16 m/s</b>
Velocity Head	0.51 m
Specific Energy	4.27 m
Froude Number	0.54
Maximum Discharge	64.14 m <sup>3</sup> /s
Discharge Full	59.62 m <sup>3</sup> /s
Slope Full	0.00061 m/m
Flow Type	SubCritical

Bentley Systems, Inc. Haestad Methods Solution Center

Bentley FlowMaster V8i (SELECTseries 1) [08.11.01.03]

01/10/2018 11:51:46 p. m. 27 Siemons Company Drive Suite 200 W Watertown, CT 06795 USA +1-203-755-1666

Page  
of

1  
1





## Túnel Cazaderos - Tahuín (rugosidad mínima)

Friction Method                      Manning Formula  
Solve For                                Normal Depth

### Input Data

Roughness Coefficient	0.011
Channel Slope	0.08000 %
Diameter	5.20 m
Discharge	52.00 m <sup>3</sup> /s

### Results

Normal Depth	3.52 m
Flow Area	15.28 m <sup>2</sup>
Wetted Perimeter	10.04 m
Hydraulic Radius	1.52 m
Top Width	4.87 m
Critical Depth	2.73 m
<b>Percent Full</b>	<b>67.6 %</b>
<b>Critical Slope</b>	<b>0.17453 %</b>
<b>Velocity</b>	<b>3.40 m/s</b>
Velocity Head	0.59 m
Specific Energy	4.11 m
Froude Number	0.61
Maximum Discharge	69.97 m <sup>3</sup> /s
Discharge Full	65.04 m <sup>3</sup> /s
Slope Full	0.00051 m/m
Flow Type	SubCritical

Bentley Systems, Inc. Haestad Methods Solution Center

01/10/2018 11:58:30 p. m.  
Page  
of

27 Siemons Company Drive Suite 200 W

Bentley FlowMaster V8i (SELECTseries 1) [08.11.01.03]  
Watertown, CT 06795 USA +1-203-755-1666

1  
1

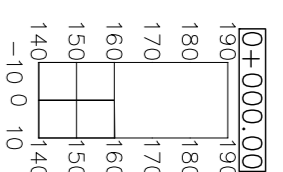
**Anexo 25. Implantación del trasvase Cazaderos – Tahuín, mediante túnel por territorio ecuatoriano.**

Se presentan dos láminas, en una se ubica la implantación del túnel y su perfil longitudinal; mientras que en la segunda se presenta las secciones transversales del mismo, y los volúmenes de excavación requerido.

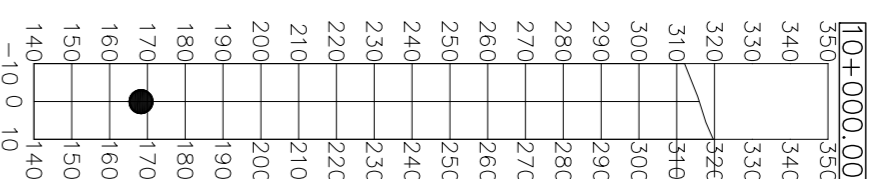


# SECCIONES TRANSVERSALES

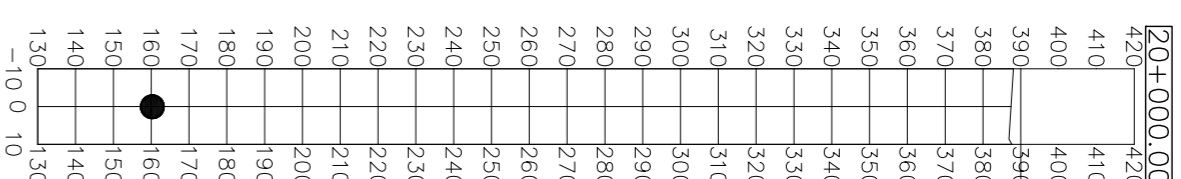
## ESCALA 1:2000



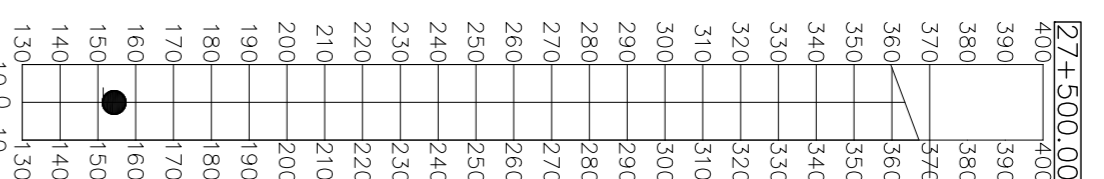
EXCAVACION EN ABSCSA 0+000.00			
Excoedón	Área (m <sup>2</sup> )	Volumen (m <sup>3</sup> )	Volumen Acumulado (m <sup>3</sup> )
Excoedón	0.00	0.00	0.00



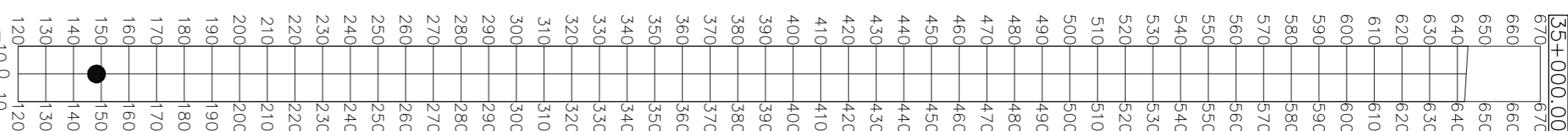
EXCAVACION EN ABSCSA 10+000.00			
Excoedón	Área (m <sup>2</sup> )	Volumen (m <sup>3</sup> )	Volumen Acumulado (m <sup>3</sup> )
Excoedón	29.10	10743.81	218236.37



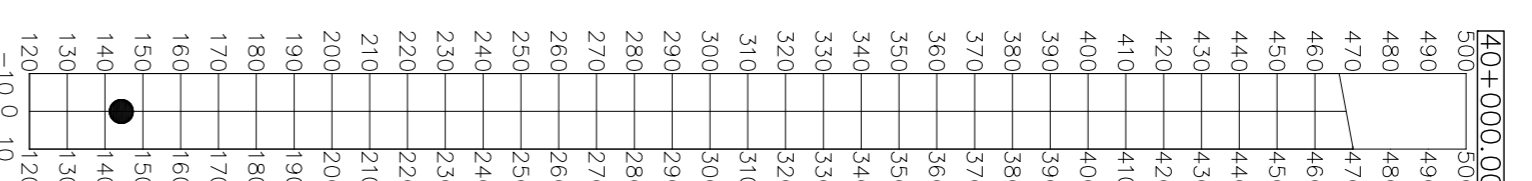
EXCAVACION EN ABSCSA 20+000.00			
Excoedón	Área (m <sup>2</sup> )	Volumen (m <sup>3</sup> )	Volumen Acumulado (m <sup>3</sup> )
Excoedón	29.10	145489.98	592716.33



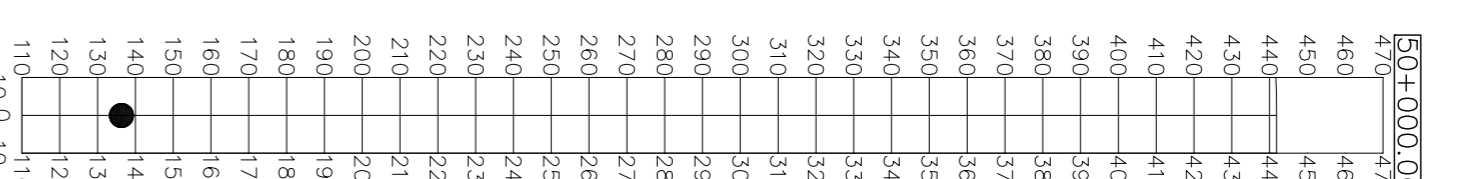
EXCAVACION EN ABSCSA 27+500.00			
Excoedón	Área (m <sup>2</sup> )	Volumen (m <sup>3</sup> )	Volumen Acumulado (m <sup>3</sup> )
Excoedón	29.10	72745.55	72745.56



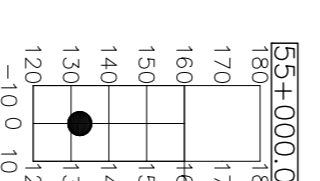
EXCAVACION EN ABSCSA 35+000.00			
Excoedón	Área (m <sup>2</sup> )	Volumen (m <sup>3</sup> )	Volumen Acumulado (m <sup>3</sup> )
Excoedón	29.10	145489.98	945687.07



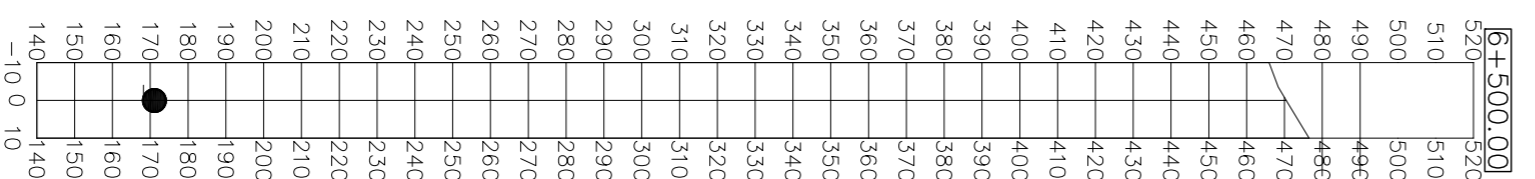
EXCAVACION EN ABSCSA 40+000.00			
Excoedón	Área (m <sup>2</sup> )	Volumen (m <sup>3</sup> )	Volumen Acumulado (m <sup>3</sup> )
Excoedón	29.10	145489.98	1091177.05



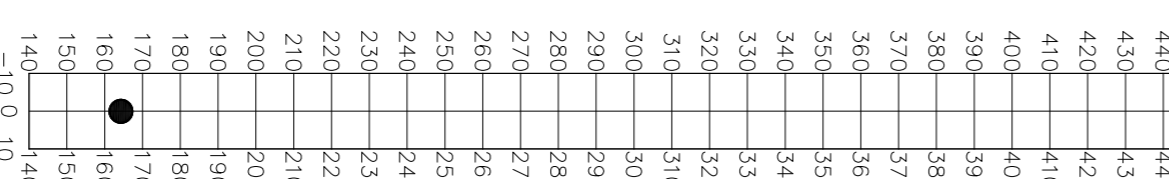
EXCAVACION EN ABSCSA 50+000.00			
Excoedón	Área (m <sup>2</sup> )	Volumen (m <sup>3</sup> )	Volumen Acumulado (m <sup>3</sup> )
Excoedón	29.10	145489.98	1382157.00



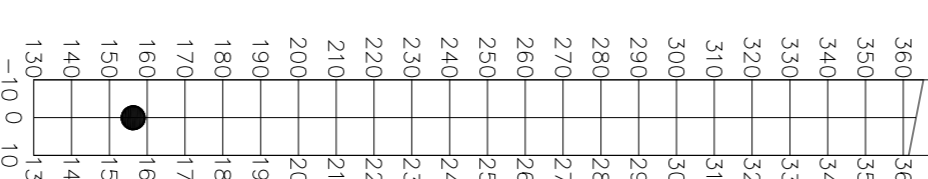
EXCAVACION EN ABSCSA 55+000.00			
Excoedón	Área (m <sup>2</sup> )	Volumen (m <sup>3</sup> )	Volumen Acumulado (m <sup>3</sup> )
Excoedón	29.10	145489.98	1527646.98



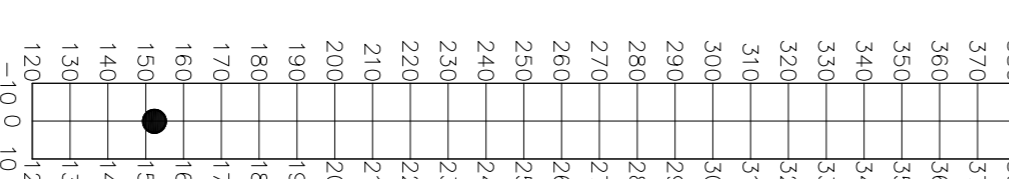
EXCAVACION EN ABSCSA 6+500.00			
Excoedón	Área (m <sup>2</sup> )	Volumen (m <sup>3</sup> )	Volumen Acumulado (m <sup>3</sup> )
Excoedón	29.10	54699.27	116392.36



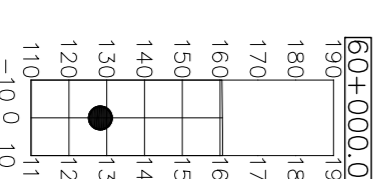
EXCAVACION EN ABSCSA 15+000.00			
Excoedón	Área (m <sup>2</sup> )	Volumen (m <sup>3</sup> )	Volumen Acumulado (m <sup>3</sup> )
Excoedón	29.10	145489.98	363782.35



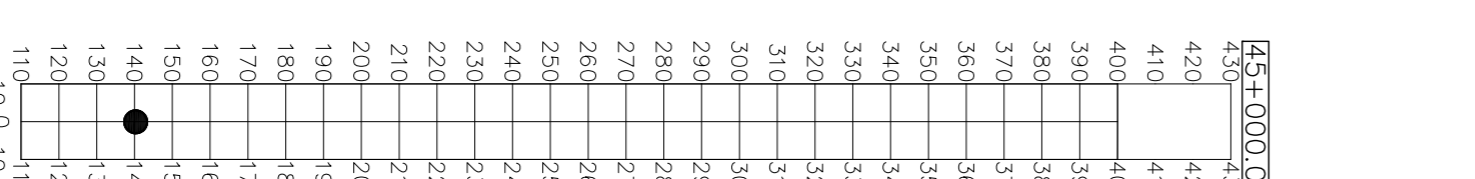
EXCAVACION EN ABSCSA 25+000.00			
Excoedón	Área (m <sup>2</sup> )	Volumen (m <sup>3</sup> )	Volumen Acumulado (m <sup>3</sup> )
Excoedón	29.10	145489.98	654706.33



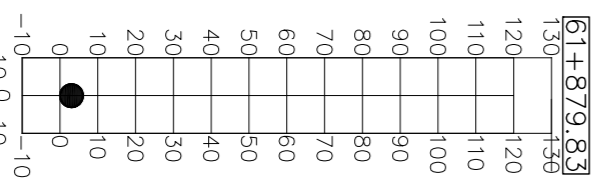
EXCAVACION EN ABSCSA 30+000.00			
Excoedón	Área (m <sup>2</sup> )	Volumen (m <sup>3</sup> )	Volumen Acumulado (m <sup>3</sup> )
Excoedón	29.10	72745.23	607197.09



EXCAVACION EN ABSCSA 40+000.00			
Excoedón	Área (m <sup>2</sup> )	Volumen (m <sup>3</sup> )	Volumen Acumulado (m <sup>3</sup> )
Excoedón	29.10	145489.06	1623137.04



EXCAVACION EN ABSCSA 45+000.00			
Excoedón	Área (m <sup>2</sup> )	Volumen (m <sup>3</sup> )	Volumen Acumulado (m <sup>3</sup> )
Excoedón	29.10	145489.98	1238697.03



EXCAVACION EN ABSCSA 61+879.83			
Excoedón	Área (m <sup>2</sup> )	Volumen (m <sup>3</sup> )	Volumen Acumulado (m <sup>3</sup> )
Excoedón	29.10	54699.27	1727856.31

RESUMEN DE EXCAVACION			
ABSCISA	AREA (m <sup>2</sup> )	VOLUMEN (m <sup>3</sup> )	VOLUMEN ACUMULADO (m <sup>3</sup> )
0+000.00	0.00	0.00	0.00
5+000.00	29.10	72744.99	72744.99
6+500.00	29.10	43647.57	116392.56
10+000.00	29.10	101843.81	218236.37
15+000.00	29.10	145489.98	363726.35
20+000.00	29.10	145489.98	509216.33
25+000.00	29.10	145489.98	654706.31
27+500.00	29.10	72745.55	727451.86
30+000.00	29.10	72745.23	800197.09
35+000.00	29.10	145489.98	945687.07
40+000.00	29.10	145489.98	1091177.05
45+000.00	29.10	145489.98	1236667.03
50+000.00	29.10	145489.98	1382157.00
55+000.00	29.10	145489.98	1527646.98
60+000.00	29.10	145490.06	1673137.04
61+879.83	29.10	54699.27	1727856.31

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA  
"SALESIANA"  
CARRERA INGENIERÍA CIVIL

TESIS:  
FORMULACIÓN DE LA ALTERNATIVA  
CAZADEROS SOLO, PARA EL  
PROYECTO BINACIONAL PUYANGO –  
TUMBES EN EL MARCO DEL CONVENIO  
ECUATORIANO – PERUANO DE 1971.

CONTIENE:  
SECCIONES TRANSVERSALES DEL TUNEL (ALTERNATIVA1)  
TABLA DE VOLUMENES DE EXCAVACION

AUTOR: CHAVEZ BOSQUEZ ROMEL  
TUTOR: INGIWAN CALERO HIDALGO

ESCALA: INDICADAS  
LÁMINA: 4/7

Anexo 26. Resultado del diseño del trasvase Cazaderos - Tahuín con flujo a presión.

1. DIMENSIONAR FLUJO A PRESIÓN QUE DESAGÜA BAJO NIVEL

(Darcy-Weisbach)

VARIABLES		
H1	173	m.s.n.m
H2	120	m.s.n.m
Q	52	m <sup>3</sup> /s
V	1.00E-06	m <sup>2</sup> /s
Δ	1	mm
Δ	0.001	m
g	9.81	m/s <sup>2</sup>
L	61530.78	m

GLOSARIO

H1: cota aguas arriba

H2: cota aguas abajo

Q: Caudal

V: viscosidad cinemática

Δ: rugosidad del material

g: aceleración de la gravedad

L: longitud del conducto

D: diámetro

Δr: rugosidad relativa

Re': límite inferior zona precuadrática

Re'': límite superior z. precuadrática

λ: factor de fricción

Re: número de Reynolds

μ<sub>a</sub>=coeficiente de descarga

$$Re' = \frac{10}{\Delta r}$$

$$Re'' = \frac{500}{\Delta r}$$

$$Q = \omega \mu_a \sqrt{2gH}$$

$$\mu_a = \frac{1}{\sqrt{\lambda \frac{L}{D}}}$$

FLUJO DE TUBO LISO

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = 2 \text{Log}(Re_{(D)} \sqrt{\lambda}) - 0.8$$

FLUJO ZONA

PRECUADRÁTICO

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \text{Log} \left( \frac{2.51}{Re_{(D)} \sqrt{\lambda}} + \frac{\Delta r}{3.7} \right)$$

FLUJO ZONA CUADRÁTICO

$$\lambda = \frac{0.25}{\left( \log \left( \frac{\Delta r}{3.7} \right) \right)^2}$$

D	Área	Δr	Re'	Re''	velocidad	Re	factor de fricción λ			tipo de flujo	factor t.flujo	coef. descarga	Q
							flujo tubo liso	pre-cuadrático	cuadrático				
m	m <sup>2</sup>				m/s		1	2	3				m <sup>3</sup> /s
4.912	18.94	2.0E-04	49119.4	2455971.2	2.74	13479077.8	0.008	0.0138	0.0110	3	0.0110	0.085	52.00

RESULTADO	
D=	4.90 metros

REVESTIMIENTO				DIAMETRO DE EXCAVACIÓN	
1er criterio	0.025	m @ 30cm	0.41	m	5.72
2do criterio	D/12		0.41	m	

## 2. DIMENSIONAR FLUJO A PRESIÓN QUE DESAGUA BAJO NIVEL(Manning)

VARIABLES		
H1	173	m.s.n.m
H2	120	m.s.n.m
Q	52	m <sup>3</sup> /s
L	61530.78	m
n	0.012	m

### GLOSARIO:

H1: cota aguas arriba

L: longitud del conducto

H2: cota aguas abajo

R: radio hidráulico

Q: Caudal

v: velocidad

n: coeficiente de rugosidad

w: sección de flujo

D: diámetro

$$v = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} * i^{\frac{1}{2}}$$

$$R = \frac{D}{4}$$

$$Q = v * \omega$$

<b>D</b>	<b>Área</b>	<b>Radio Hidráulico</b>	<b>Velocidad</b>	<b>Q</b>
m	m <sup>2</sup>	m	m/s	m <sup>3</sup> /s
4.872	18.6422	1.218	2.789	52.000

<b>RESULTADO</b>	
<b>D=</b>	<b>4.87</b> metros

<b>REVESTIMIENTO</b>					<b>DIÁMETRO DE EXCAVACIÓN</b>	
1er criterio	0.025	m @ 30cm	0.41	m	5.7	m
2do criterio	D/12		0.41	m		



**Anexo 27. Prediseño compuerta rectangular de operación y emergencia.**

BASADO EN DESING OF HYDRAULIC GATES (ERBISTI, 2014)

**DIMENSIONES HIDRÁULICAS**

NNE=	247 m.s.n.m
NME=	173 m.s.n.m
Diámetro túnel=	5.2 metros
Carga(H)=	79.2 m
Yagua	9.81 KN/m3

MATERIAL ASTM A 588 Gr. A  $f_y = 345$  MPa  $F_u = 483$  MPa

**DIMENSIONES**

Altura (h)	6 m
Ancho (b)	6 m
Espesor Placa(t)	30 mm asumido

**1.- DETERMINAR EL NÚMERO DE VIGAS HORIZONTALES (N), EN FUNCIÓN DEL ESPESOR DE LA PLACA**

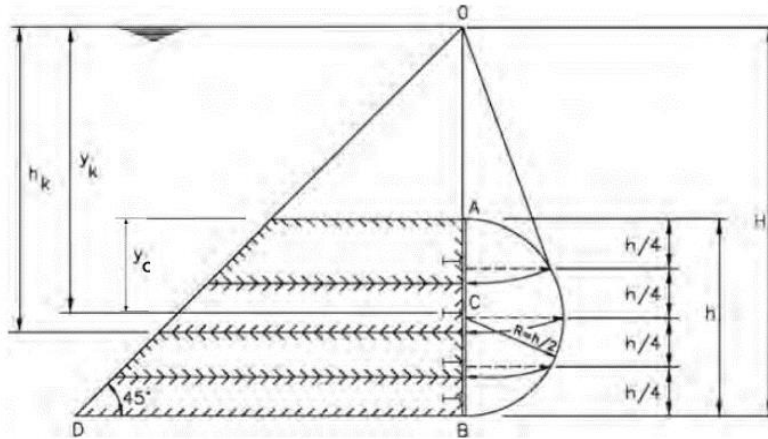
$$N = \frac{100h}{t} \sqrt{\frac{H_m}{2\sigma_{adm}}}$$

HM= 76.2 m.c.a

$\sigma_{adm}$ = 234.6 MPa

n=	8
----	---

**2.- DETERMINAR EL ESPACIAMIENTO DE LAS VIGAS HORIZONTALES**



$$h_k = H \sqrt{\frac{k + \beta}{n + \beta}} \quad (\text{donde } k = 1, 2, 3, \dots, n) \quad \beta = \frac{n(H - h)^2}{H^2 - (H - h)^2}$$

$$Y_k = \frac{2H}{3\sqrt{n + \beta}} [(k + \beta)^{3/2} - (k - 1 + \beta)^{3/2}]$$

$\beta = 46.88$

Nº franja (k)	hk	Yk	Yc
	m	m	m
1	73.98	73.59	0.39
2	74.75	74.36	1.16
3	75.51	75.13	1.93
4	76.26	75.88	2.68
5	77.00	76.63	3.43
6	77.74	77.37	4.17
7	78.48	78.11	4.91
8	79.20	78.84	5.64

### 3.- PREDISEÑO ESTRUCTURAL DE LAS VIGAS HORIZONTALES

#### 3.1 ALTURA DEL ALMA (t3)

Carga sobre el fondo	Altura del alma
hasta 15 metros	de 1/12 a 1/9 L
de 15 a 30 metros	de 1/9 a 1/7 L
más de 30 metros	de 1/7 a 1/5 L

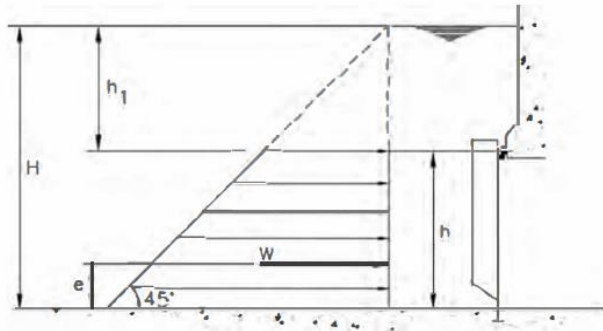
**t3= 0.70 m**

### 4.- DISEÑO ESTRUCTURAL DE LAS VIGAS HORIZONTALES

#### 4.1 FUERZA HIDROSTÁTICA SOBRE LA PLACA (W)

$$W = \gamma B h \left( H - \frac{h}{2} \right)$$

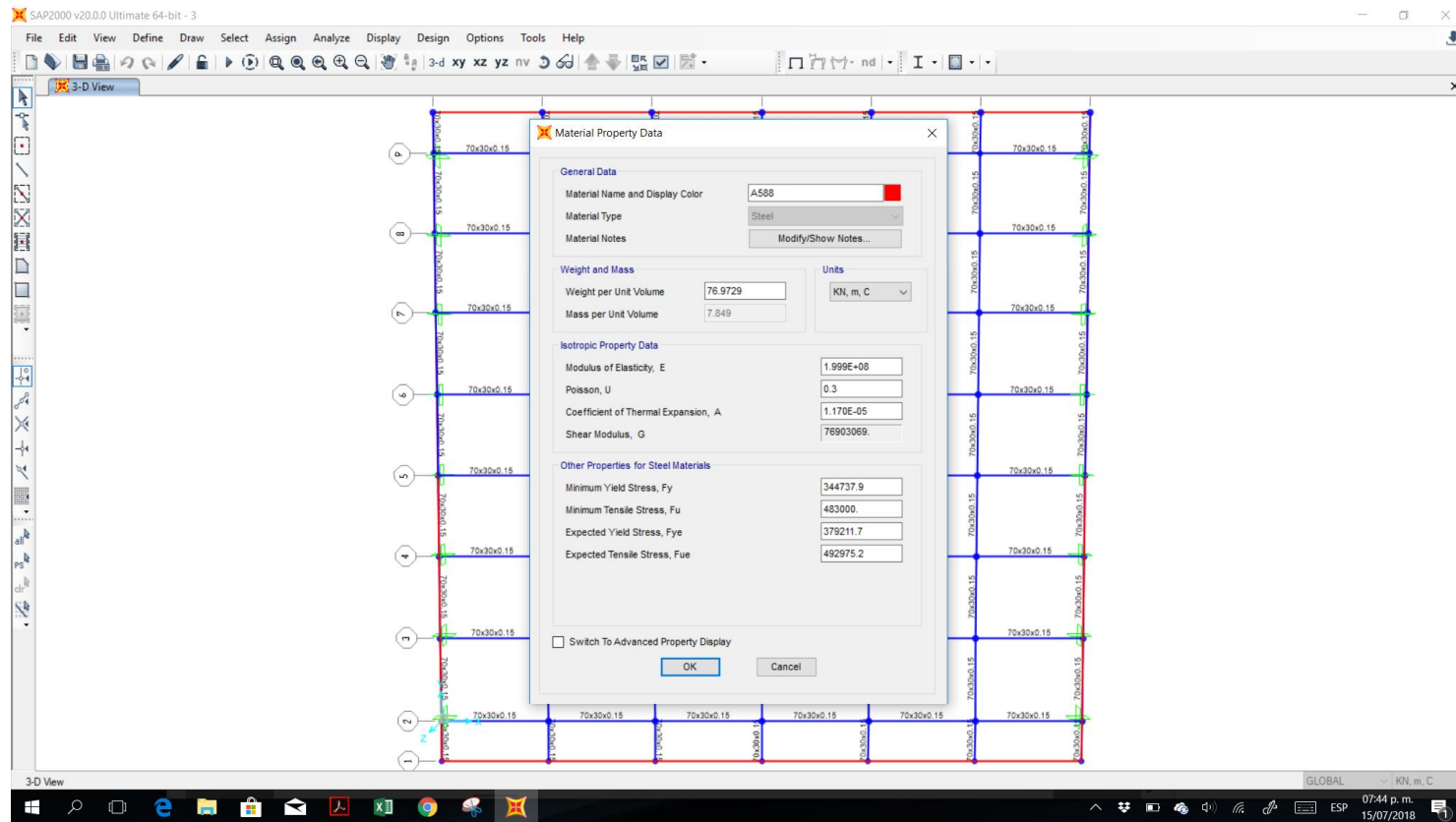
$$h = H - h_1 \tag{4.7}$$



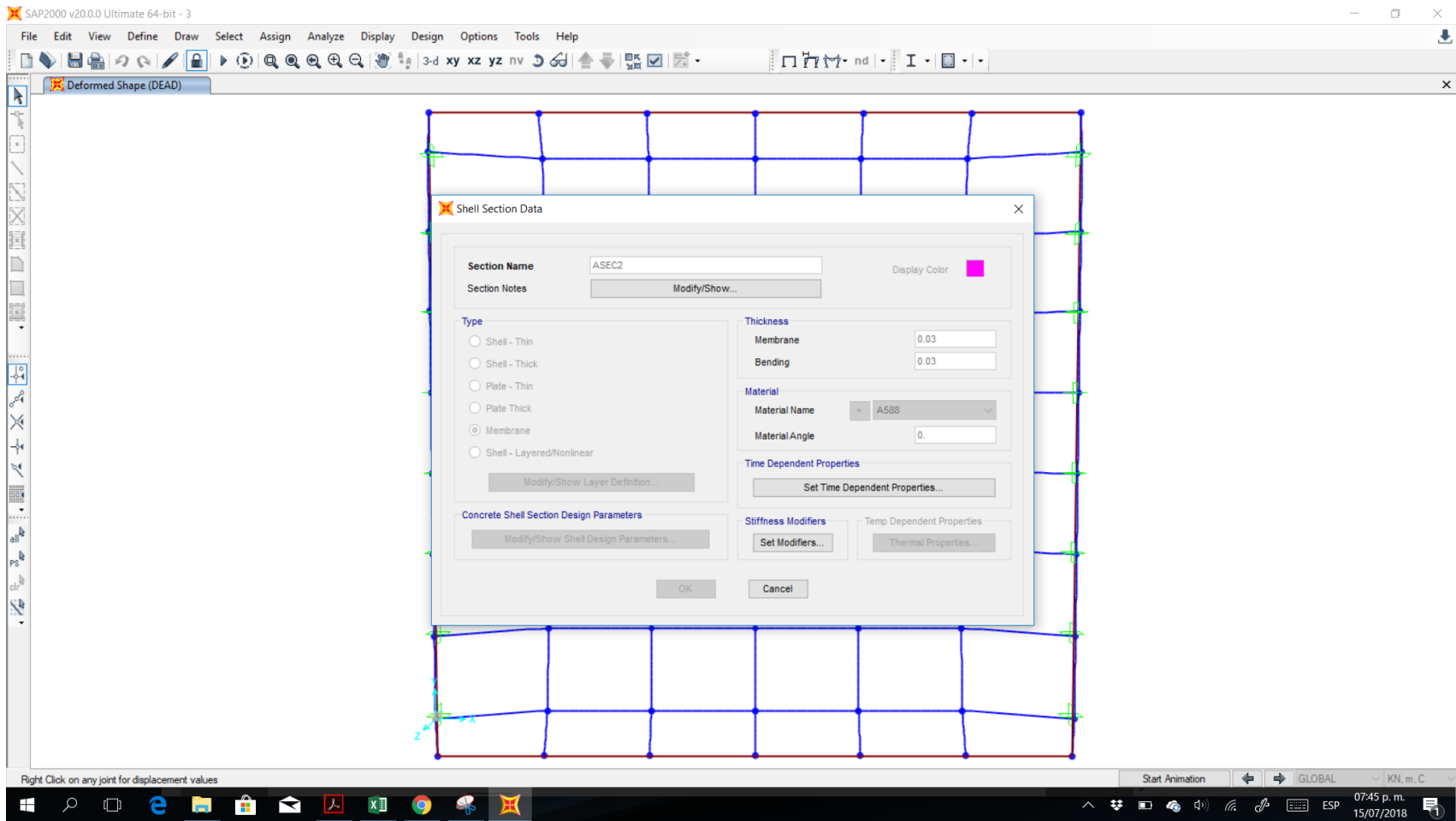
W= 26910.792 KN  
 Presión Distribuida W= 747.522 KN/m<sup>2</sup>

## 4.2 ANÁLISIS ESTRUCTURAL EN SAP 2000

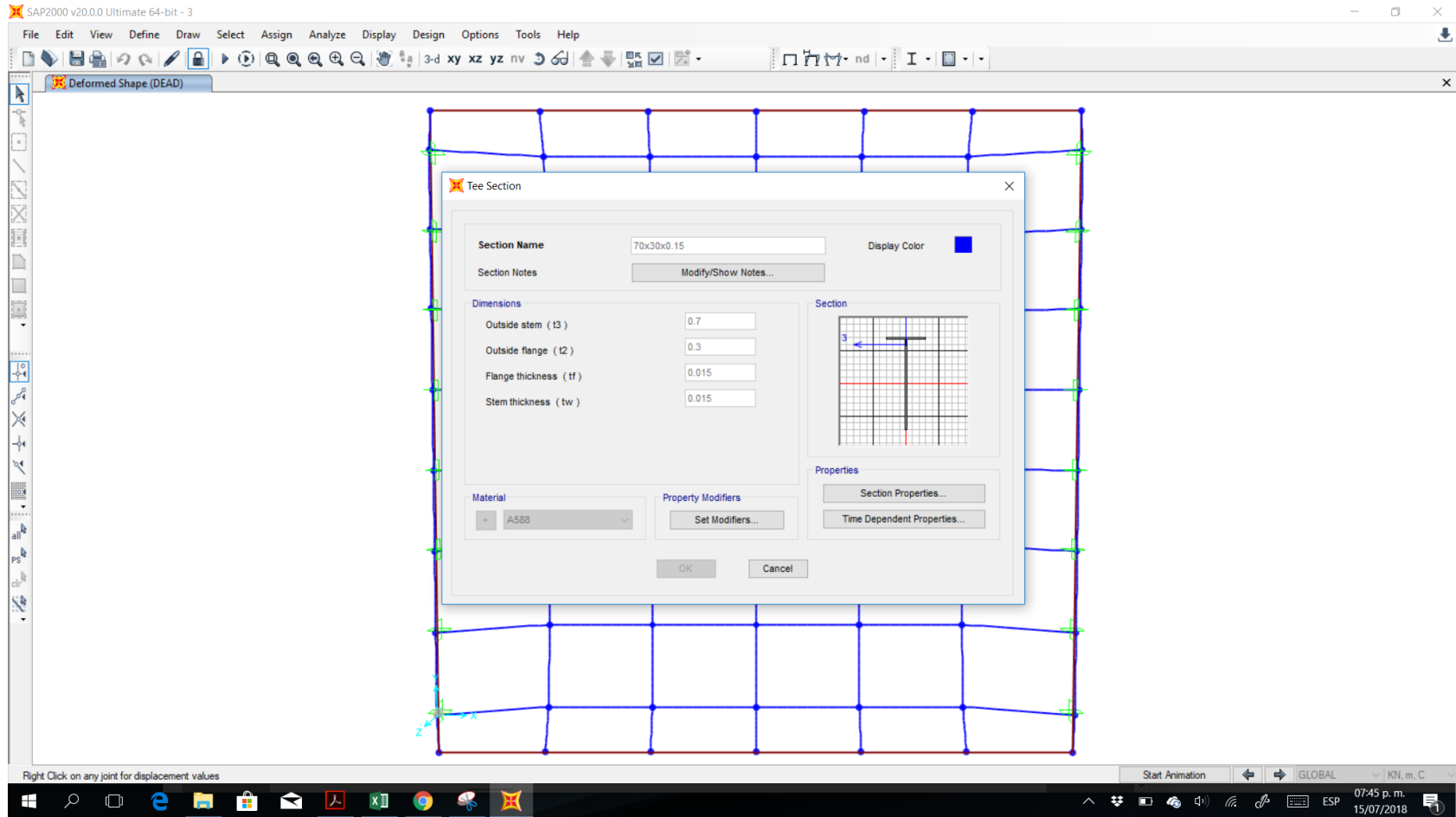
*Nota: las vigas verticales se colocarán cada metro y de sección similar a las horizontales las características del acero A588 con  $f_y=345\text{MPa}$*



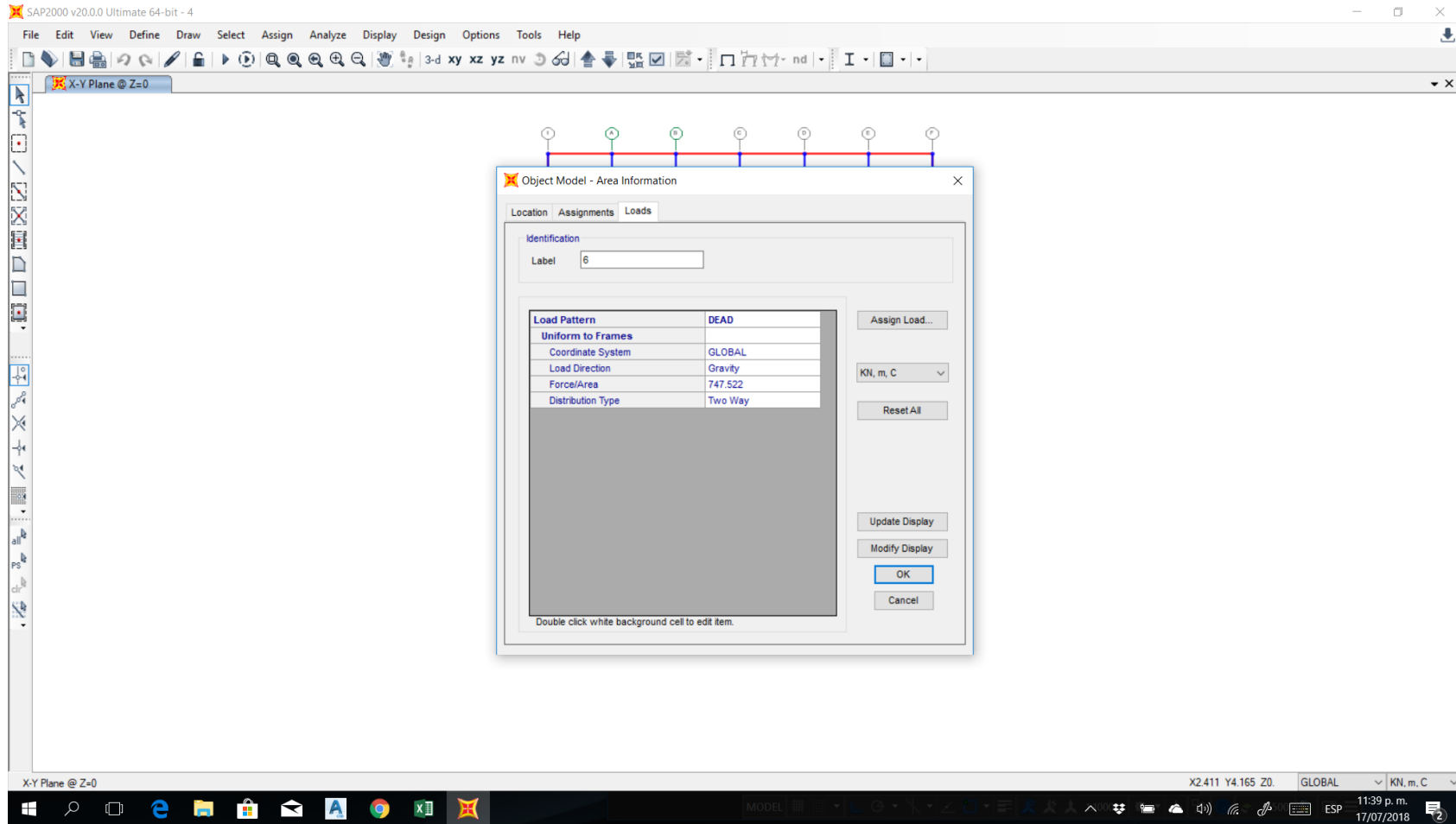
La sección de la placa es de 30 mm de acero A588



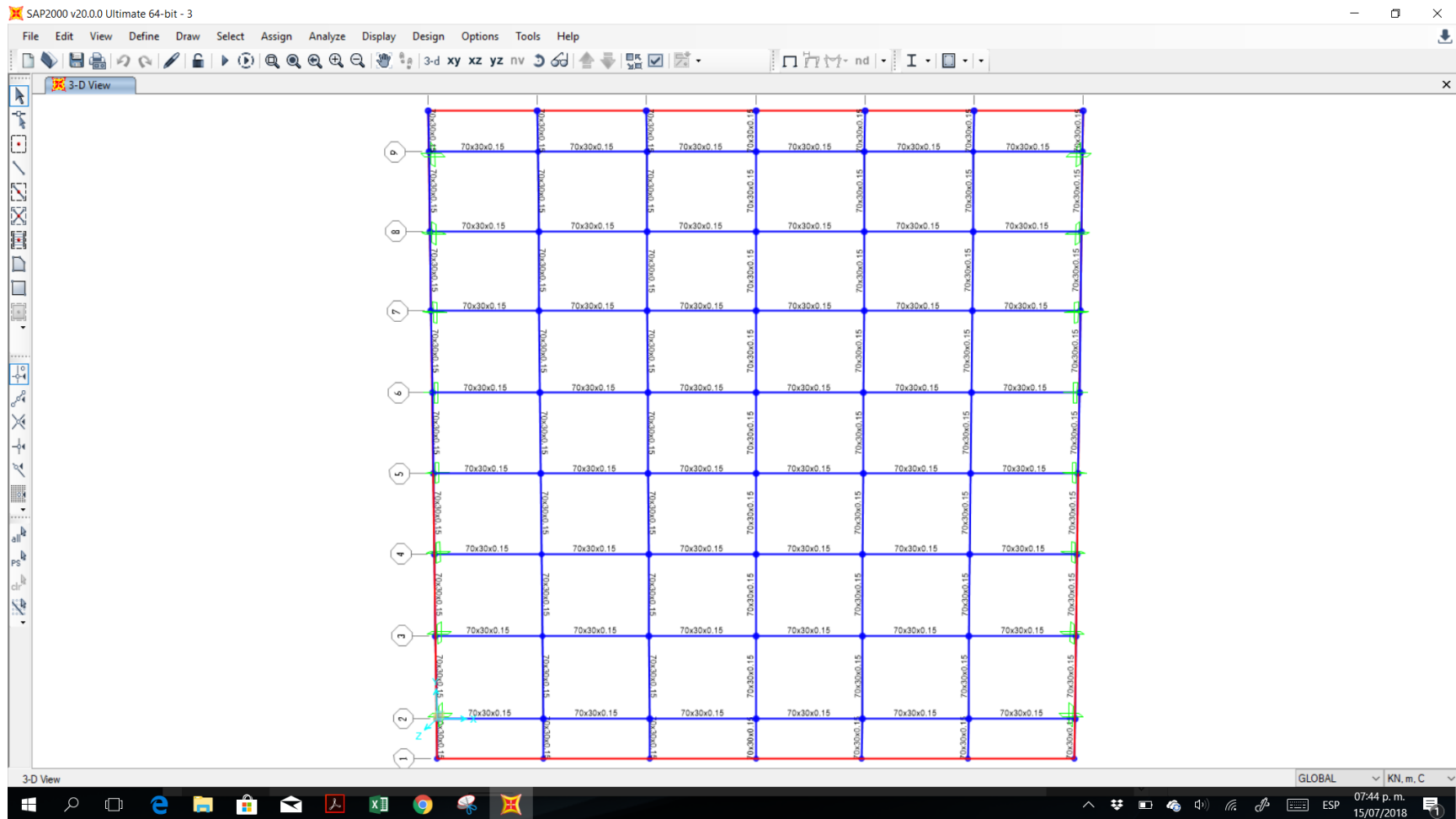
La sección transversal de la viga es tipo T de 15 mm de espesor, con altura del alma de 70 cm y 30 cm de ala



La carga distribuida de diseño es de 747.522 KN/m2 calculada.

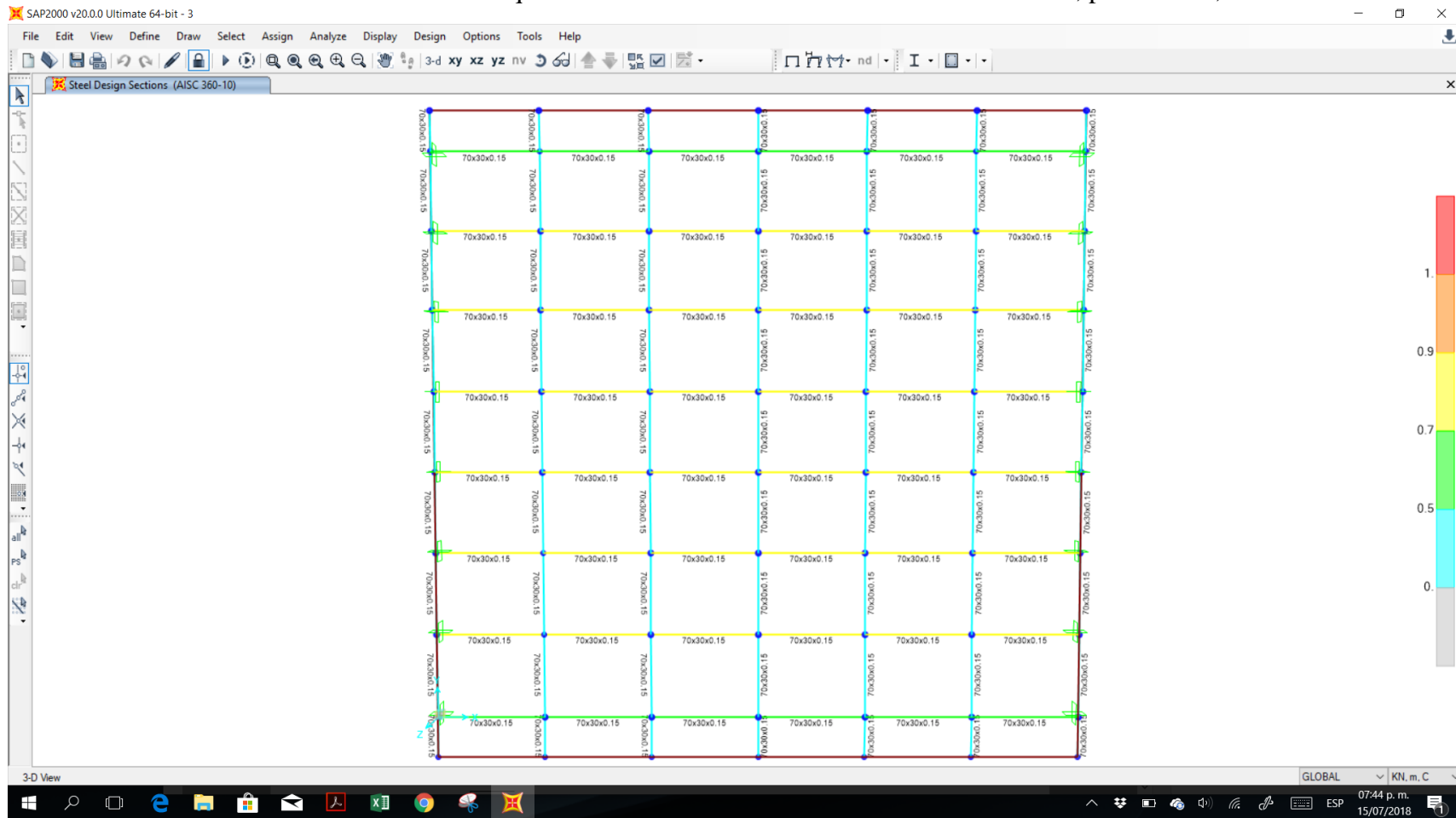


La configuración de los refuerzos, se respetan los espaciamientos ya calculados para vigas horizontales, mientras que para las vigas verticales se colocan cada metro.





El resultado del cálculo estructural determina que la sección determinada resiste las solicitaciones, por lo tanto, se conservan.



## PESO DE LA COMPUERTA(Pc)

Section Text	ObjectType Text	NumPieces Unitless	TotalLength	TotalWeight KN
70x30x0.15	Frame	111	90	102.355
ASEC2	Area			83.131

Pc= 185.486 KN

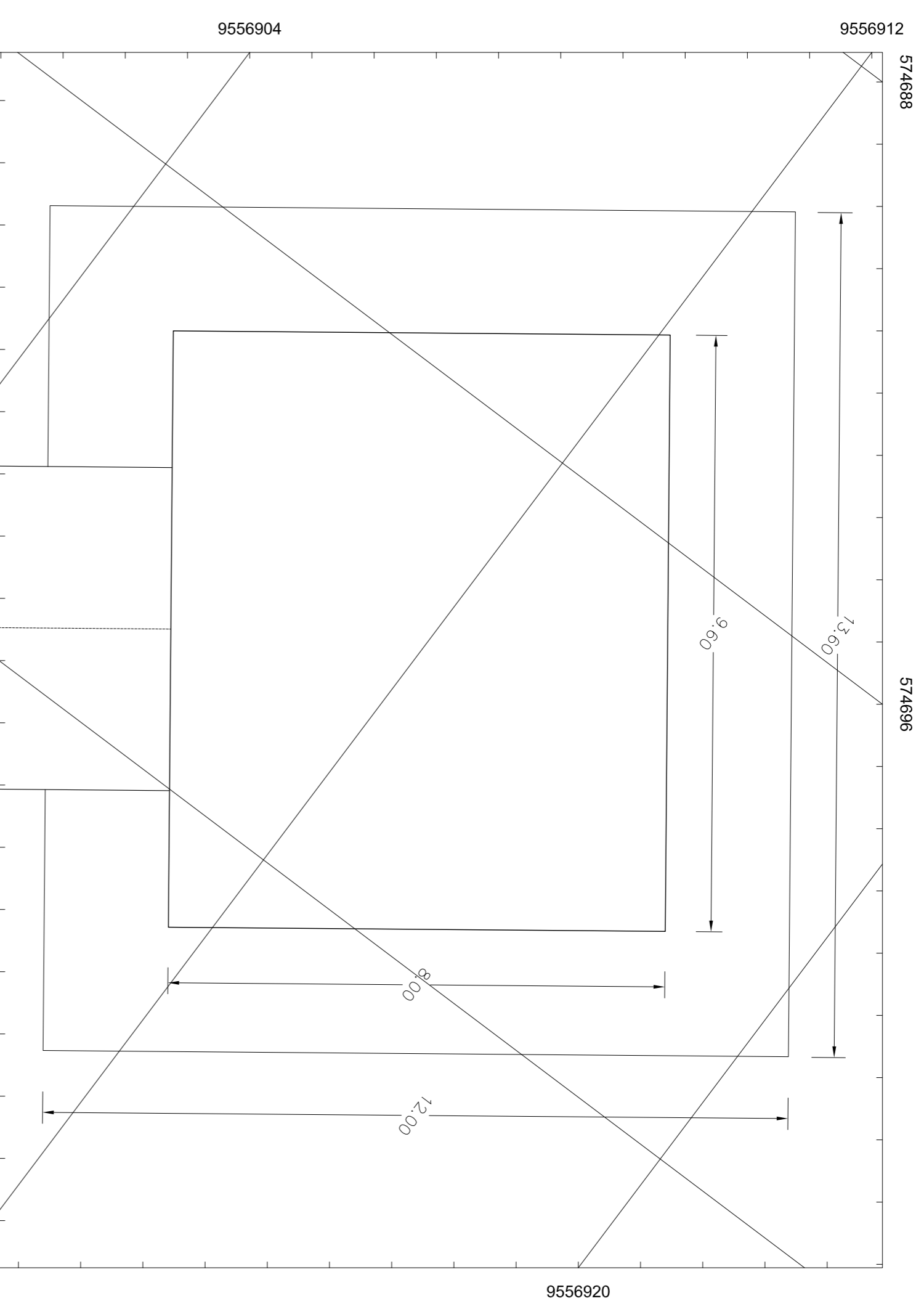
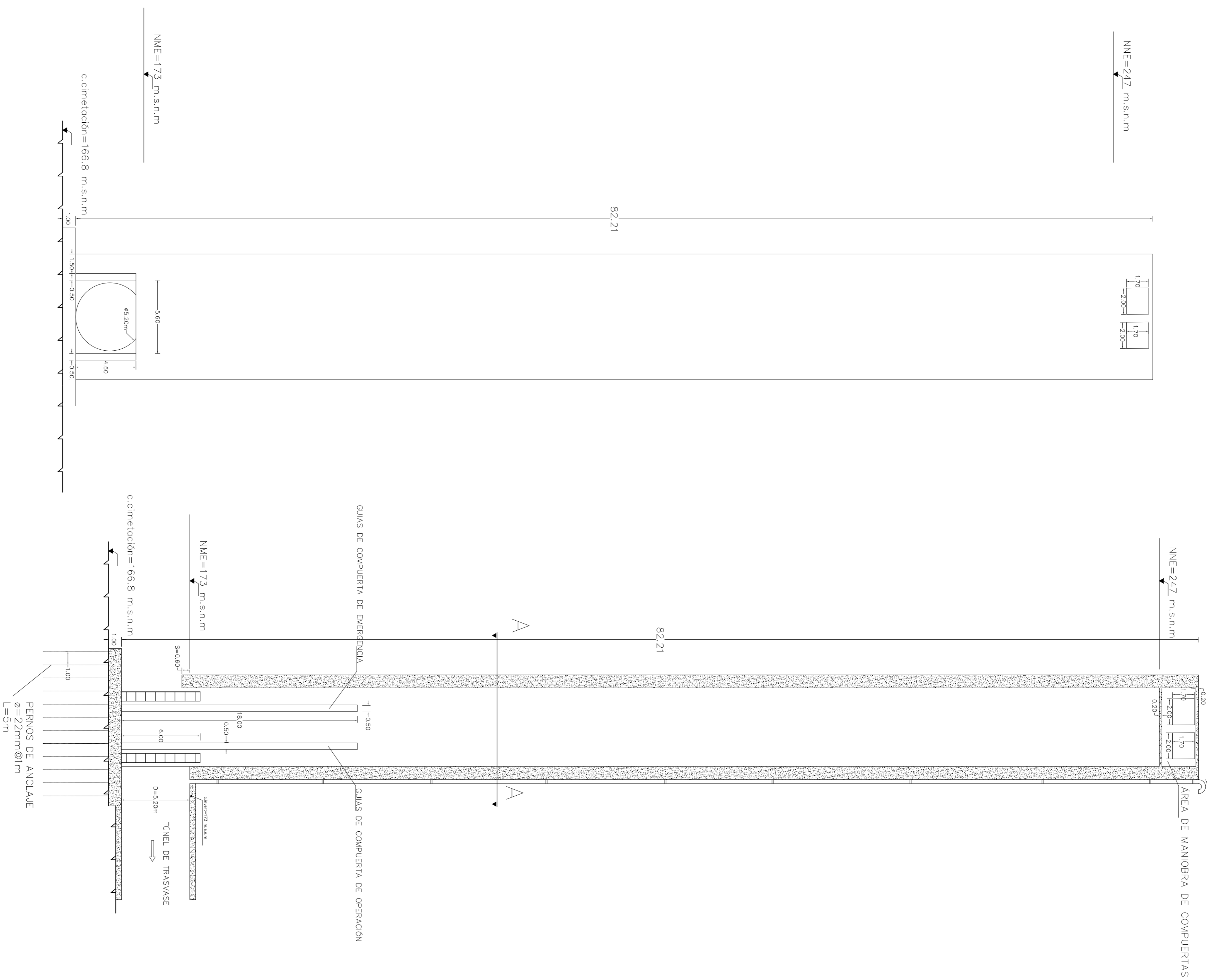
**Anexo 28. Implantación de la obra de ingreso al trasvase Cazaderos - Tahuín.**

Se presenta la implantación de la obra de ingreso al trasvase, con los respectivos volúmenes.

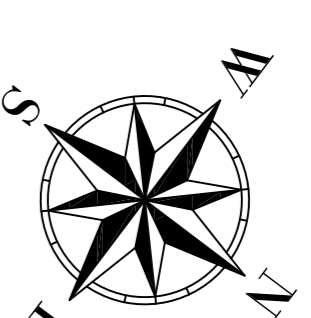
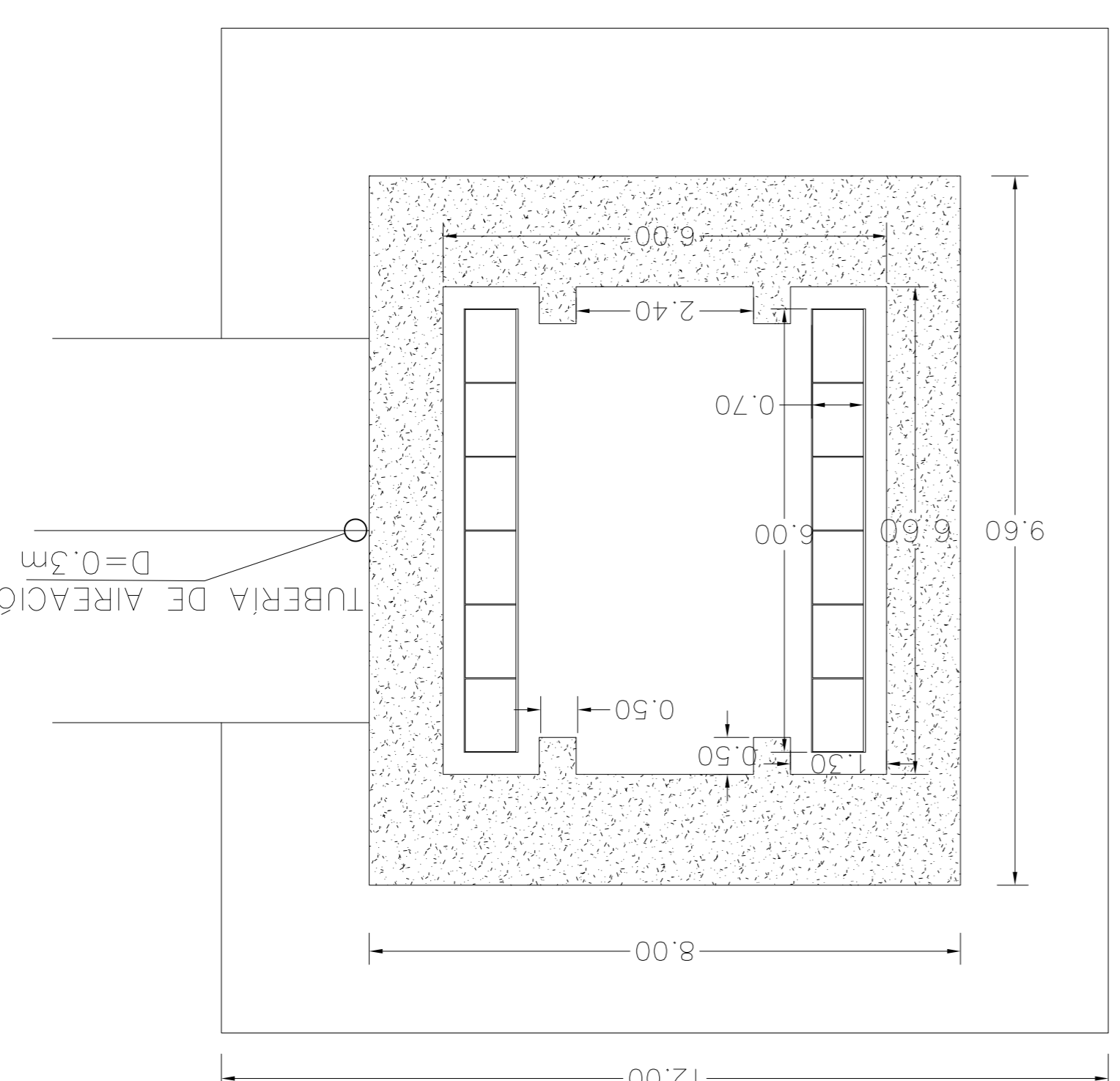
VISTA FRONTAL  
ESCALA 1:200

CORTE TRANSVERSAL  
ESCALA 1:200

IMPLANTACIÓN  
ESCALA 1:75



CORTE A - A  
ESCALA 1:75



OTROS	
DESCRIPCIÓN	LONGITUD m
PERNOS DE ANCLAJE ø=22mm@1m L=5m en losa de cimentación	820
TOTAL	820

VOLUMENES DE HORMIGÓN			
ELEMENTO	ÁREA (m <sup>2</sup> )	VOLUMEN (m <sup>3</sup> )	
Muros estructurales	38.2	3140.04	
Losa de dreo de monitores	39.6	7.92	
Losa de cimentación	163.2	163.2	
Losa de cubierta	76.8	15.36	
TOTAL		3326.52	

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA  
"SALESIANA"  
CARRERA INGENIERÍA CIVIL

TESIS:  
FORMULACIÓN DE LA ALTERNATIVA  
CAZADEROS SOLO, PARA EL  
PROYECTO BINACIONAL PUYANGO -  
TUMBES EN EL MARCO DEL CONVENIO  
ECUATORIANO - PERUANO DE 1971.

CONTIENE:  
ORIFICIO DE ENTRADA SUMERGIDO CON CHIMENEA  
MOJADA:  
VISTA FRONTAL, CORTE TRANSVERSAL, CORTE  
A-A, VOLUMENES DE HORMIGÓN

AUTOR: CHAVEZ BOSQUEZ ROMEL  
TUTOR: INGLIVÁN CALERO HIDALGO

ESCALA: LÁMINA:  
INDICADAS 5/7

**Anexo 29. Calculo de esfuerzos producidos por la estructura de la obra de ingreso al trasvase.**

**ORIFICIO DE ENTRADA SUMERGIDO CON CHIMENEA MOJADA QUE ABASTECE A UNA CONDUCCIÓN CON FLUJO A PRESIÓN**

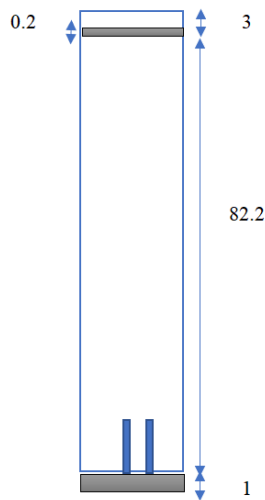
**SOLICITACIONES DE LA ESTRUCTURA**

COMPUERTA DE OPERACIÓN=	185.486 KN
COMPUERTA DE EMERGENCIA=	185.486 KN
TOTAL, DE COMPUERTAS=	370.97 KN

NME=	173	m.s.n.m.
NNE=	247	m.s.n.m.
H=	74	metros
borde libre=	3	metros
Área de operación=	3	metros
Diámetro del túnel=	5.2	metros
H chimenea=	85.2	metros
Coef. sísmico	0.4	

**DIMENSIONES DE LA ESTRUCTURA**

Peso específico del hormigón=	23.54	KN/m3
H total=	85.2	metros
Espesor muro (e1)=	VARIABLE	metros
Espesor de la losa ciment. (e2)=	1	metros
Espesor de la losa maniobras (e2)=	0.2	metros
Espesor de la losa cubierta (e3)=	0.2	metros



## SECCIÓN TRANSVERSAL ESTRUCTURA

*Nota: Sección simétrica*

Ancho interno= 6 metros

Profundidad interna= 6.6 metros

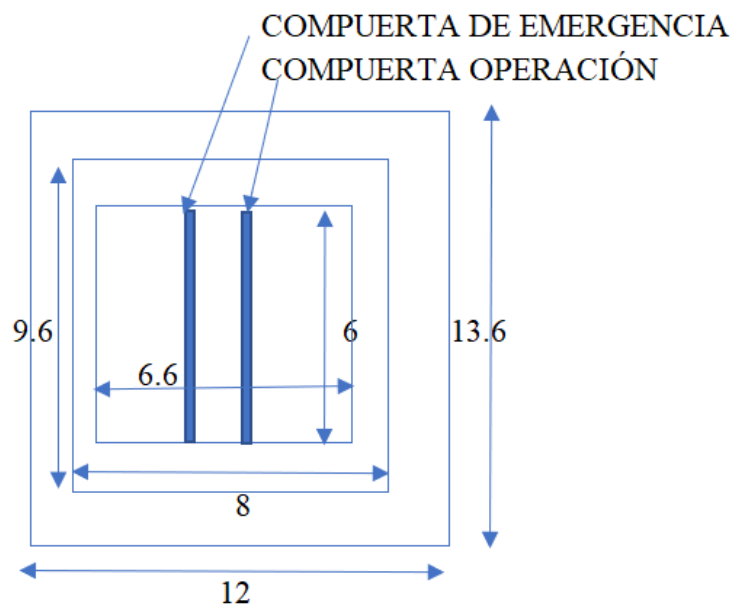
Ancho externo= 8 metros

Profundidad externa= 9.6 metros

### CIMENTACIÓN

Ancho = 12 metros

Profundidad= 13.6 metros



## DETERMINACIÓN DE ESFUERZOS EN LA BASE DE CIMENTACIÓN.

a) Combinación Básica

Condiciones

*Embalse en nivel muerto*

Elemento	Área	Altura	Volumen	Peso	brazo	Momento
	m <sup>2</sup>	m	m <sup>3</sup>	KN	m	KN*m
Muros	38.2	85.2	3254.64	76614.23	0	0
Losa maniobras	39.6	0.2	7.92	186.44	0	0
Losa de cubierta	76.8	0.2	15.36	361.57	0	0
Losa cimentación	163.2	1	163.2	3841.73	0	0
Compuertas	-	-	-	370.97	0	0
			3441.12	81374.94		0

$$\sigma = \frac{\Sigma V}{b * l} \pm \frac{6M}{b^2 * l}$$

$\sigma_{max} =$	498.62	KN/m <sup>2</sup>
$\sigma_{min} =$	498.62	KN/m <sup>2</sup>

b) Combinación Especial

Condiciones

Embalse en nivel muerto de embalse "+ Presencia de sismo 0.4g

$$\sigma = \frac{\Sigma V}{b * l} \pm \frac{6M}{b^2 * l}$$

Elemento	Área m2	Altura m	Volumen m3	Peso KN	brazo m	Momento KN*m	F.Sísmica KN	brazo m	Momento por F.sísmica KN*m
Muros	38.2	85.2	3254.64	76614.23	0	0	45968.54	43.6	2004228.142
Losa maniobras	39.6	0.2	7.92	186.44	0	0	111.86	75.1	8400.842
Losa de cubierta	76.8	0.2	15.36	361.57	0	0	216.94	86.3	18722.322
Losa cimentación	163.2	1	163.2	3841.73	0	0	2305.04	0.5	1152.518
Compuertas	-	-	-	370.97	0	0	222.58	4	890.333
				81374.94		0			2033394.158

$\sigma_{max} =$	6728.38	KN/m2
$\sigma_{min} =$	-5731.14	KN/m2

Al presentarse esfuerzos a tracción en el macizo rocoso es indispensable colocar anclajes a la losa de cimentación



**Anexo 30. Diseño de los aliviaderos de excedentes tipo morning glory.**

**ALIVIADERO CERRADO CON POZO VERTICAL (MORNING GLORY)**

Qdiseño= 12600 m3/s  
 NFE= 249.2 msnm  
 NNE= 243 msnm  
 N. vertedero= 243 msnm  
 H= 6.2 metros

**GLOSARIO**

Q: Caudal  
 ε: Coeficiente de contracción lateral  
 m: Coeficiente de descarga  
 no: número de pilas  
 s: espesor de las pilas  
 H: carga sobre el aliviadero  
 R: radio del aliviadero  
 p: altura del escalón de ingreso  
 g: aceleración de la gravedad

*Nota: se diseñará para dos aliviaderos con similar capacidad*

Nºaliviaderos= 2  
 Qdis= 6300 m3/s  
 p= 1 metro

$$Q = \varepsilon m * (2\pi R - n_o s) * \sqrt{2g} * H^{\frac{3}{2}} \quad m = \left[ 0.49 - 0.68 \left( \frac{H}{R} \right)^{\frac{1}{2}} \right] - 0.03 \left[ 1 - \left( \frac{p}{R} \right)^{\frac{2}{3}} \right]$$

<b>Radio</b>	<b>ε</b>	<b>m</b>	<b>no</b>	<b>s</b>	<b>Q</b>	<b>H/R</b>
m				m	m3/s	
<b>33.805</b>	1	0.433748	0	0	6300	0.183

<b>RESULTADO</b>		
<b>RADIO=</b>	33.810	m
<b>DIAMETRO=</b>	67.62	m

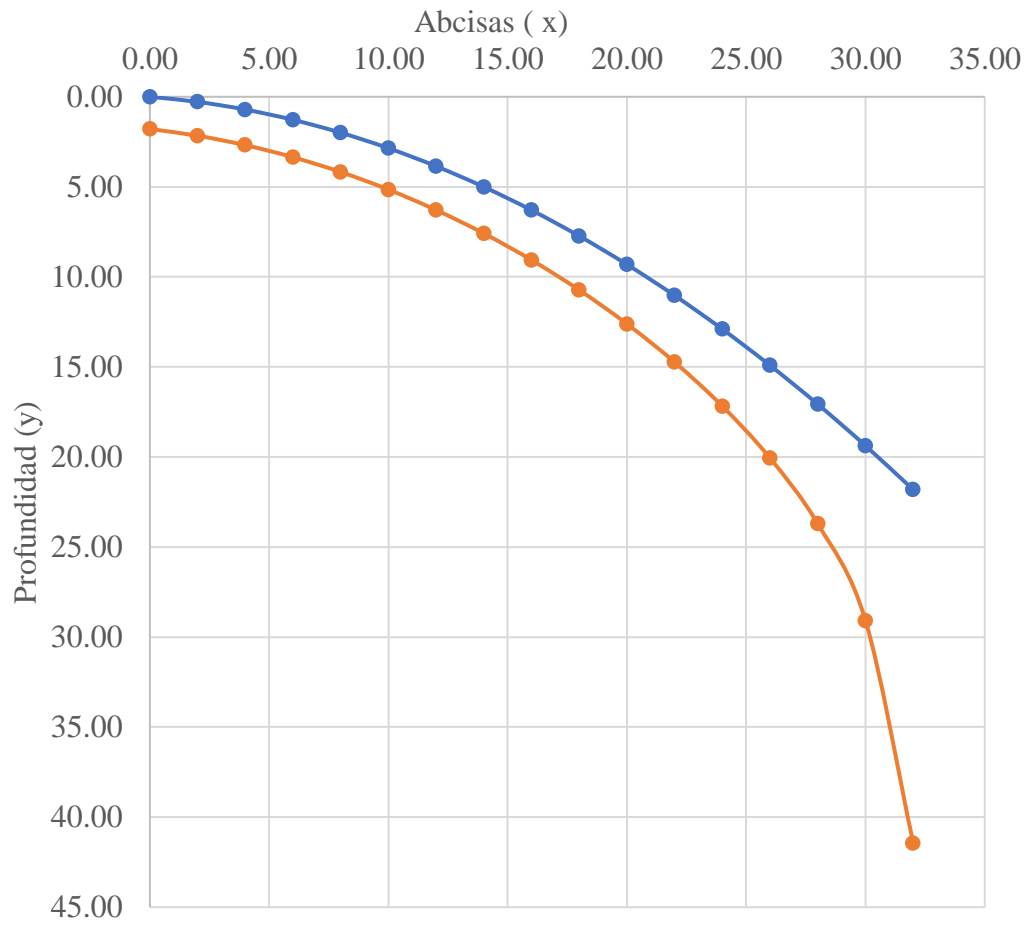
## CONSTRUCCIÓN DEL PERFIL DE INGRESO DEL MORNING GLORY

### Aliviadero con cresta plana

$\alpha=$	6.0
RPL=	33.8
B=3H=	18.6
R=	15.0
Vcr=	16.6

x	y	v	h	h+y
0.00	0.00	16.59	1.79	1.79
2.00	0.28	16.76	1.88	2.16
4.00	0.71	17.02	1.98	2.69
6.00	1.28	17.37	2.08	3.36
8.00	1.99	17.80	2.18	4.18
10.00	2.85	18.32	2.30	5.15
12.00	3.86	18.92	2.43	6.29
14.00	5.00	19.59	2.58	7.59
16.00	6.30	20.33	2.77	9.07
18.00	7.73	21.14	3.00	10.73
20.00	9.31	22.00	3.30	12.61
22.00	11.04	22.93	3.70	14.74
24.00	12.90	23.90	4.28	17.18
26.00	14.92	24.92	5.15	20.07
28.00	17.07	25.99	6.64	23.71
30.00	19.37	27.10	9.71	29.09
32.00	21.82	28.24	19.61	41.43

Perfil del ingreso del morning glory.



**Anexo 31. Túnel de desfogue de los aliviaderos tipo morning glory.**

**TÚNEL DE DESFOGUE DEL ALIVIADERO DE EXCEDENTES**

Friction Method	Manning Formula
Solve For	Normal Depth
Input Data	
Roughness Coefficient	0.012
Channel Slope	3.200 %
Diameter	15.00 m
Discharge	6300.00 m <sup>3</sup> /s
Results	
Normal Depth	12.17 m
Flow Area	153.58 m <sup>2</sup>
Wetted Perimeter	33.65 m
Hydraulic Radius	4.56 m
Top Width	11.74 m
Critical Depth	14.97 m
Percent Full	81.1 %
<b>Critical Slope</b>	<b>3.02230 %</b>
<b>Velocity</b>	<b>41.02 m/s</b>
Velocity Head	85.79 m
Specific Energy	97.96 m
Froude Number	3.62
Maximum Discharge	6839.86 m <sup>3</sup> /s
Discharge Full	6358.49 m <sup>3</sup> /s
Slope Full	3.14140 %
<b>Flow Type</b>	<b>SuperCritical</b>

**Bentley Systems, Inc. Haestad Methods Solution Center**

Bentley FlowMaster V8i (SELECTseries 1) [08.11.01.03]

02/10/2018 04:36:14 a. m.

27 Simons Company Drive Suite 200 W

Watertown, CT 06795 USA +1-203-755-1666

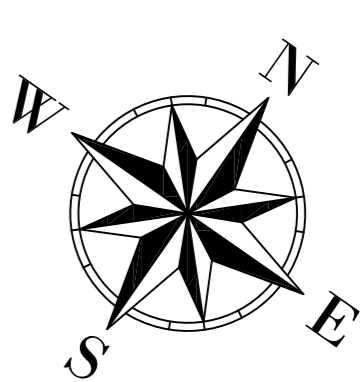
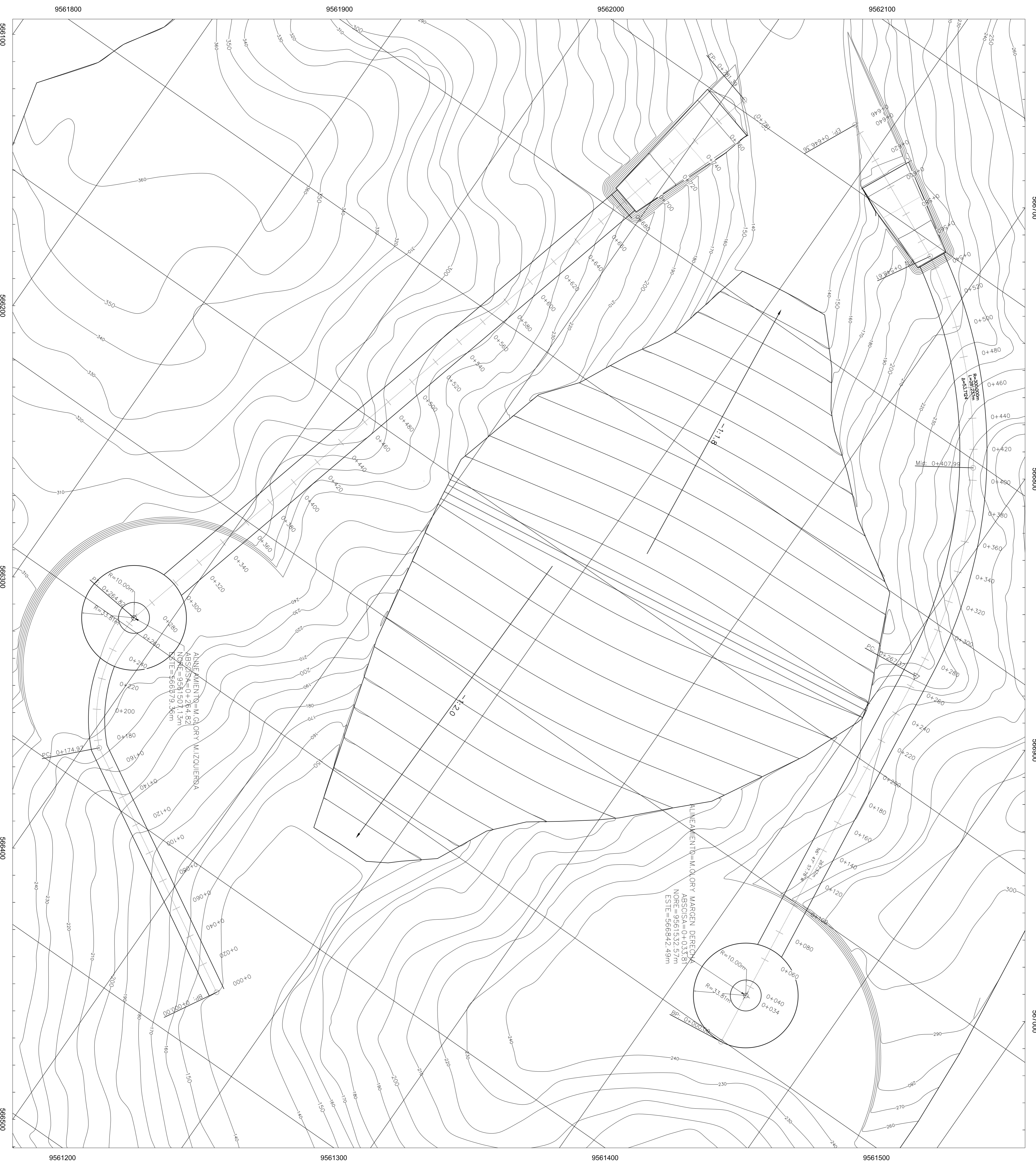
Page  
of

1  
1

**Anexo 32. Implantación de los aliviaderos de excedentes tipo morning glory en Cazaderos.**

Se presenta la implantación de los aliviaderos de excedentes tipo morning glory en las márgenes opuestas del río, así como los perfiles longitudinales, con los respectivos volúmenes requeridos para su construcción.

IMPLANTACIÓN DE LA PRESA CAZADEROS(MATERIAL DEL LUGAR) Y ALIVADEROS TIPO MORNING GLORY  
 ESCALA 1:1250



VOLUMENES DE EXCAVACIÓN

DESCRIPCIÓN	VOLUMEN m3
EXCAVACIONES DE INGRESO Y SALIDA	1339604.46
EXCAVACION DE MORNING GLORY MARGEN IZQUIERDA	162960.73
TÚNEL DE DESVÍO MARGEN IZQUIERDA D=8.00m	24131.51
EXCAVACIÓN DE MORNING GLORY MARGEN DERECHA	165992.91
<b>TOTAL</b>	<b>1712589.61</b>

VOLUMENES DE HORMIGÓN

DESCRIPCIÓN	VOLUMEN m3
REVESTIMIENTO HORMIGÓN M.GLORY MIZQUIERDA e=1.25m	33748.65
REVESTIMIENTO HORMIGÓN M.GLORY M.DERECHA e=1.25m	39832.74
REVESTIMIENTO TÚNEL DE DESVÍO MARGEN IZQUIERDA e=1.25m	11290.00
HORMIGÓN EN OBRA DE DESCARGA M.GLORY MIZQUIERDA	22475.23
HORMIGÓN EN OBRA DE DESCARGA M.GLORY M.DERECHA	15145.63
<b>TOTAL</b>	<b>122492.25</b>

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA  
 "SALESIANA"

CARRERA INGENIERÍA CIVIL

TESIS:

FORMULACIÓN DE LA ALTERNATIVA  
 CAZADEROS SOLO, PARA EL  
 PROYECTO BINACIONAL PUYANGO -  
 TUMBES EN EL MARCO DEL CONVENIO  
 ECuatorIANO - PERUANO DE 1971.

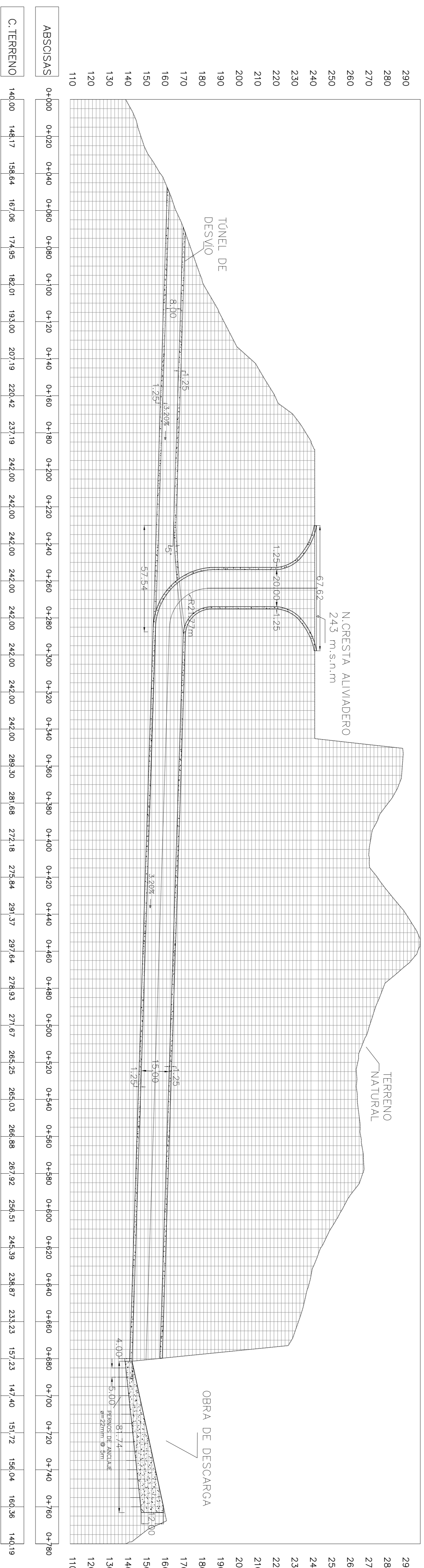
CONTIENE:

VOLUMENES DE EXCAVACIÓN PARA ALIVADEROS Y HORMIGÓN  
 IMPLANTACIÓN DE LA PRESA CAZADEROS(MATERIAL DEL LUGAR),  
 ALIVADEROS TIPO MORNING GLORY Y TUNEL DE DESVÍO.

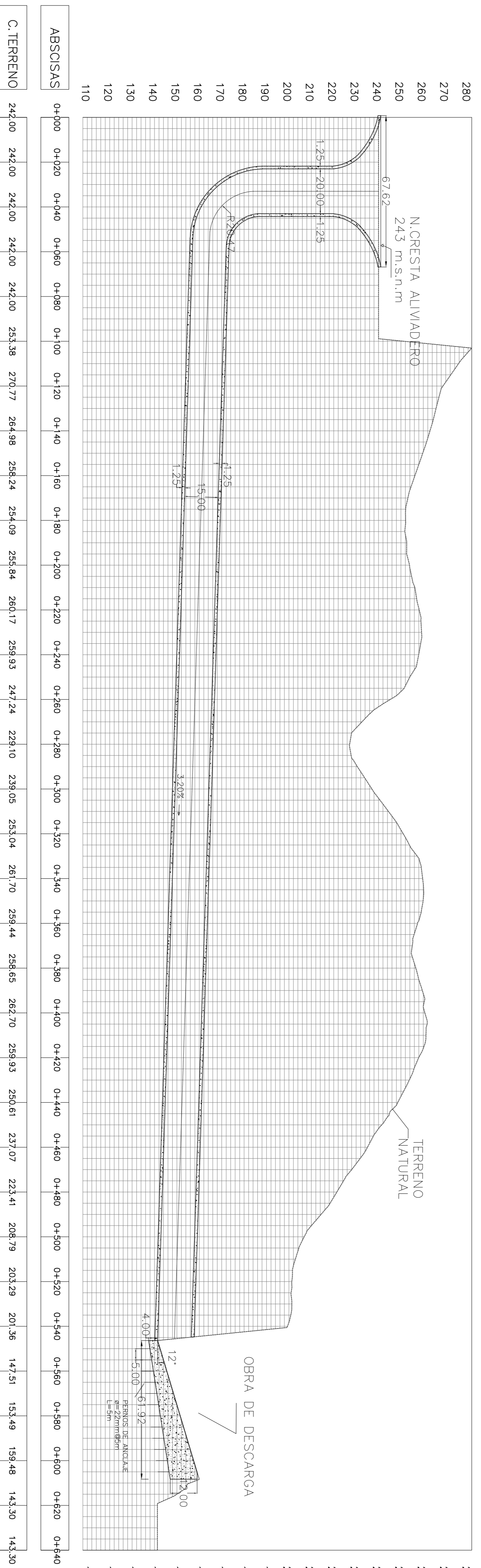
AUTOR: CHAVEZ BOSQUEZ ROMEL  
 TUTOR: INGIYAN CALERO HIDALGO

ESCALA: INDICADAS  
 LÁMINA: 6/7

PERFIL LONGITUDINAL ALIVADERO TIPO MORNING GLORY Y TÚNEL DE DESVÍO DE LA MARGEN IZQUIERDA DEL CAUSE  
 ESCALA 1:1250



PERFIL LONGITUDINAL ALIVADERO TIPO MORNING GLORY DE LA MARGEN DERECHA DEL CAUSE  
 ESCALA 1:1250



DESCRIPCION	LONGITUD m
PERNOS DE ANCLAJE ø=22mm@5m L=5m MIZQUIERDA	51.4
PERNOS DE ANCLAJE ø=22mm@5m L=5m DERECHA	337
<b>TOTAL</b>	<b>851</b>

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA**  
**“SALESIANA”**  
 CARRERA INGENIERÍA CIVIL

**TESIS:**  
 FORMULACIÓN DE LA ALTERNATIVA  
 CAZADEROS SOLO, PARA EL  
 PROYECTO BINACIONAL PUYANGO –  
 TUMBES EN EL MARCO DEL CONVENIO  
 ECuatoriano – PERUANO DE 1971.

**CONTIENE:**  
 PERFIL LONGITUDINAL ALIVADERO TIPO MORNING GLORY DE LA  
 MARGEN IZQUIERDA DEL CAUSE Y TÚNEL DE DESVÍO  
 MARGEN DERECHA DEL CAUSE

**AUTOR:** CHAVEZ BOSQUEZ ROMEL  
**TUTOR:** INGLIVAN CALERO HIDALGO

**ESCALA:** LÁMINA:  
 INDICADAS 7/7

**Anexo 33. Matriz causa - efecto de impactos ambientales de la alternativa Cazaderos solo, para el proyecto binacional Puyango**

**– Tumbes, en el marco del convenio de 1971.**

<b>COMPONENTE</b>	<b>FACTORES</b>	<b>Carácter</b>	<b>Intensidad</b>	<b>Extensión</b>	<b>Reversibilidad</b>	<b>Probabilidad</b>	<b>Persistencia</b>	<b>Magnitud</b>	<b>Importancia del impacto</b>	<b>Valor total de la afectación</b>	<b>Grado de afectación</b>
<b>Recurso Aire</b>	Calidad del aire	1	2	1	1	0.1	1	0.5	1	0.5	0.14%
	Nivel de Ruido	1	2	1	1	0.1	1	0.5	1	0.5	0.14%
	Vibraciones	-1	2	1	1	0.1	1	-0.5	1	-0.5	-0.14%
<b>Recurso Agua</b>	Calidad del agua	1	1	2	1	1	2	6	10	60	16.74%
<b>Recurso Suelo</b>	Calidad del suelo	1	2	1	1	0.5	2	3	5	15	4.19%
<b>Proceso geoformodinámico</b>	Erosión	1	2	1	1	0.1	1	0.5	1	0.5	0.14%
	Geomorfología	1	2	1	1	0.1	1	0.5	1	0.5	0.14%
	Inestabilidad	1	1	1	1	0.1	1	0.4	1	0.4	0.11%
<b>Medio Biótico</b>	Flora	1	2	1	2	0.5	2	3.5	5	17.5	4.88%
	Fauna	1	2	1	2	0.5	2	3.5	5	17.5	4.88%
	Ecosistemas	1	2	2	2	0.5	2	4	5	20	5.58%
<b>Socioeconómico</b>	Turismo	1	1	2	1	1	2	6	10	60	16.74%
	Empleo	1	1	2	1	1	2	6	10	60	16.74%



	<b>FACTORES</b>	<b>Carácter</b>	<b>Intensidad</b>	<b>Extensión</b>	<b>Reversibilidad</b>	<b>Probabilidad</b>	<b>Persistencia</b>	<b>Magnitud</b>	<b>Importancia del impacto</b>	<b>Valor total de la afectación</b>	<b>Grado de afectación</b>
	Riesgo a la población	-1	2	1	2	0.1	1	-0.6	5	-3	-0.84%
	Calidad de vida de las comunidades	1	1	3	2	1	2	8	10	80	22.32%
<b>Proceso constructivo</b>	Obras binacionales	-1	1	1	1	0.5	1	-2	5	-10	-2.79%
	Obras nacionales	-1	2	1	1	0.5	1	-2.5	5	-12.5	-3.49%
									<b>total</b>	<b>306.4</b>	<b>85.49%</b>