UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE CUENCA

CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de Ingeniero Mecánico

PROYECTO TÉCNICO

"Control de Calidad en la Soldadura de la Estructura Metálica del Terminal de Transporte Terrestre del Cantón Gualaceo de la Provincia del Azuay"

Autores:

Canga Ortiz Alfredo Alexander

Beltrán Ramírez Carlos Andrés

Tutor:

Ing. Fran Zhovani Reinoso Avecillas.

Cuenca – Ecuador

2019

Cesión de Derechos de Autor

Nosotros, Alfredo Alexander Canga Ortiz, con documento de identificación N° 0803205400, y Carlos Andrés Beltrán Ramírez, con documento de identificación N° 1150004685, manifestamos nuestra voluntad y cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos los autores del trabajo de titulación: "Control de Calidad en la Soldadura de la Estructura Metálica del Terminal de Transporte Terrestre del Cantón Gualaceo de la Provincia del Azuay", mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de*: Ingeniero Mecánico*, 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 nuestra condición de autores nos reservamos los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribimos este documento en el momento que se realice la entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, marzo del 2019

Alfredo Alexander Canga Ortiz

C.I.: 0803205400

Carlos Andrés Beltrán Ramírez

C.I.: 1150004685

Certificación

Yo, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: "Control de Calidad en la Soldadura de la Estructura Metálica del Terminal de Transporte Terrestre del Cantón Gualaceo de la Provincia del Azuay", realizado por Alfredo Alexander Canga Ortiz y Carlos Andrés Beltrán Ramírez, obteniendo el *Proyecto Técnico*, que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, marzo del 2019

Ing. Fran Zhovani Reinoso Avecillas.

CI.: 0102257425

Declaratoria de Responsabilidad

Nosotros, Alfredo Alexander Canga Ortiz, con documento de identificación N° 0803205400, y Carlos Andrés Beltrán Ramírez con documento de identificación N° 1150004685, autores del trabajo de titulación: "Control de Calidad en la Soldadura de la Estructura Metálica del Terminal de Transporte Terrestre del Cantón Gualaceo de la Provincia del Azuay", certificamos que el total contenido del *Proyecto Técnico*, es de nuestra exclusiva responsabilidad y autoría.

Cuenca, marzo del 2019

Alfredo Alexander Canga Ortiz

C.I.: 0803205400

Carlos Andrés Beltrán Ramírez

C.I.: 1150004685

Dedicatoria

A Dios por darme el entendimiento y fortaleza, porque dice en su palabra – *todo lo puedo en Cristo que me fortalece. Filipenses 4:13*- .

A mi hermano Henry Junior Canga Ortiz, por todo su esfuerzo hacia mí, por siempre ser mi apoyo y confiar en mí, y decirle que Dios recompensara todo su esfuerzo y que no nos cansemos de hacer el bien, porque a su tiempo cosecharemos.

A mis padres Henrry Canga, Vicenta Ortiz, hermanos, y la iglesia Pescadores de Alma por sus oraciones y mi primo Rubén Canga y a todas aquellas personas cercanas que siempre confiaron en mí.

Alexander Canga.

A Dios por darme la vida, la sabiduría, el entendimiento y la fortaleza para poder cumplir cada una de mis metas.

A mi padre Carlos Manuel Beltrán León y a mi madre Olga Patricia Ramírez Quintanilla de manera muy especial por ser mi apoyo y guía durante toda mi carrera.

A mis hermanas, familiares, seres queridos y a todas aquellas personas cercanas que siempre confiaron en mí y en algún momento de mi carrera supieron darme su apoyo.

Carlos Beltrán.

Agradecimientos

Agradezco primeramente a mi Dios por darme la sabiduría, inteligencia salud y la fuerza, durante mi carrera universitaria, porque dice en su palabra en Isaías 40:31 -*los que confían en el Señor renovarán sus fuerzas; volarán como las águilas: correrán y no se fatigarán, caminarán y no se cansarán*-

A mis padres, Henrry Canga, Vicenta Ortiz , hermanos Junior, Rubén, Joselyn, Lady, Dayanara, quienes siempre estuvieron ahí a lo largo de mi carrera apoyándome, inculcándome valores para crecer como persona y con ello lograr uno de mis objetivos, terminar mi carrera universitaria.

A mi director de proyecto, Ing. Fran Reinoso que siempre me ayudo a resolver cualquier inconveniente durante el desarrollo del proyecto, brindándome su amistad y conocimientos.

Al Ing. Paul Pintado, que fue mi guía durante todo el proyecto de titulación apoyándome con las herramientas necesarias para el desarrollo del proyecto.

A mis amigos, Carlos Beltrán, Juan Carlos Calderón, David Montero, Fernando Abad, Jorge Yanza, Jonathan Angulo, por brindarme su amistad y ser mí apoyo en toda mi vida dentro de la universidad y fuera de ella.

Alexander Canga

Agradecimientos

Agradezco a mi Dios por darme la salud y la fuerza para luchar frente a las diferentes adversidades que se presentaron en toda mi carrera.

A mis padres, Carlos y Patricia quienes son el apoyo más importante para cumplir todas mis metas, por siempre darme sabios consejos e inculcarme valores que me han servido para llegar a cumplir todos mis sueños.

A mis hermanas, novia, familiares, amigos, seres queridos que estuvieron conmigo siempre brindándome sus consejos y apoyo

A mi director de proyecto, Ing. Fran Reinoso que siempre me ayudo a resolver cualquier inconveniente durante el desarrollo del proyecto, brindando su amistad y conocimientos.

Al Ing. Paul Pintado de manera muy especial por ser apoyo importante en el desarrollo de este proyecto de titulación, brindándonos su conocimiento y experiencia.

A mis amigos Alexander Canga, Andrés Herrera, Cristian Torres, Carlos Buenaño, Tito Muñoz, David Montero, Danny Betancourt por brindarme su amistad y ser apoyo en toda mi vida estudiantil dentro de la universidad y fuera de ella.

Carlos Beltrán

Resumen

En el presente proyecto técnico se realiza el Control de Calidad en la Soldadura de la Estructura Metálica del Terminal de Transporte Terrestre del Cantón Gualaceo de la Provincia del Azuay, aplicando los lineamientos de la normativa ecuatoriana RTE INEN 040 y la normativa internacional AWS D1.1 2015. Para el efecto se plantea un procedimiento para el control de calidad de estructuras metálicas soldadas, definido en cinco pasos: (I) verificación de los planos constructivos de la estructura metálica, (II) verificación de las características técnicas del material empleado para la construcción de la estructura metálica (III), verificación de los procedimientos de soldadura WPS, (IV) verificación de la calificación de soldadores WPQ, (V) verificación de calificación del personal de END y aplicación de los END de: inspección visual, tintas penetrantes y ultrasonido industrial. Los resultados muestran que la soldadura de la estructura metálica del Terminal de Transporte Terrestre del Cantón Gualaceo de la Provincia del Azuay cumple con los estándares de calidad establecidos en la normativa aplicada.

Palabras claves: Control de calidad, soldadura, estructura metálica

Abstract

The present technical project, the Quality Control in the Welding of the Metallic Structure of the Terrestrial Transport Terminal of the Gualaceo Canton of the Province of Azuay is carried out, applying the guidelines of the Ecuadorian RTE INEN 040 regulation and the AWS D1.1 international regulation. 2015. For this purpose, a procedure for the quality control of welded metal structures is defined, defined in five steps: (I) verification of the construction plans of the metallic structure, (II) verification of the technical characteristics of the material used for the construction of the metal structure (III), verification of the WPS welding procedures, (IV) verification of the WPQ welder qualification, (V) verification of the NDT personnel qualification and application of the END of: visual inspection, penetrating inks and industrial ultrasound. The results show that the welding of the metallic structure of the Land Transport Terminal of the Gualaceo Canton of the Province of Azuay complies with the quality standards established in the regulations applied

Keywords: Quality control, welding, metal structure.

Tabla de contenido

Control de Calidad en la Soldadura de la Estructura Metálica del Terminal de Transporte Terrestre del Cantón Gualaceo de la Provincia del Azuay 15
1.1 Introducción 15
1.2 Problema 16
1.2.1 Antecedentes 16
1.2.2 Definición del problema 18
1.2.3 Justificación e importancia 18
1.2.4 Delimitación 19
1.3 Objetivos 20
1.3.1 Objetivo general 20
1.3.2 Objetivos específicos 20
1.4 Marco teórico referencial 20
1.4.1 Normativas para el control de calidad en soldadura de estructuras metálicas. 20
1.4.1.1 Norma ecuatoriana RTE INEN 040 20
1.4.1.2 Norma ecuatoriana de la construcción NEC-SE-AC 21
1.4.1.2.1 Características del acero estructural en el Ecuador para construcciones civiles 22
1.4.1.3 Código ANSI/AWS D1.1 para soldadura de acero estructural 22
1.4.2 Procesos de soldadura empleados en la fabricación de estructuras metálicas 23
1.4.2.1 Proceso de soldadura con electrodo recubierto – SMAW 23
1.4.2.2 Proceso de soldadura con alambre continuo protegido con gas –GMAW 24
1.4.2.3 Proceso de soldadura de rollo con alambre tubular -FCAW 25
1.4.3 Defectos típicos en uniones soldadas 26
1.4.3.1 Discontinuidades Superficiales 26
1.4.3.2 Discontinuidades internas 27
1.4.4 Ensayos no Destructivos (END) 29
1.4.5 Control de calidad mediante END 30
1.4.5.1 Inspección visual (VT) 30
1.4.5.1.1 Ventajas y limitaciones del método de VT 30
1.4.5.1.2 Etapas para la aplicación del método de VT 31
1.4.5.2 Inspección por Tintas Penetrantes (PT) 31
1.4.5.2.1 Ventajas y limitaciones del método de inspección por PT. 32
1.4.5.3 Inspección por ultrasonido industrial (UT). 33

1.4.5.3.1 Ventajas y limitaciones del método de inspección por UT 34
1.4.5.3.2 Etapas para la aplicación del método de UT. 35
1.5 Marco metodológico 35
1.5.1 Diseño de la investigación..... 36
1.5.1.1 Procedimiento para el Control de Calidad en la Soldadura de la Estructura Metálica del Terminal de Transporte Terrestre del Cantón Gualaceo de la Provincia del Azuay 36
1.5.1.2 Características técnicas y ubicación del proyecto 38
1.5.1.3 Verificación de los planos de constructivos de la estructura metálica. 38
1.5.1.4 Verificación de las características técnicas del material empleado para la construcción de la estructura metálica..... 39
1.5.1.5 Verificación del procedimiento de soldadura (WPS) 40
1.5.1.6 Verificación de la calificación de soldadores (WPQ) 43
1.5.1.7 Calificación y certificación del personal de END 46
1.5.1.8 Determinación de la sanidad de la soldadura mediante END 47
1.5.8.1.1 Procedimiento general para el método de VT 48
1.5.8.1.2 Procedimiento general para el método de inspección PT..... 53
1.5.8.1.3 Procedimiento general para el método de inspección UT 63
1.6 Resultados del control de calidad de la estructura soldada 71
1.7 Conclusiones 75
1.8 Recomendaciones..... 76
Referencias bibliográficas 77
Anexos.……...80

Lista de figuras

Figura 1. Soldadura por arco metálico protegido. 24
Figura 2. Soldadura por arco con alambre continuo protegido con gas. 25
Figura 3. Soldadura de rollo con alambre tubular. 26
Figura 4. Exceso de penetración en la soladura. 26
Figura 5. Concavidad externa o falta de relleno en la soldadura. 26
Figura 6. Concavidad interna en la soldadura. 27
Figura 7. Salpicadura en la junta soldada. 27
Figura 8. Falta de continuidad en el cordón de soldadura. 27
Figura 9. Falta de penetración en la soldadura. 28
Figura 10. Fisura longitudinal en el cordón de soldadura. 28
Figura 11. Fisuras transversales en el cordón de soldadura. 28
Figura 12. Incrustaciones de escoria. 29
Figura 13. Inspección visual en la soldadura. 30
Figura 14. Etapas para la inspección VT.. 31
Figura 15. Etapas para la inspección PT. 32
Figura 16. Principio de detección de discontinuidades mediante UT. 33
Figura 17. Representación de discontinuidades - pulso eco. 33
Figura 18. Etapas para la inspección por UT. 35
Figura 19. Fases de la metodología para el desarrollo del trabajo de titulación. 36
Figura 20. Procedimineto para el control de calidad de estructuras metálicas soldadas. 37
Figura 21. Vista tridimensional del nuevo terminal de transporte terrestre del cantón Gualaceo.... 38

Lista de tablas

Tabla 1. Requisitos del personal técnico según RTE INEN 040 21
Tabla 2. Tipos de aceros utilizados en la construcción de estructuras metálicas en el Ecuador. 22
Tabla 3. Requisitos del código ANSI/AWS D1.1 23
Tabla 4. Ventajas y limitaciones del método de VT. 31
Tabla 5. Clasificación del método de inspección por PT. 32
Tabla 6. Ventajas y limitaciones del método de inspección por PT. 32
Tabla 7. Ventajas y limitaciones del método de inspección por UT. 34
Tabla 8. Requisitos correspondientes a los electrodos y/o materiales de aporte o fundentes. 39
Tabla 9. Matriz para el control de las especificaciones del proceso de soldadura**.** 41
Tabla 10. Niveles de Certificación AWS para inspectores de soladura 43
Tabla 11. Matriz para el registro de Calificación del personal de soladura. 45
Tabla 12. Matriz para el reporte de resultados del método VT. 50
Tabla 13. Matriz para el reporte de resultados del método PT. 60
Tabla 14. Matriz para el reporte de resultados para el método UT. 67
Tabla 15. Distribución y mediadas de perfiles. 71
Tabla 16. Propiedades de los aceros empleados en la construcción de la estructura. 72
Tabla 17. Características del proceso FCAW y tipo de juntas. 73
Tabla 18. Variables de calificación y estampa de los soldadores. 74
Tabla 19. Certificación del técnico de END. 74

Abreviaturas

ANSI	Instituto Nacional Estadounidense de Estándares *(American National Standards Institute)*
AWS	Sociedad Americana de Soldadura *(American Welding Society)*
API	Instituto Americano del Petróleo *(American Petroleum Institute)*
ASTM	Sociedad Americana para Ensayos y Materiales *(American Society for Testing and Materials).*
ASTN	Asociación Estadounidense de Ensayos no destructivos
NEC	Norma Ecuatoriana de la Construcción
INEN	Instituto Ecuatoriano de Normalización
INEC	Instituto Nacional de Estadísticas y Censo
OMC	Organización Mundial del Comercio
PIB	Producto Interno Bruto
END	Ensayos No Destructivos
MIDUVI	Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda
RTE INEN 040	Reglamento Técnico Ecuatoriano para el Control de Calidad en Estructuras Soldadas
SMAW	Soldadura por Arco con Electrodo Metálico Revestido. *(Shielded Metal Arc Welding)*
GMAW	Proceso de soldadura con alambre continuo protegido con gas *(Gas Metal Arc Welding –GMAW)*
FCAW	Proceso de Soldadura de Alambre Tubular Relleno de Fundente (*Flux Corde Arc Welding)*
WPS	Especificación del Proceso de Soldadura *(Welding Procedure Specification)*
WPQ	Registro De Calificación Del Personal De Soldadura *(Welder Procedure Qualification)*
CAMICON	Cámara de la Industria de la Construcción
VT	Inspección Visual
PT	Tintas Penetrantes
UT	Ultrasonido Industrial
CWI	Inspector de Soldadura Calificado
OMC	Organización Mundial del Comercio
CAN	Comunidad Andina

Control de Calidad en la Soldadura de la Estructura Metálica del Terminal de Transporte Terrestre del Cantón Gualaceo de la Provincia del Azuay

1.1 Introducción

A lo largo de la historia el uso tradicional del hormigón armado ha formado parte importante en la construcción de obras civiles, siendo el principal sistema para la elaboración de viviendas y edificaciones. Conforme se ha dado un crecimiento demográfico en el mundo los métodos de construcción tradicionales se han visto reemplazados por sistemas relativamente nuevos como los sistemas en acero estructural [1]. Durante los últimos años la industria metal mecánica ha ido creciendo e implementándose de manera progresiva en el mundo. El uso de estructuras metálicas soldadas constituye un proceso de fabricación con el cual se puede elaborar estructuras para soluciones habitacionales e industriales, mismas que poseen grandes ventajas en comparación con la construcción de hormigón armado, tales como: tiempos reducidos de ejecución, alta resistencia del acero por unidad de peso, dimensiones menores de los elementos estructurales, soluciones económicas, entre otras [2], mismas que requieren al igual que la construcción de hormigón un control para garantizar la calidad.

En el Ecuador los distintos sectores de la industria se han desarrollado principalmente adoptando especificaciones y normativas extranjeras (en particular las de origen estadounidense), estas normativas empiezan adoptarse en el país con el inicio del "boom" petrolero en la década de los setentas, debido a la explotación realizada principalmente por empresas norteamericanas. Se adoptaron normativas de organismos como el *American Petroleum Institute* (API), *American Welding Society* (AWS), *American Society of Testing and Materials* (ASTM), entre otros, han servido de referencia para la construcción de infraestructura en el país [3].

Mediante una disposición del directorio del Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN) en el año 2009 se oficializa el Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE INEN 040, la cual se aplica en los procesos que intervienen en las actividades de soldadura de estructuras de acero. Para efectos de aplicación de este Reglamento Técnico Ecuatoriano se considera la normativa internacional AWS D1.1 (Documento normativo de la AWS que establece los requisitos para soldadura de estructuras de acero (*Structural Welding Code- Steel*)), de manera que ayuden a mejorar los estándares de calidad y garanticen que los trabajos de construcción se rijan a una normativa con la finalidad de aumentar la seguridad y disminuir los riesgos de accidentes que involucren la vida de personas y animales.

El Ecuador es un país que se encuentra en una zona de alto riesgo sísmico, y por ende el concebir una estructura con un diseño sismorresistente no debe ser una opción sino una necesidad, aunque esto involucre un alto costo inicial [4]. Atendiendo a esta particularidad, el Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (MIDUVI) en el año 2008, con la colaboración de la Cámara de la Industria de la Construcción (CAMICON), inició las actividades en la actualización de la normativa para el diseño y construcción de obras de carácter civil. Como resultado de este trabajo y mediante acuerdo Ministerial N° 0047 del 10 de enero de 2015, se oficializó la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC) [3]. La normativa contiene metodologías de diseño, parámetros de control de procedimientos de construcción y especificaciones técnicas que contribuyen a lograr el objetivo planteado, construir edificaciones seguras, con cronogramas establecidos y dentro de un presupuesto bien definido [3].

En el presente proyecto de titulación se desarrolla una propuesta de Control de Calidad para la Estructura Soldada del Terminal de Transporte Terrestre del Cantón Gualaceo conforme a las exigencias de la norma ecuatoriana; Además se pretende que este proyecto sirva como una guía para proyectos que involucre control de calidad en soldadura de estructuras.

El proyecto de titulación está estructurado en cuatro fases de trabajo. En la primera fase se define la información técnica que permita conceptualizar los procesos para el control de calidad. La segunda fase establece los lineamientos para realizar el control de calidad en estructura soldada conforme a la normativa ecuatoriana vigente. La tercera fase se aplica los lineamientos para el control de calidad en la Estructura Soldada del Terminal de Transporte Terrestre del Cantón Gualaceo Provincia del Azuay. Finalmente en la cuarta fase se analizan los resultados del control de calidad.

1.2 Problema

1.2.1 Antecedentes

En la actualidad existen diversas formas para construir viviendas y edificaciones con diferentes tipos de materiales que permiten elaborar estructuras y cimientos con la finalidad de garantizar la fiabilidad de una construcción. Para inicios del siglo XX, las construcciones en el Ecuador consistían en grandes cimientos de piedras talladas (molones), las que desde sus inicios eran fundidas con una mezcla de tierra y agua revuelta (lodo) [5].

El primer cambio de la construcción se dio con la aparición de los adobones (trozos de pared prefabricada), los que se construían con una aleación de barro agua y una porción de paja de páramo [5]. Con la aparición de este material de construcción se disminuyó el espesor de las paredes y para darle una mayor firmeza a las paredes se los utilizaba en forma trabada en las

esquinas de las edificaciones. Esta forma de construcción se mantuvo inclusive con la popularización del ladrillo hasta 1940 [5].

A inicios de 1970, con la necesidad de los ingenieros civiles que buscaban un material más liviano, que les permita levantar paredes en menor tiempo, pero sin perder consistencia en la estructura, apareció el bloque que cubrió las expectativas de los constructores, que utilizaron este material para la construcción de muchas viviendas y edificaciones [5]. Con el pasar de los años y con el crecimiento poblacional, de igual manera fue desarrollándose la construcción en el Ecuador, y no es hasta 1985 que inicia la modalidad de construir utilizando estructuras metálicas [6].

Algunas de las razones por la cual se debe construir con estructuras de acero con respecto al hormigón armado, en este caso, se establece que la construcción con hormigón armado podría ser más costosa debido a la relación de materiales, existe un mayor costo en la mano de obra y gran cantidad de personal para el desarrollo de la edificación. Por otro lado, las obras con hormigón armado requieren un tiempo mayor que el de una estructura de acero. Las construcciones con hormigón armado tienen muchos problemas cuando existe algún tipo de fenómeno natural como un terremoto [5], ya que el Ecuador se encuentra ubicado en el llamado "Cinturón de Fuego del Pacifico" característica que lo convierte en una zona de marcado peligro sísmico, principal razón para que exista mayor riesgo al construir con hormigón armado, [4].

En el Ecuador el Producto Interno Bruto (PIB), de la industria de la construcción, tuvo un incremento muy importante entre el 2000 y 2011, la participación promedio, en este periodo, es del 8%, llegando a su nivel más alto en el año 2011, con una participación del 10% dentro del total del PIB. Actualmente en el 2017 el PIB de la construcción es del 8,5 %, según cifras del Banco Central del Ecuador, a pesar de que existe una caída en el PIB 1,5%, la industria de la construcción ha sido uno de los pilares para el desarrollo económico en el país [6].

La industria metalmecánica es uno de los principales componentes de la industria manufacturera en Ecuador y representa el 10% del total del PIB manufacturero no petrolero, genera más de 80 mil plazas de trabajo y es una de las industrias más interrelacionadas sectorialmente en la economía [6]. Las fabricaciones de estructuras de metal para construcción representan el 3,3% de este PIB. Según el Instituto Nacional de Estadísticas y Censo (INEC), en un censo realizado en el 2015, el porcentaje de permisos cedidos para la construcción de edificaciones con base a estructura metálica representan un 5,5% con respecto a las estructuras de hormigón armado que representan un 92,7% [7], las cuales reflejan una gran diferencia entre ambas.

1.2.2 Definición del problema

Desconocimiento de los procedimientos y especificaciones de la normativa RTE INEN 040 para el desarrollo del control de calidad en estructuras soldadas.

1.2.3 Justificación e importancia

Cuando se ha implementado un sistema de control de calidad en estructuras metálicas se obtienen edificaciones seguras y con ello se garantiza la seguridad de las personas, también es muy común ver que los tiempos de entrega se cumplen y los retrasos por reparaciones, inspecciones, e incluso reposiciones se reducen en gran medida en comparación con proyectos que no incluyen ciertos procedimientos de control de calidad [8]. Hoy en día no se puede construir y operar una instalación industrial, automotriz, petrolera, aeronáutica, naval, civil, química, etc., sin recurrir al control de la calidad de fabricación y a la inspección de los componentes en operación mediante el uso de los END. Esto no sólo reduce los costos iniciales, ya que su aplicación (muchas veces en operación) permite programar las paradas para mantenimiento, evitando paradas de emergencia, también se puede programar la renovación de equipos de esta forma se puede obtener una operación segura y continua, esto evita accidentes con alto costos materiales, humanos y comerciales [8]. La calidad de los END está directamente relacionada con la calidad de los operadores que brindan el servicio, un ensayo realizado por personal que no está adecuadamente entrenado y calificado no es fiable [9].

En el Ecuador a pesar de los antecedentes sísmicos las construcciones no han cambiado significativamente en el transcurso de los años notando, la poca utilización de las estructuras metálicas como soluciones hasta la fecha habitacionales e industriales, como se mencionó anteriormente en un censo realizado por el INEC el uso de las estructuras metálicas esta alrededor de un 5% con respecto al hormigón armado que está alrededor del 92.7%, se puede observar una gran diferencia en aplicación. Este bajo crecimiento en aplicación de estructuras metálicas como alternativas para soluciones habitacionales e industriales pueden estar relacionada dos aspectos:

Primer aspecto es el desconocimiento de las ventajas que presentan las estructuras metálicas con respecto al hormigón armado, unas de las ventajas que se pueden mencionar es la disminución del tiempo de construcción en 40% comparado con el del hormigón armado, también se puede mencionar que las estructuras de acero pesan entre 6 y 10 veces menos que el hormigón armado y por último el límite de resistencia del acero es mayor que el del hormigón armado [10].

Segundo aspecto es el poco conocimiento de las normativas que rigen el control de calidad en estructuras soldadas, a pesar de que ya existía la normativa ANSI/AWS D1.1 la cual es

una normativa internacional, dentro del país recién surge la normativa RTE INEN 040, el cual con el Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN), siguiendo el trámite reglamentario establecido en el artículo 29 de la Ley 2007-76 del Sistema Ecuatoriano de la Calidad, ha formulado el presente Reglamento Técnico Ecuatoriano. "Soldadura de estructuras de acero"; que, en conformidad con el artículo 2, numeral 2.9 del Acuerdo de Obstáculos Técnicos al Comercio de la Organización Mundial del Comercio (OMC), y el artículo 11 de la Decisión 562 de la Comisión de la Comunidad Andina (CAN), este Reglamento Técnico Ecuatoriano fue notificado en 2009-01-08 a la OMC y a la CAN y se han cumplido los plazos preestablecidos para este efecto; que, el Directorio del INEN en su sesión llevada a cabo el 24 de abril de 2009, conoció y aprobó el mencionado Reglamento. Es por ello que este desconocimiento da lugar a que se siga utilizando el sistema tradicional aunque no sea el más conveniente [11].

Por lo tanto la finalidad en el presente trabajo de titulación es verificar el cumplimiento de los requisitos exigidos por las normativas vigentes para el control de calidad en estructura soldadas, este control de calidad se aplicara en la estructura soldada del nuevo terminal de Transporte Terrestre del Cantón Gualaceo Provincia del Azuay. Cabe recalcar que este control de calidad estará regido a lo estipulado en las normas ecuatorianas RTE INEN 040 y la norma ANSI/AWS D1.1. Esta norma indica cual es el procedimiento que se debe realizar para llevar a cabo un control de calidad en soldadura en estructura metálica, y que tipos de END se deben realizar para verificar la sanidad de la soldadura. Es por ello, que se realizará los lineamientos para el control de calidad en estructuras soldadas. Es importante generar estos de lineamientos para aumentar la confiabilidad de la evaluación.
Respecto al beneficio que los autores de este trabajo de titulación obtienen, es evidente que el manejo de normas y códigos, el estudio teórico y práctico de Ensayos no Destructivos, etc., será un aporte más detallado y preciso en cuanto a la formación que la universidad otorga, por lo que este proyecto forma parte de un complemento importante en la formación profesional de los autores.

1.2.4 Delimitación

Para llevar a cabo el control de calidad conforme a las normativas se desarrolla el proyecto de titulación en dos etapas. La primera etapa (construcción), consiste en la elaboración de los perfiles y columnas, que se realiza en el taller INMETAL de la ciudad de Cuenca, ubicado en la vía Monay Baguanchi y la segunda etapa (montaje), se realiza en el cantón Gualaceo en donde se levanta la estructura metálica del nuevo terminal de transporte terrestre. Los recursos necesarios empleados en el control de calidad son proporcionados por el Ingeniero Paul Eduardo Pintado Pizarro fiscalizador de la obra, quien en calidad de asesor, nos guiará con el uso de los materiales y equipos necesarios para el control de calidad bajo las normativas establecidas.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Aplicar la normativa ecuatoriana RTE INEN 040 para garantizar la calidad de la soldadura de la estructura metálica del Terminal de Transporte Terrestre del Cantón Gualaceo de la Provincia del Azuay.

1.3.2 Objetivos específicos

- Verificar de acuerdo a la normativa ANSI/AWS D1.1 el cumplimiento de los requisitos técnicos de calificación y certificación del personal, y las características técnicas de la materia prima a emplearse en la construcción de la estructura soldada.
- Realizar la verificación dimensional de las juntas soldadas con base en las especificaciones técnicas de diseño
- Determinar la sanidad interna y externa de las juntas soldadas conforme a la norma ANSI/AWS D1.1

1.4 Marco teórico referencial

En este apartado se estudia las normativas ecuatorianas e internacionales que rigen el control de calidad para la construcción de estructuras soldadas. Además se estudia los procesos de soldadura más empleados en estructuras metálicas, y se investiga las discontinuidades más comunes que se presentan en los cordones de soldadura. Para esta investigación se hará mención los END que se van aplicar en el proyecto de titulación, los cuales corresponden a: inspección visual (VT), tintas penetrantes (PT) y ultrasonido industrial (UT).

1.4.1 Normativas para el control de calidad en soldadura de estructuras metálicas.

La normativa usada para el control de calidad en estructuras de acero en el Ecuador es la normativa RTE INEN 040, la cual cubre los requisitos del personal involucrado, los materiales, los procedimientos que intervienen en las actividades de soldadura de estructura de acero. Además de la normativa NEC, la cual cubre con los requisitos que deben cumplir los materiales de construcción para estructuras de acero. Y finalmente la normativa AWS D1.1 la cual abarca a detalle lo establecido en la normativa RTE INEN 040.

1.4.1.1 Norma ecuatoriana RTE INEN 040

El objetivo de este Reglamento Técnico Ecuatoriano es establecer los requisitos que deben cumplir el personal, los materiales, los procedimientos pertinentes y los procesos que intervienen en las actividades de soldadura de estructuras de acero, con la finalidad de disminuir los riesgos en la seguridad y vida de las personas y de los animales, el medio

ambiente y la propiedad, y las prácticas que puedan inducir al error a los usuarios [12]. Estos requisitos se muestran en la Tabla 1

Tabla 1. Requisitos del personal técnico según RTE INEN 040 [12]

Personal involucrado	Requisitos y responsabilidad
Fiscalizador o ingeniero	- Debe ser un ingeniero, profesional en su campo de actividad consignado en las leyes y reglamentos de ejercicio profesional, ordenanzas y disposiciones legales vigentes - Determinar la aplicabilidad y/o conveniencia de la ejecución de las juntas de soldadura - Desarrollar los documentos contractuales que rigen la soldadura de estructuras de acero, producidas según el alcance de este Reglamento Técnico Ecuatoriano
Inspectores de soldadura	- Certificación vigente como Inspector de Soldadura otorgado por un organismo acreditado según la Ley del sistema Ecuatoriano de Calidad. - Un ingeniero profesional en el campo de actividad correspondiente que, con entrenamiento y experiencia en soldadura, fabricación metalmecánica, inspección y ensayos.
Personal de Ensayos No Destructivos (END)	- El personal de END debe ser certificado
Soldadores, operadores de soldadura y punteadores	- Deben ser calificados por un inspector de soldadura
Contratista	- Elaboración de planos - Desarrollo y calificación de los EPS (WPS) con un inspector de soldadura - Calificación de los soldadores con un Inspector de soldadura - Las demás responsabilidades especificadas en los códigos de referencia (AWS D1.1)
Materiales	- Los materiales base utilizados en la fabricación de estructuras de acero soldadas serán los indicados en el Reglamento Técnico Ecuatoriano - Los materiales de aporte, Electrodos y fundentes a utilizarse deben cumplir con en el Reglamento Técnico Ecuatoriano
Estructuras de acero para espesores mayores o iguales a 3 milímetros.	- Soldadura de estructuras de acero al carbono o de baja aleación, cuyos espesores sean mayores o iguales a 3 mm, deben cumplirse las especificaciones del Código AWS D1.

1.4.1.2 Norma ecuatoriana de la construcción NEC-SE-AC

El sector de la construcción en el Ecuador ha evolucionado en las últimas décadas, producto del desarrollo económico del país. Los métodos de construcción tradicionales se han visto reemplazados por sistemas relativamente nuevos como los sistemas en acero estructural.

Edificios, puentes, coliseos, entre otras obras de carácter civil han sido construidas con tecnologías que han permitido el desarrollo urbano de las ciudades del país y de su infraestructura vial. Los tipos de aceros utilizados en la construcción de estructuras de edificios tienen dos características principales: alta resistencia mecánica y alta ductilidad. Además es uno de los materiales de fabricación y construcción más versátil y adaptable, ampliamente usado y a un precio relativamente bajo [3].

1.4.1.2.1 Características del acero estructural en el Ecuador para construcciones civiles

En el Ecuador existen básicamente tres tipos de aceros estructurales utilizados en la construcción, según se muestra en la Tabla 2. Estos aceros son utilizados para la construcción de todo tipo de infraestructura, como son puentes, edificios, torres, etc. Adicionalmente, existe en el mercado una cantidad limitada de perfiles tubulares de sección redonda o sección rectangular, manufacturados con el acero ASTM A500 Gr. B. Hasta hace aproximadamente una década, el acero ASTM A36 fue el mayormente utilizado para estructuras industriales, edificios residenciales y de oficinas. Sin embargo, éste ha sido reemplazado por el ASTM A572 Gr. 50 debido a sus mejores propiedades mecánicas. De esta manera, el ASTM A36 ha quedado relegado, siendo principalmente utilizado para ángulos laminados en caliente y placas de conexión [3].

Tabla 2. Tipos de aceros utilizados en la construcción de estructuras metálicas en el Ecuador [3].

Tipo de acero	$\boldsymbol{Fy}$ (MPa)	$\boldsymbol{Fu}$ (MPa)
ASTM A36	250	400-550
ASTM A572 Gr.50	345	450
ASTM A588	345	450

1.4.1.3 Código ANSI/AWS D1.1 para soldadura de acero estructural

Este Código cubre los requisitos aplicables, [13] a estructuras de acero al carbono y de baja aleación. Está previsto para ser empleado conjuntamente con cualquier código o especificación que complemente el diseño y construcción de estructuras de acero.
Quedan fuera de su alcance los recipientes y tuberías a presión, metales base de espesores menores a 1/8 pulg. (3.2 mm), metales base diferentes a los aceros al carbono y de baja aleación y los aceros con un límite de cedencia mínimo mayor a 100,000 lb/pulg2 (690 MPa.)
A continuación, en la Tabla 3 se indican las secciones que lo componen y un resumen de los requisitos que cubren:

Tabla 3. Requisitos del código ANSI/AWS D1.1 [13]

Secciones	Requisitos
Requisitos generales	- Contiene la información básica sobre el alcance y limitaciones del código
Diseño de conexiones soldadas	- Contiene requisitos para el diseño de conexiones soldadas compuestas por perfiles tubulares y no tubulares.
Precalificación	- Cubre los requisitos para poder excluir a las especificaciones de procedimiento de soldadura de las exigencias de calificación propias del código
Calificación	- Contiene los requisitos de calificación para especificaciones de procedimientos y personal (soldadores, operadores de equipo para soldar y "punteadores") de soldadura necesarios para realizar trabajos de código
Fabricación	- Cubre los requisitos para la preparación, ensamble y mano de obra de las estructuras de acero soldadas
Inspección	- Contiene los criterios para la calificación y las responsabilidades de inspectores, los criterios de aceptación para soldaduras de producción y los procedimientos estándar para realizar la inspección visual y las pruebas no destructivas
Soldadura de pernos	- Esta sección contiene los requisitos aplicables a la soldadura de pernos a acero estructural.
Reforzamiento y reparación de estructuras existentes	- Contiene la información básica relacionada con la modificación o reparación de estructuras de acero ya existentes

1.4.2 Procesos de soldadura empleados en la fabricación de estructuras metálicas

La soldadura en general es utilizada en procesos de fabricación, la cual implica la fusión de un material metálico y su posterior solidificación. En las soldaduras propias de las estructuras metálicas el calentamiento se produce por la acción de un arco eléctrico inducido entre las superficies de las piezas metálicas a unir y un electrodo que se aproxima a la junta y que al fundirse proporciona el metal de aporte [14].

1.4.2.1 Proceso de soldadura con electrodo recubierto – SMAW

Es un proceso de soldadura en el cual el arco se produce entre un electrodo recubierto y el metal base. El gas de protección y los aleantes se obtienen a partir del recubrimiento, la mayoría del metal de aporte proviene del núcleo metálico del electrodo [15]. Como se observa en la Figura 1.

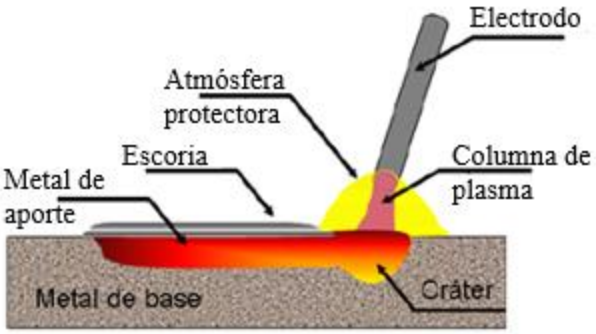


Figura1. Soldadura por arco metálico protegido. [15]

- Núcleo metálico. Tiene dos funciones principales; la primera como conductor de la corriente eléctrica trabajando como electrodo en el circuito eléctrico, la segunda es la de aportar la mayoría del metal de aporte para hacer la unión soldada.[15]
- Métodos de aplicación**.** El método de aplicación que se emplea en este proceso es el manual, no se emplean los métodos semiautomático ni mecanizado y es susceptible de emplearse el método automático, mismo que se usa de manera limitada.[15]

1.4.2.2 Proceso de soldadura con alambre continuo protegido con gas –GMAW

Es un proceso de soldadura por arco en el que este se establece entre un electrodo metálico continuo de aporte y el charco de soldadura del metal base. La protección se obtiene por completo de un gas suministrado externamente y no se aplica a presión. Este proceso también conocido comercialmente con los nombres de MIG *(Metal Insert Gas)* o MAG *(Metal Active Gas)*, dependiendo de si se emplea protección con gases inertes o activos-, micro-alambre o "*micro-wire*", entre otras designaciones. Como se observa en la Figura 2 [15].

En GMAW se emplea un alambre continuo, sólido y desnudo, que tiene las funciones de servir como electrodo y como metal de aporte, y al no haber revestimiento como en el caso del proceso SMAW ni fundente adicionado externamente como en el proceso SAW, no se forma una capa de escoria sino una película vítrea delgada. El metal depositado y los aleantes son suministrados completamente por el metal de aporte y al no haber agentes limpiadores ni fundentes, se requieren cuidados y limpieza adecuados para obtener soldaduras libres de poros y otras discontinuidades [15]

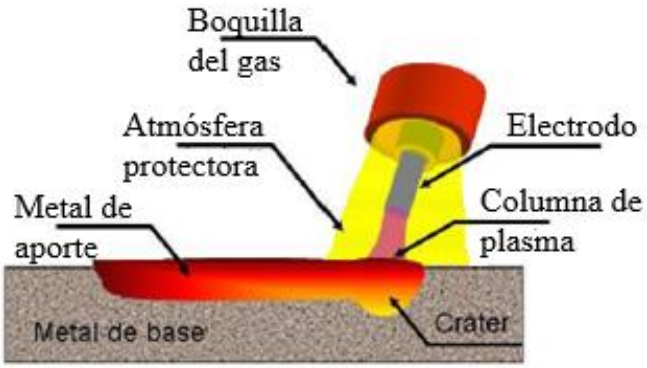


Figura2. Soldadura por arco con alambre continuo protegido con gas [15].

La protección del arco y del charco de metal fundido se obtiene a partir de un gas o mezcla de gases adicionados externamente. Los gases empleados constituyen una serie de variables de soldadura que afectan a este proceso y tienen una gran influencia sobre las características de las uniones soldadas. Cuando se sueldan metales no ferroso se emplean gases de protección inerte tales como helio, argón, y mezclas de estos. Para metales ferrosos pueden emplearse gases activos tales como dióxido de carbono, o mezclas de gases inertes con gases activos, tales como dióxido de carbono y oxígeno. Los factores que se deben considerar para determinar el tipo de gas a emplear son los siguientes: tendencia al socavado velocidad de soldadura, ancho y forma del cordón, tipo de metal a ser soldado y propiedades mecánicas requeridas [15].

1.4.2.3 Proceso de soldadura de rollo con alambre tubular -FCAW

Este proceso en sus principios también fue conocido como soldadura “MIG” de las siglas en ingles de *Metal Inert Gas*, debido a que se utilizaba un gas inerte como gas de protección, hoy en día es conocida como soldadura tubular. Este Proceso es utilizado comúnmente como un proceso semiautomático, sin embargo también es utilizado en aplicaciones mecánicas y automáticas. Este proceso se caracteriza por usar un electrodo de alambre tubular relleno de fundente (polvos químicos y metálicos), este alambre es alimentado en forma continua a través de una pistola; se crea un arco entre el alambre y la pieza del trabajo que produce el suficiente calor para fundir el metal base y el material de aporte, una vez fundido, el alambre es depositado en la junta (unión) formando un cordón de soldadura protegido por una fina capa de escoria, como se observa en la Figura 3, este proceso puede tener o no protección gaseosa [16].

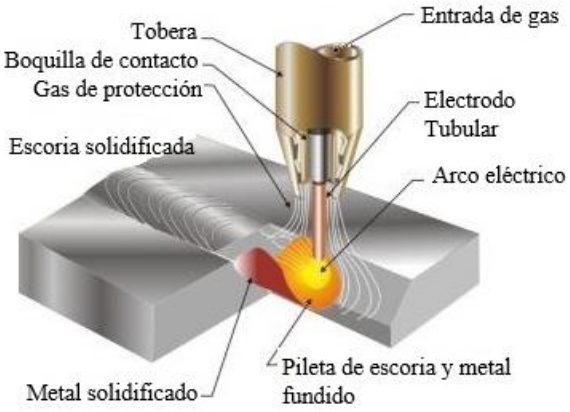


Figura3 . Soldadura de rollo con alambre tubular. [16]

1.4.3 Defectos típicos en uniones soldadas

Los metales base y las juntas soldadas generalmente presentan imperfecciones que pueden representar un riesgo para la integridad y de la seguridad del equipo o estructura y varían en su naturaleza, tamaño, frecuencia, localización y distribución. Cada norma establece los criterios de aceptación para las diferentes imperfecciones que pueden presentarse en las uniones soldadas, a estas imperfecciones se les llama discontinuidades, Una forma simple de clasificar las discontinuidades y defectos en soldadura es en superficiales e internas [17].

1.4.3.1 Discontinuidades Superficiales

a) Exceso de penetración:

Se producen por efecto de un movimiento que causa la penetración del electrodo dentro de los biseles, los cuales son distribuidos en esas áreas. Este exceso de penetración produce una chorreadura interna de material como se muestra en la Figura 4, la que puede retener escoria en su interior [18].

Figura 4. Exceso de penetración en la soladura [18].

b) Concavidad externa o falta de relleno:

Es una soldadura que tiene una disminución de refuerzo externo, por poco depósito de material de aporte en el cordón, como se muestra en la Figura 5 [18].

Figura 5. Concavidad externa o falta de relleno en la soldadura [18].

c) Concavidad interna:

Es el insuficiente refuerzo interno de la soldadura en su cordón de primera pasada, el cual al enfriarse disminuye su espesor pasando a ser menor que el del material base [18]. En la Figura 6 se puede observar concavidad interna en la soldadura.

Figura 6. Concavidad interna en la soldadura [18].

d) Salpicaduras:

Son imperfecciones consistentes en esferas de metal fundido depositadas aleatoriamente sobre el cordón y su vecindad. Pueden ser provocadas por humedad en el revestimiento del electrodo. Generalmente no tienen importancia respecto a la calidad de la soldadura [18]. En la Figura 7 se observar las salpicaduras en la soldadura.

Figura 7. Salpicadura en la junta soldada [18].

e) Falta de continuidad del cordón:

Se origina al interrumpir el cordón de soldadura y no empalmar bien la reanudación del trabajo. Su severidad es muy variable ya que, en los casos más severos pueden considerarse auténticas faltas de fusión transversales, en tanto que en otras ocasiones, son simples surcos normales al eje del cordón [18]. En la Figura 8 observar un esquema la falta de continuidad del cordón en la soldadura.

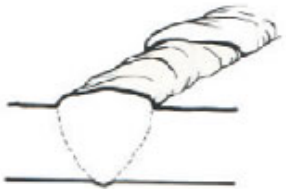


Figura 8. Falta de continuidad en el cordón de soldadura [18].

1.4.3.2 Discontinuidades internas

a) Falta de penetración:

En las uniones en U ó en V la raíz se encuentra en la cara posterior. A menudo la raíz de la soldadura no quedará adecuadamente rellena con el metal, dejando un espacio vacío que aparecerá radiográficamente como una línea oscura firmemente marcada, continua o intermitente en el cordón de la primera pasada. Esta penetración incompleta puede ser debida a una separación muy pequeña de la raíz, o un electrodo demasiado grueso, a una corriente insuficiente, a la excesiva velocidad de pasada, fusión incorrecta en la ranura, etc. Este tipo

de discontinuidad es rechazada de acuerdo a los criterios de la norma de referencia y requerirá la eliminación del cordón de soldadura anterior y repetición del proceso [18]. En la Figura 9 se puede observar la falta de penetraciones más comunes que se presentan en la soldadura.

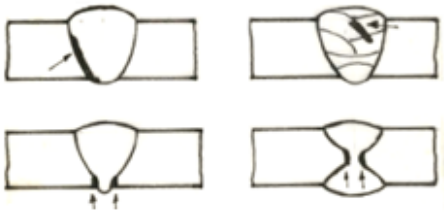


Figura 9. Falta de penetración en la soldadura [18].

b) Fisuras longitudinales:

Pueden producirse en el centro del cordón (generalmente por movimientos durante o posteriores a la soldadura) o en la interface del material base con el de aporte (por causa de un enfriamiento brusco o falta de un correcto precalentamiento en grandes espesores), como se muestra en la Figura 10 [18].

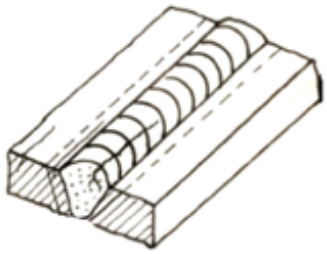


Figura 10. Fisura longitudinal en el cordón de soldadura [18].

c) Fisuras transversales:

Producidas generalmente en aceros duros, por combinación de elementos que al enfriarse a la temperatura normal producen la fisura que puede o no prolongarse al metal base, como se muestra en la Figura 11 [18].

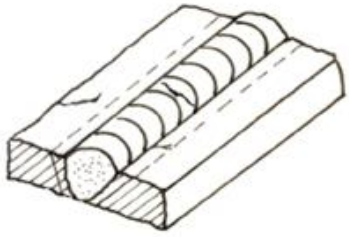


Figura 11. Fisuras transversales en el cordon de soldadura [18].

d) Incrustaciones de escoria:

Están conformadas por material producidos por la escoria que se genera de la soldadura por falta de limpieza, el cual se queda atrapado entre el material base y el material de aporte [19]. En la Figura 12 se puede observar un esquema de incrustaciones de escoria en la soldadura.

Figura 12. Incrustaciones de escoria [19].

1.4.4 Ensayos no Destructivos (END)

Los ensayos no Destructivos (END) son métodos de inspección que se utilizan para verificar la sanidad interna y externa de piezas, elementos y materiales, sin deteriorarlos, ni alterar o afectar en forma permanente sus propiedades físicas, químicas y mecánicas se utilizan para encontrar discontinuidades que se formen durante el servicio, lo cual permite reemplazar la parte dañada y prevenir un desastre, los END pueden ser agrupados en función del campo de aplicación o medio de prueba utilizada de la siguiente manera [20].

a) Técnicas de inspección superficial

Mediante estas se puede determinar la sanidad superficial de los materiales [20].

- Inspección visual
- Líquidos penetrantes
- Partículas magnéticas
- Electromagnetismo

b) Técnicas de inspección volumétrica

Permiten conocer la integridad de un material en su espesor y detectar discontinuidades internas que no son visibles en la superficie de la pieza [20].

- Ultrasonido industrial
- Radiografía industrial
- Termografía infra-roja
- Emisión acústica
- Radiografía por neutrones

c) Técnicas de inspección de la integridad ó hermeticidad

Se comprueba la capacidad de un componente o de un recipiente para contener un fluido (líquido o gaseoso) a una presión superior, igual o inferior a la atmosférica, sin que existan pérdidas apreciables de presión o de volumen en un período previamente establecido [20].

Pruebas por cambio de presión

- Hidrostática
- Neumática
- Pruebas por pérdida de fluido
- Cámara de burbujas
- Detector de halógenos
- Espectrómetro de masas
- Detector de helio

1.4.5 Control de calidad mediante END

Debido a la exigencia de la normativa para el control de calidad en soldadura, se estudiarán solo tres tipos de ensayos no destructivos que puedan evaluar la calidad de la soldadura de elementos estructurales de acero, tales END son Inspección Visual, Ultrasonidos Industrial, Líquidos penetrantes.

1.4.5.1 Inspección visual (VT)

La inspección visual fue el primer método no destructivo empleado por el hombre. Actualmente la inspección visual es el más importante procedimiento de prueba para la detección y evaluación de defectos, que utilizan los sentidos humanos apoyados únicamente con algún dispositivo que magnifique la capacidad sensorial del inspector. El proceso de inspección puede constituirse por acciones, como observar, escuchar, sentir, oler, agitar o revolver [21]. La inspección visual consiste en revisar la calidad de las superficies, durante y después del proceso de fabricación de las piezas, detectando discontinuidades en uniones como soldadura, sellados, etc [9]. Para este ensayo, se utiliza instrumentos sencillos como galgas de medición, iluminación artificial, flexómetro, lentes de aumento, boroscopios industriales como se muestra en la Figura 13 [17].

Figura13. Inspección visual en la soldadura [17].

1.4.5.1.1 Ventajas y limitaciones del método de VT

Las ventajas y limitaciones de la inspección visual son expresadas a continuación en la Tabla 4.

Tabla 4. Ventajas y limitaciones del método de VT [23].

Ventajas	Limitaciones
- Método de bajo costo	- Solamente se pueden inspeccionar discontinuidades superficiales. Hay que considerar las limitaciones de la visión humana.
- Aplicable en todo proceso productivo	- Se requiere una fuente efectiva de iluminación.
- Se realiza en forma rápida y sencilla	- Es necesario el acceso a la superficie a inspeccionar.
- La geometría de piezas no representa ningún problema	- Se requiere de personal capacitado y experimentado para realizar el proceso de inspección.

1.4.5.1.2 Etapas para la aplicación del método de VT

A continuación se presentan el procedimiento a seguir para realizar la inspección visual. En la Figura 14, se tiene la secuencia que se debe cumplir para realizar el procedimiento de VT

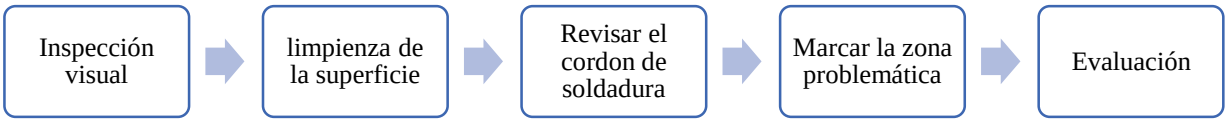


Figura 14. Etapas para la inspección VT. **Fuente**: Autores.

1.4.5.2 Inspección por Tintas Penetrantes (PT)

La inspección por Tintas Penetrantes es empleada para detectar e indicar discontinuidades que afloran a la superficie de los materiales examinados, el método se basa en los principios básicos de la acción capilar, y la capacidad de humectación de un líquido de baja viscosidad, propiedades que permiten que éste penetre por hendiduras o grietas imperceptibles a la vista para resaltarlas y evidenciarlas [21] aprovechando algunas propiedades de los líquidos las cuales son:

- La **capilaridad** es la cualidad que posee una sustancia para absorber un líquido. Sucede cuando las fuerzas intermoleculares adhesivas entre el líquido y el sólido son mayores que las fuerzas intermoleculares cohesivas del líquido [17].
- La **viscosidad** es la oposición de un fluido a las deformaciones tangenciales [17].

En términos generales, esta prueba consiste en aplicar un líquido coloreado o fluorescente a la superficie a examinar, el cual penetra en las discontinuidades del material debido al fenómeno de capilaridad. Después de cierto tiempo, se remueve el exceso de penetrante y se aplica un revelador, el cual generalmente es un polvo blanco, que absorbe el líquido que ha penetrado en las discontinuidades y sobre la capa de revelador se delinea el contorno de ésta [17]. En la Tabla 5 se clasifican los métodos de inspección por PT según la norma ASTM E-165, indicando sus características.

Tabla 5. Clasificación del método de inspección por PT [17].

Tipo	Técnica	Pigmento	Caracterización
A	1	Fluorescente	- Lavables con Agua
	2		- Post-emulsificables
	3		- Removibles con solvente
B	1	Coloreado	- Lavables con Agua
	2		- Post-emulsificables
	3		- Removibles con solvente

1.4.5.2.1 Ventajas y limitaciones del método de inspección por PT.

Las ventajas y limitaciones del método de inspección por la inspección por PT son presentadas a continuación en la Tabla 6.

Tabla 6. Ventajas y limitaciones del método de inspección por PT [23].

Ventajas	Limitaciones
- Sensibilidad alta a discontinuidades abiertas en la superficie, y materiales metálicos y no metálicos.	- Solo son aplicables a discontinuidades superficiales y materiales no porosos.
- Aplicable a cualquier tipo de geometría.	- Es difícil remover de roscas, ranuras y agujeros no visibles.
- Ensayo de fácil aplicación.	- Se requiere que los inspectores posean una amplia experiencia y habilidad.
- No requiere de equipos complejos para su ejecución.	- Se requiere una correcta combinación del revelador y penetrante, para resultados eficientes.

1.4.5.2.2 Etapas para la aplicación del método de PT

En la Figura 15, se presenta la secuencia que debe cumplir el procedimiento del método de inspección por PT este procedimiento se lo elaboro conforme la normativa Norma ASTM E-165.

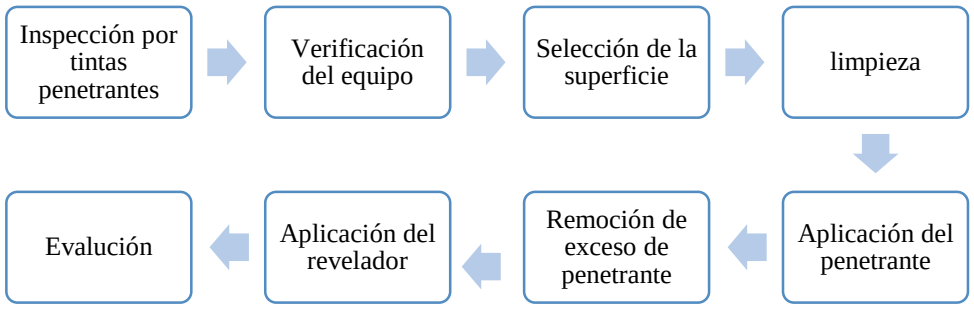


Figura 15. Etapas para la inspección PT. **Fuente**: Autores

1.4.5.3 Inspección por ultrasonido industrial (UT).

El ultrasonido son vibraciones mecánicas que se transmiten en el material por medio de ondas de la misma naturaleza que el sonido, pero con frecuencias mayores a 20,000 ciclos/segundo. (Hertz), es decir fuera del rango audible del oído humano. El principio físico en el que se basa este método de inspección es la transmisión a velocidades constantes de señales de ultrasonido a través del material y la captación del eco producido cuando existe un cambio en el material, es decir un cambio en la impedancia acústica (resistencia que oponen los materiales al paso de una onda acústica)**.** El ensayo consiste en detectar defectos internos basándose en la reflexión de las ondas ultrasónicas al atravesar medios de diferente densidad en la Figura 16 se muestra un esquema del ensayo por ultrasonido reflectando una discontinuidad [17].

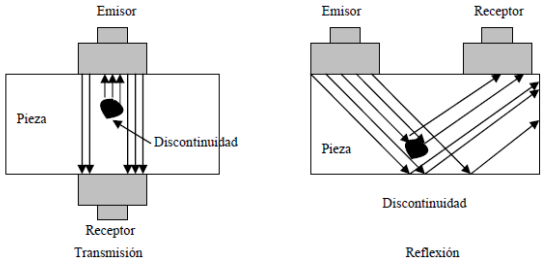


Figura 16. Principio de detección de discontinuidades mediante UT [17].

Las ondas ultrasónicas generadas se propagan a través del material hasta que se encuentran con alguna interface, como una discontinuidad o algún otro material, y es cuando se produce una reflexión de la onda, la cual es amplificada e interpretada en el equipo de medición utilizado. En la Figura 17 se muestra un esquema de ondas ultrasónica sin defecto y con defecto.

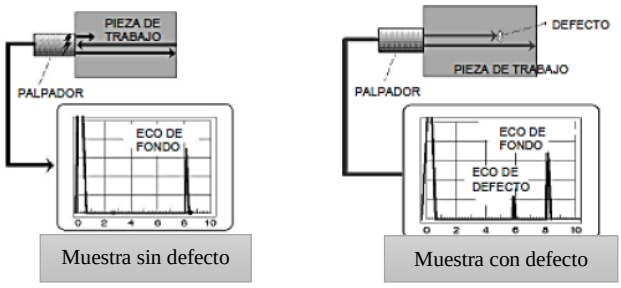


Figura 17. Representación de discontinuidades - pulso eco [17].

Con el método de ultrasonido podemos realizar control de calidad materiales estructurales y este control puede ser de tres tipos [17]:

- Detección de discontinuidades (Defectología)
- Determinación de propiedades (caracterización)
- Medida de espesores (metrología)

Un operador de ultrasonido para ser competente en cuanto a su desempeño, deberá tener; a más de experiencia, conocimiento de las propiedades de los materiales y la incidencia que los defectos tienen sobre estas propiedades como procesos de fabricación, con un historial de la vida de la pieza como por ejemplo a que tipos de esfuerzos ha estado sometida, si ha sufrido algún tratamiento térmico, etc. Éstas determinan la capacidad de un sistema para detectar distintos tipos y tamaños de discontinuidades. A continuación un listado y breve descripción de cada uno de estos parámetros [17].

- **Ganancia**: Es la amplitud o intensidad de la onda ultrasónica que una vez enviada por el equipo, es recibida de regreso por el mismo, y registrada en la pantalla. El uso y regulación de ésta, está detallado en el código. Dependiendo de la atenuación que ofrezca el material, la ganancia deberá ser modificada para cumplir con los requerimientos del procedimiento. La ganancia se mide en dB (decibeles).[17]
- **Campo:** Es la representación en pantalla del "tiempo de vuelo" de la onda, que, según la escala escogida, es posible reflejar distancia recorrida. Dependiendo del tipo de transductor usado, espesor a evaluar y discontinuidades buscadas, se puede escoger el tamaño del campo, para así, visualizar correctamente las indicaciones. El campo se puede visualizar, entonces, en unidades de longitud y tiempo (milímetros o segundos por ejemplo) [17].
- **Velocidad del sonido:** Ésta es una constante para cada material y se puede escoger en el equipo para que el mismo, con este dato, pueda corregir las escalas de tiempo de vuelo y campo. La velocidad del sonido se mide en metros por segundo (m/s), o en pulgadas por segundo (in/s) [17].
- **Frecuencia**: Ésta es una característica propia del transductor, pero existen equipos que pueden afinar más su señal de emisión para adaptarse mejor a cada transductor. Los transductores trabajan en un rango de 0,1 a 18 MHZ Los fundamentos físicos y parte de la teoría desarrollada para ultrasonido se encuentra detallada en el Anexo A de este trabajo [17].

1.4.5.3.1 Ventajas y limitaciones del método de inspección por UT

Las ventajas y limitaciones del método de inspección por UT son expresadas a continuación en la Tabla 7.

Tabla 7. Ventajas y limitaciones del método de inspección por UT [23].

Ventajas	Limitaciones
- Detecta discontinuidades superficiales, sub-superficiales e internas.	- La operación manual requiere la atención cuidadosa de técnicos experimentados.

- Alta sensibilidad, permitiendo la detección de fallas extremadamente pequeñas.	- Acopladores se requieren usualmente para proporcionar la transferencia de la energía de onda ultrasónica entre los transductores y las partes que se inspeccionan.
- Portabilidad y operación sin riesgos.	- Las partes pequeñas o delgadas son de complicada inspección.
- La operación es electrónica, lo que proporciona indicación casi instantánea de las fallas.	- Se necesitan estándares de referencia física, tanto para el equipo para calibrar el equipo como para definir las fallas.

1.4.5.3.2 Etapas para la aplicación del método de UT.

A continuación se presenta en la Figura 18 el procedimiento para realizar la inspección por UT, este procedimiento está conforme a la normativa ASTM E - 164.

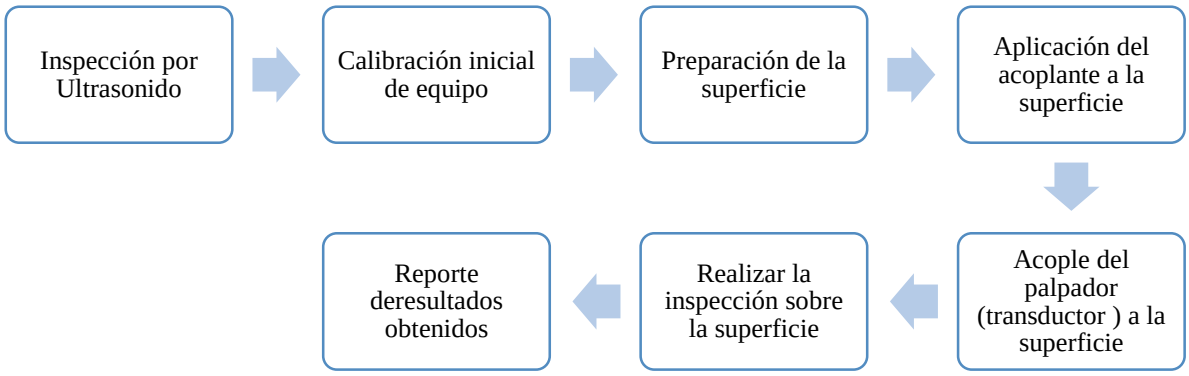


Figura 18. Etapas para la inspección por UT. **Fuente**: Autores

1.5 Marco metodológico

El proyecto de titulación se define como una investigación aplicada de tipo descriptiva y experimental, donde se aplica un conocimiento establecido para plantear soluciones a un problema técnico definido como es el caso de la estructura soldada del cantón Gualaceo provincia del Azuay. Por lo tanto se realiza un control técnico para verificar los procedimientos de soldadura empleados, los requisitos que deben cumplir el personal, y las características técnicas del material entregado por el proveedor. De tal manera que todos estos procedimientos permitan una correcta construcción tanto en la fase de fabricación como en el montaje para posteriormente realizar un control de sanidad interna y externa de la estructura soldada. El trabajo de titulación se divide en 4 fases las cuales se presentan a continuación en la Figura 19

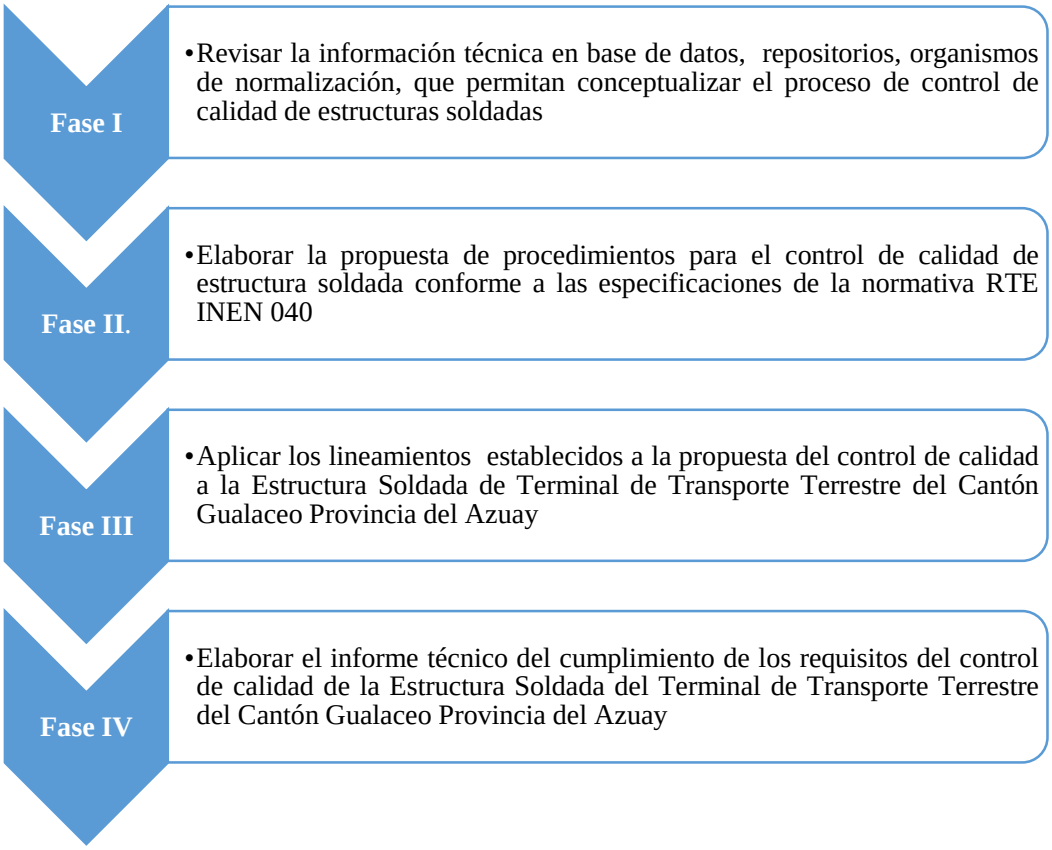


Figura 19. Fases de la metodologia para el desarrollo del trabajo de titulación. **Fuente**: Autores

1.5.1 Diseño de la investigación

El diseño de la investigación para realizar el Control de Calidad en la Soldadura de la Estructura Metálica del Terminal de Transporte Terrestre del Cantón Gualaceo de la Provincia del Azuay, está estructurado de la siguiente manera: Características técnicas y ubicación del proyecto, Verificación de los planos de construcción de la estructura metálica, Verificación técnica del material de la estructura metálica, Verificación del procedimiento de soldadura (WPS), Verificación de la calificación de soldadores (WPQ), Verificación de calificación del personal de END, Determinación de la sanidad de la soldadura mediante END y Elaboración de un informe técnico con los resultados de END.

1.5.1.1 Procedimiento para el Control de Calidad en la Soldadura de la Estructura Metálica del Terminal de Transporte Terrestre del Cantón Gualaceo de la Provincia del Azuay

A continuación se presenta el procedimiento para el control de calidad mediante un esquema, el cual nos indica los lineamientos a seguir los requisitos que se deben cumplir en cada paso y al final indica quien es el responsable

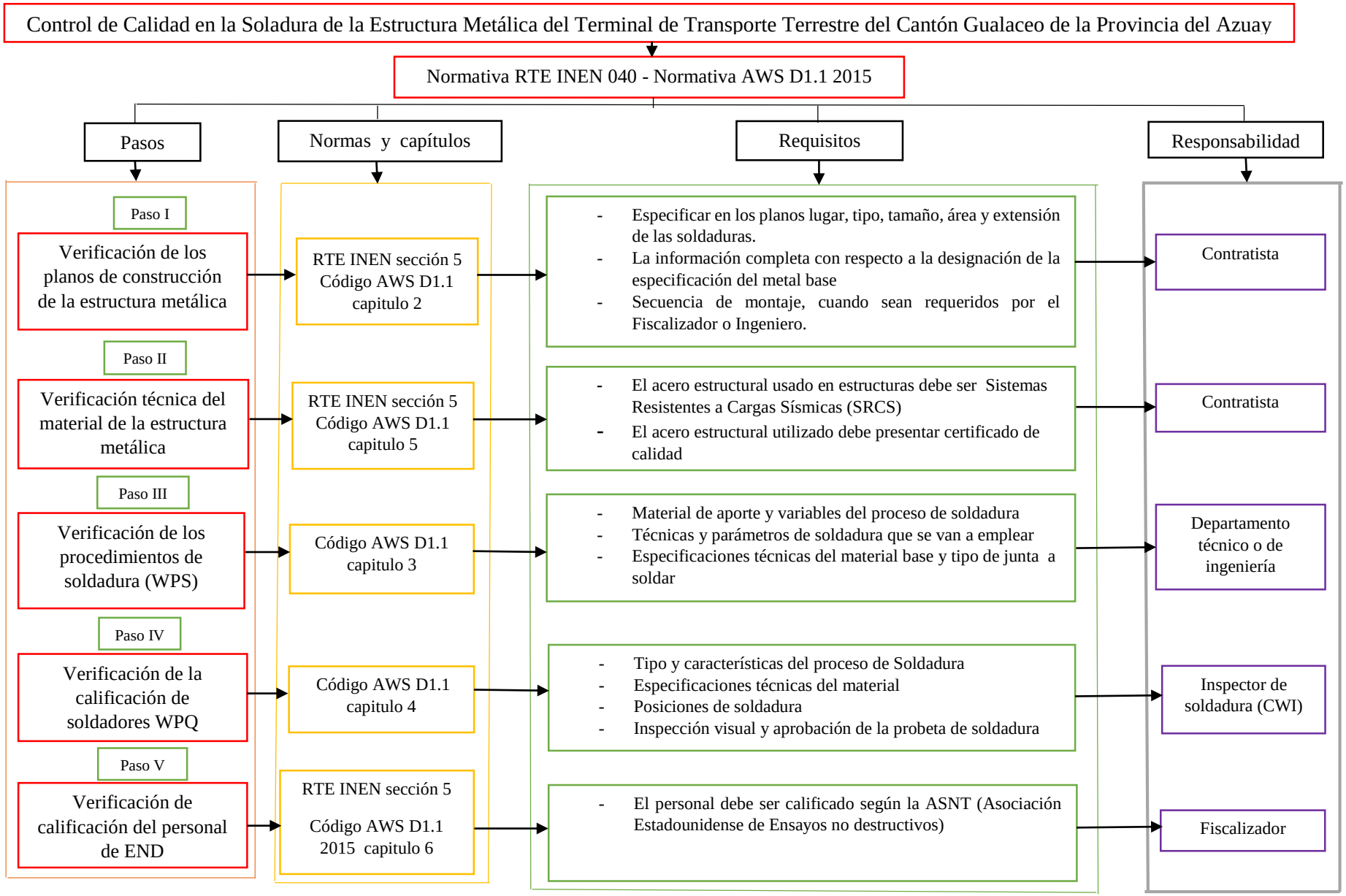


Figura 20. Procedimineto para el control de calidad de estructuras metálicas soldadas. **Fuente.** Autores

1.5.1.2 Características técnicas y ubicación del proyecto

En el cantón Gualaceo provincia del Azuay se lleva a cabo la construcción del nuevo terminal de transporte terrestre, la infraestructura se edificará en el sector Patul Bajo, entre las calles Hernán Cordero Cárdenas, Alfonso Río Marcos y Av. Gran Colector, en un área de 2,106.60 metros cuadrados. Este proyecto busca mejorar el servicio público de transporte para más de 5,000 usuarios diarios e impulsar al desarrollo económico y turístico del cantón. El valor referencial del proyecto es de 3´111,794 USD [24]. En la Figura 30 se muestra una maqueta del nuevo terminal.

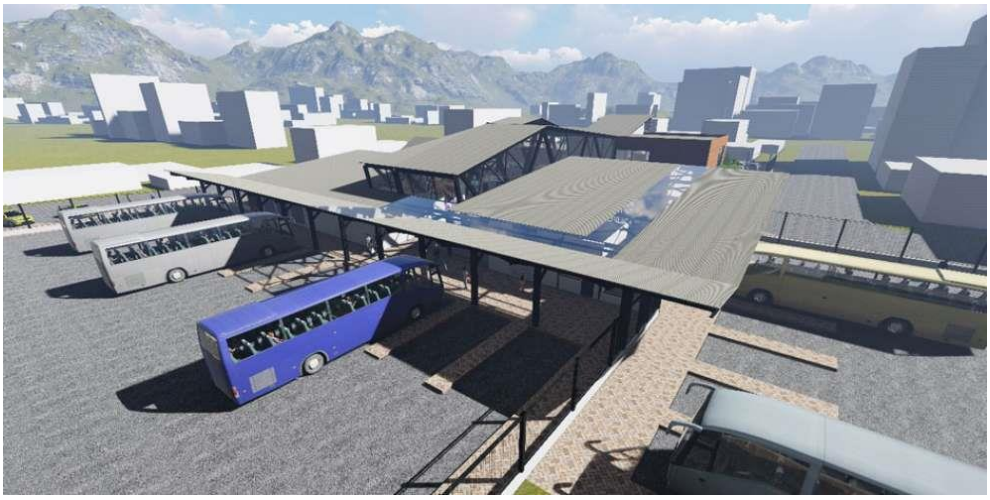


Figura 21. Vista tridimensional del nuevo terminal de transporte terrestre del cantón Gualaceo. [24]

En la parte exterior del Terminal contará con una zona de embarque, de desembarque, estacionamiento de buses, parqueo tarifado para vehículos particulares, bahía para taxis y bus urbano. En el interior de la edificación tiene ocho boleterías, seis locales comerciales, tres locales para encomiendas, seis locales para comida, ocho cuartos de máquina y oficinas administrativas. [24]

1.5.1.3 Verificación de los planos de constructivos de la estructura metálica.

La entrega de planos es responsabilidad del contratista conforme la normativa RTE INEN 040, el cual debe entregar:

- Los planos estructurales
- Los planos de secuencia de montaje, cuando sean requeridos por el fiscalizador o ingeniero

Los planos estructurales entregados se presentan en el Anexo 1.El cual debe contener según la normativa AWS D1.1 2015 sección 2:

- La información completa con respecto a la designación de la especificación del metal base,
- La ubicación, el tipo, el tamaño y el alcance de todas las soldaduras mostradas claramente en los planos y las especificaciones del contrato.

1.5.1.4 Verificación de las características técnicas del material empleado para la construcción de la estructura metálica.

El contratista deberá presentar para su aprobación evidencia apropiada, en la que todos los materiales utilizados en la fabricación de la estructura estén de acuerdo con la clasificación y grado indicados en los planos. La documentación técnica presentada evidenciara que el acero usado es de la calidad aceptable en base a los informes certificados de pruebas efectuadas por la acería, por el fabricante de las estructuras, o con un laboratorio independiente debidamente aprobado [25].

- Materiales base: Los materiales base utilizados en la fabricación de estructuras de acero soldadas serán los indicados en el capítulo 5 del Códigos AWS D1.1 2015

- Materiales de aporte, electrodos y fundentes: Los materiales de aporte, electrodos y fundentes a utilizarse deben cumplir con las especificaciones correspondientes indicadas en la Tabla 8.

Tabla 8. Requisitos correspondientes a los electrodos y/o materiales de aporte o fundentes [12].

Producto	Característica de los electrodos	Norma
Electrodos de acero al carbono SMAW	Electrodos revestidos	NTE INEN 1 390
Electrodos de acero inoxidable para SMAW	Electrodos revestidos	AWS A5.4/ A5.4M
Electrodo de tungsteno y tungsteno aleado para soldadura al arco y corte	Electrodos revestidos	NTE INEN 1 390
Electrodos de acero al carbono y fundentes para SAW	Electrodos no consumibles	AWS A5.12/A5.12M
Electrodos y varillas de acero al carbono para soldadura por arco con protección gaseosa.	Alambre sólido en rollo y fundente granular	AWS A5.17/ A5.17M
Electrodos de acero al carbono para FCAW	Alambre sólido en rollo y varillas	AWS A 5.18/ A5.18M
Electrodos de acero inoxidable para FCAW y varillas de acero inoxidable para GTAW	Alambres tubulares en rollo	AWS A5.20/A5.20M
Electrodos de acero de baja aleación y fundentes para SAW	Alambre sólido en rollo y varilla	AWS A5.22

Electrodos de acero y de baja aleación y fundentes para ESW (Soldadura por electroescoria)	Alambre sólido en rollo y fundente granular	AWS A5.23/A5.23M
Electrodos de acero y de baja aleación y fundentes para EGW (Soldadura por electrogas)	Alambre en rollo y fundente granular	AWS A5.25/A5.25M
Electrodos y varillas de acero de baja aleación para soldadura por arco con protección gaseosa	Alambre sólido y/o tubular en rollo	AWS A5.26/A5.26M
Electrodos de Acero de baja aleación para FCAW	Alambre tubular en rollo	AWS A5.29/A5.29M

Conforme a lo estipulado en la normativa RTE INEN 040 se entregaron las especificaciones del material base de la estructura del nuevo terminal de Gualaceo los cuales se visualizan en el Anexo 2.

1.5.1.5 Verificación del procedimiento de soldadura (WPS)

Previo a realizar una soldadura de producción, una detallada especificación del procedimiento de soldadura debe ser establecida y calificada para demostrar que las uniones soldadas cuentan con adecuadas propiedades mecánicas (tales como resistencia, ductilidad y dureza) y solidez son dadas por el procedimiento [26]. Este procedimiento debe estar preparado por un departamento técnico o de ingeniería, que suministra las variables de soldadura requeridas para una aplicación específica para asegurar su repetitividad. Los contenidos del WPS deben estar de acuerdo con los requerimientos aplicables que están en la sección 3 de la normativa AWS D.1.1-2015.

Los requisitos generales de WPS lo cual están en la sección 3.7 de la normativa AWS D1.1.2015 se presentan a continuación:

a) Requisitos de soldadura vertical ascendente. La progresión para todas las pasadas de soldadura en posición vertical debe ser hacia arriba, con las siguientes excepciones:

- La socavación puede ser reparada verticalmente de manera descendente cuando el precalentamiento cumpla con la Tabla 3.1 de la normativa AWS D1.1, pero no inferior a 70°F (20°C).

- Cuando se sueldan productos tubulares, la progresión de la soldadura vertical puede ser ascendente o descendente, pero solo en la dirección o las direcciones para las cuales el soldador está calificado.

b) Limitación de ancho, profundidad de la pasada. Ni la profundidad ni el ancho máximo en la sección transversal del metal de soldadura depositado en cada pasada

de soldadura deben exceder el ancho de la superficie de la pasada de soldadura (ver Figura 3.1 de la normativa AWS D1.1).

c) **Requisitos del acero auto protegido**. En las aplicaciones expuestas, descubiertas y sin pintar de acero auto protegido que requieran metal de soldadura con resistencia a la corrosión atmosférica y características de color similares a las del metal base, la combinación de electrodo y fundente de electrodo debe cumplir con la Tabla 3.4 de la normativa AWS D1.1 2015

A continuación se presenta en la Tabla 9 la matriz de WPS conforme a los requisitos y formatos presentados en el apéndice M de la normativa AWS D1.1.2015

Tabla 9. Matriz para el control de las especificaciones del proceso de soldadura**. Fuente**: Autores

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA ECUADOR	**ESPECIFICACIÓN DEL PROCESO DE SOLDADURA (WPS)**	**N°. Proceso:** **Fecha:**

INFORMACIÓN GENERAL	
Fecha:	**Proceso de soldadura:**
Empresa	**Tipo automatización:**
Tipo de proyecto	**Material Base:**
Ubicación del proyecto	**Rango de diámetros:**
Normativa Aplicada:	**Rango de espesores:**

MATERIAL DE APORTE
Especificaciones AWS:
Clasificación AWS:
Diámetro:
Gas de protección:
Resistencia mecánica:
Marca:

VARIABLES DEL PROCESO
Corriente:
Dirección del soldeo:
Números de pasadas:
Tiempo máximo entre pasadas:
Precalentamiento:
Limpieza:
Diseño de la junta:
Tipo de bisel:
Platina de respaldo:

ESQUEMA DE LA JUNTA

CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS							
Proceso	**Material de aporte**		**Corriente**		**Rango de voltaje**	**Velocidad de avance (cm/min)**	**Sentido del movimiento**
	Clase:	**Diámetro:**	**Polaridad:**	**Amperaje:**			

Elaborado por:	**Aprobado por:**
Cargo :	**Cargo:**
Firma:	**Firma:**
Fecha:	**Fecha:**

Los WPS utilizados en la construcción del terminal de transporte terrestre se presentan en el Anexo 3.

1.5.1.6 Verificación de la calificación de soldadores (WPQ)

La inspección y pruebas de verificación son realizadas normalmente por un inspector independiente del fabricante o contratista, y los resultados de dichas inspecciones y pruebas deben ser reportadas al cliente o la persona que lo contrato. Es por ello que el inspector debe estar familiarizado con los diferentes procesos de soldadura y corte, con los materiales a unir y de aporte involucrados; el propósito y las limitaciones de los métodos de pruebas empleados y la calificación de procedimientos y personal de soldadura; debe ser capaz de leer e interpretar dibujos y planos, preparar y mantener registros y hacer reportes y juicios responsables para que el trabajo de inspección resulte efectivo [27].

a) Requisitos para la certificación del inspector de soldadura.

Los requisitos generales para la calificación y certificación de inspectores de soldadura son los siguientes: estudios y total experiencia en actividades de trabajo relacionadas con inspección de soldadura, conocimientos sobre procesos de soldadura y corte, calificación de procedimientos y personal de soldadura, metalurgia, ensayos de pruebas tanto destructivas como no destructivas , símbolos y gráficos estandarizados de soldadura, excelente agudeza visual y lo más importante, aprobar los exámenes correspondientes.

Los requisitos, habilidades y funciones de los diferentes niveles de inspectores de soldadura están establecidos en la normativa ANSI/AWS QC1-2015, "Norma para la Certificación AWS de Inspectores de Soldadura", en la que se establecen tres Niveles de Certificación AWS para personal de inspección de soldadura:

Tabla 10. Niveles de Certificación AWS para inspectores de soladura [23]

Termino en español	Termino en ingles
Inspector de Soldadura Certificado Senior-ISCS	Senior Certifled Welding Inspector-SCWI
Inspector de Soldadura Certificado -ISC	Certified Welding Inspector-CWI
Inspector de Soldadura Cerificado Asociado- ISCA	Certified Assoiate Welding Inspector-CAWI

En el Ecuador la calificación de los soldadores debe ser realizada por un Inspector de Soldadura Certificado (CWI). De tal manera que esta persona estará encargada de verificar la habilidad de los soldadores, operadores de equipo y "punteadores" con base a las normas y requisitos especificados.

b) Calificación de los soldadores

El personal de soldadura será calificado de la siguiente manera: soldador (*welder*) si emplea métodos de aplicación manuales o semiautomáticos, operador de equipo para soldar (*welding operator*) si aplica métodos mecanizados o automáticos, y "punteador" (*tack welder*) si únicamente aplica puntos (*tack welds*). Esta última clasificación es considerada únicamente por las normas emitidas por la AWS. [23]

Según la normativa establecida para cada prueba aprobada debe generarse un Registro de Calificación de Habilidad del Soldador -*CHS o RCHS (Record Welder Qualification Record WPQ or WPQR).* En este documento se detallará la información acerca de las variables de soladura y la de habilidad del personal de soldadura, tales como:

- Uniones o juntas
- Metales base
- Metales de aporte y electrodos
- Posiciones
- Precalentamiento y temperatura entre pasos
- Tratamiento térmico posterior a la soldadura
- Gases de combustión y de protección.
- Características eléctricas Técnica.

Es muy importante tener en cuenta las variables de los diferentes tipos de proceso de soldadura (un cambio de proceso es considerado como variable esencial de procedimiento y de habilidad) y los métodos de aplicación (manual, semiautomático, mecanizado o a máquina y automático).

Con estas variables antes mencionadas, hemos elaborado una matriz para el registro de WPQ, represando en la Tabla 11, de tal manera que se pueda llevar un registro de calificación del personal y que estos cumplan con las características técnicas para poder ejecutar las soladuras en la estructura metálica.

Tabla 11. Matriz para el registro de Calificación del personal de soladura. **Fuente**: Autores

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA ECUADOR	**REGISTRO DE CALIFICACION DEL PERSONAL DE SOLDADURA (WPQ)**	**N°. Proceso:** **Fecha:**

INFORMACIÓN GENERAL		
Nombre del Soldador:		
Tipo de proyecto:	**Cédula N°:**	
Empresa:	**Estampa del soldador:**	Foto
Código de referencia:	**Tipo automatización:**	
Ubicación del proyecto:	**Proceso de soldadura:**	

CALIFICACIÓN DEL SOLDADOR		
Variable	**Valor usado en la Calificación**	**Rango Calificado**
Proceso:		
Tipo de Proceso:		
Tipo de Soldadura:		
Especificación del Material:		
Espesor del Material:		
Especificación del Material:		
Pase de respaldo:		
Posición de la soldadura:		
Tipo de Gas:		
Gas de Respaldo:		
Tipo de Corriente:		
Polaridad:		

INSPECCIÓN VISUAL			
Apariencia	**Socavación**	**Porosidad**	**Discontinuidades**
Probeta de soldadura	**Dos probetas para doblado cara y raíz tabla 4.11**		**Resultado de ensayo radiográfico**
W2	**Cara**	**Raíz**	**Identificación de la película:**
			Informe N°:
			Evaluado por:

Elaborado por:	**Aprobado por:**
Cargo :	**Cargo:**
Firma:	**Firma:**
Fecha:	**Fecha:**

Conforme a los requisitos para la calificación de soldadura de la normativa AWS D1.1 se exige la documentación de la calificación de los soldadores los cuales se presentan en el Anexo 4

1.5.1.7 Calificación y certificación del personal de END

El personal que realice los END debe estar calificado y cumplir con los requisitos exigidos según la ASNT (Asociación Estadounidense de Ensayos no destructivos) en la práctica SNT-TC-1A de la siguiente manera:

a) Nivel ASTN I

Personal capacitado para dirigir y operar equipos bajo la supervisión de un nivel superior. Dentro del cual sus funciones son:

- Ejecutar todo el procedimiento de ensayo hasta la entrega de datos.
- Mantenimiento y control rutinario de equipos.
- Preparación de materiales y accesorios.
- Identificación de material defectuoso.

- Cumplir con las normas de seguridad para equipos y personas.

b) Nivel ASTN II

Personal capacitado para realizar y dirigir ensayos correspondientes al ensayo para el cual este fue calificado. Dentro del cual sus funciones son:

- Supervisar y/o realizar ensayos.
- Dirigir y controlar el trabajo asignado al personal de Nivel I.
- Seleccionar equipos y técnicas de ensayo.
- Preparar por escrito las instrucciones para el personal de Nivel I.
- Puesta a punto y calibración de equipos.
- Interpretar y evaluar resultados de acuerdo con códigos, normas y
- especificaciones aplicables.
- Emitir y firmar los informes técnicos correspondientes.
- Instruir y entrenar al personal.

c) Nivel ASTN III

Es el personal capacitado para establecer las técnicas, interpretar especificaciones, normas y códigos a nivel de Ingeniería. Dentro del cual sus funciones son:

- Seleccionar el o los métodos a emplearse.
- Determinar para cada caso la técnica y procedimiento adecuado.
- Supervisar todas las tareas necesarias para la realización de los ensayos con el nivel de calidad requerido.
- Asegurar el cumplimiento de códigos, normas y especificaciones.
- Capacitar, instruir, dirigir y controlar al personal de nivel inferior.
- Organizar y diseñar laboratorios.

Por lo tanto, los ensayos de ultrasonido deben ser ejecutados sólo por técnicos certificados como ASNT Nivel III o certificados como Nivel II para la detección de defectos. Si el fiscalizador aprueba el uso de técnicas para determinar el tamaño de los defectos, los técnicos de UT deberán adicionalmente ser calificados y certificados para estas técnicas por la agencia que los contrata. Los Ensayos de Partículas Magnéticas (MT) y los ensayos de tintas penetrantes (PT) deben ser ejecutados sólo por técnicos certificados como Nivel II por la ASNT. [12]

La documentación presentada, está basada en la certificación y calificación del Ing. Paul encargado de realizar los END de tintas penetrantes y ultrasonido industrial, esta documentación se presenta en el Anexo 5

1.5.1.8 Determinación de la sanidad de la soldadura mediante END

Para determinar el control de la sanidad interna y externa de la Soldadura de la Estructura Metálica del Terminal de Transporte Terrestre del Cantón Gualaceo de la provincia del Azuay, se realiza tres tipos de END: Inspección Visual, Tintas Penetrantes y Ultrasonido

Industrial. Para lo cual detallaremos el procedimiento aplicado a cada tipo de inspección y al final de cada procedimiento elaboraremos una tabla de reporte de los resultados, en los que determinaremos si existen fallos o discontinuidades en los cordones de soldadura para la aplicación del criterio de aceptación y rechazo.

1.5.8.1.1 Procedimiento general para el método de VT

- **Introducción**

Todas las normas aplicables a la inspección visual exigen como un requisito inicial que se realice la inspección siguiendo las instrucciones detalladas en un procedimiento.

- **Objetivo**

Fijar las condiciones de inspección garantizando el control de calidad y el cumplimiento de espesores de soldadura, geometría y sanidad de soldaduras de filete y soldadura a tope mediante la aplicación de la inspección visual con la ayuda de elementos de medición como galgas, flexómetro, baroscopios etc.

- **Alcance**

Aplicable a la inspección visual de todas las uniones soldadas que se realizan en los diferentes procedimientos de fabricación

- **Responsabilidades**

Inspector de Control Calidad: Responsable para el control permanente de la inspección, emisión del registro de la inspección y reportar el hallazgo de algún defecto para que se tomen sin demora injustificada las acciones correctivas necesarias.

Supervisor de Soldadura: Responsable de controlar los parámetros de los procedimientos de soldadura y establecer coordinación con el inspector de calidad para la ejecución de la inspección visual de soldadura. Así mismo, es responsable de ejecutar las acciones correctivas necesarias que determine el Inspector de Calidad

- **Requerimientos del personal**

- El personal tiene un examen de visión anual para asegurar que posee agudeza visual en una distancia corta y deben desempeñar los requerimientos de la práctica escrita para la certificación de personal de pruebas no destructivas
- La soldadura debe estar suficientemente iluminada; una lámpara de extensión, un foco de mano deben utilizarse para tal fin si es necesario.
- Las áreas inasequibles pueden ser observadas con un boroscopio, y cuando el cliente así lo requiera, puede usarse una lupa de baja potencia. Esta debe ser utilizada con

precaución puesto que acentúan la superficie y puede conducir a decisiones discutibles.

- Las soldaduras que son inasequibles en el producto terminado deben ser examinadas durante el progreso de trabajo.
- Deben utilizarse escalas y galgas para chequear las dimensiones del filete de soldadura. Aunque la inspección visual es el método de inspección más pequeño, un procedimiento definido debe ser establecido con el objeto de asegurar un cubrimiento adecuado.

❖ Normas y Documentos de Referencia

- AWS D1.1. 2015
- ASTM E329
- Registros de calibración de instrumentos.
- Especificaciones técnicas, normas y estándares aplicables.

❖ Equipos

- Galgas para inspección de soldadura (Fillet gages, Bridge Cam, V-Wac, etc.)
- Lupa de aumento (si es necesario)
- Linterna (si es necesario)
- Baroscopios

❖ Aplicación

La inspección visual es generalmente utilizada para verificar la superficie, forma, evidencia de alineamiento de superficies en contacto o evidencia de fugas. Adicionalmente se utiliza para determinar las condiciones superficiales de materiales compuestos.

Para muchos tipos de soldaduras, su integridad es verificada principalmente mediante inspección visual. Incluso para soldaduras con juntas especificadas o probadas a través de métodos de prueba no destructivos. Siendo el método de prueba no destructiva más extensamente utilizado, la inspección visual es fácil de aplicar, rápida, relativamente poco costosa, no requiere equipo especial sino únicamente una buena visión, y arroja información muy importante relativa a la conformidad general de las especificaciones de soldadura.

Por conveniencia de presentación, se discutirá la inspección visual bajo cinco encabezados principales: práctica de la inspección, inspección previa a la soldadura, inspección durante la soldadura, inspección después de la soldadura, y marcación de soldaduras de reparación.

- **Inspección**

El Inspector de Calidad y/o Supervisor de Soldadura revisará que se ejecuten los pasos previos al inicio de la soldadura: preparación de juntas, limpieza de juntas, precalentamiento (si es aplicable), verificación del material de aporte y condición de los equipos de soldadura a emplear.

Durante el proceso de soldadura, el Supervisor de Soldadura deberá monitorear el control de las variables de soldadura, la limpieza entre pases, temperatura entre pases, secuencia de soldadura y protección adecuada de la zona de soldadura.

Terminado el proceso de soldadura, el Inspector de Calidad deberá inspeccionar la soldadura terminada, basándose en los criterios de aceptación mostrados en las tablas de las normas correspondientes. De ser aplicable realizará el monitoreo del tratamiento térmico postsoldadura.

El Inspector de Calidad, emitirá el registro de inspección visual de soldadura, en la frecuencia que considere adecuada.

- **Evaluación**

Toda inspección debe ser evaluada en términos de los criterios de aceptación de la sección de código de referencia.

Una lista de chequeo de la inspección debe realizarse y verificar que dicha inspección fue realizada.

La lista de chequeo establece los mínimos requerimientos de inspección y no indica la máxima inspección que el fabricante lleve a cabo en el proceso.

- **Reporte**

La fecha de prueba, procedimiento de inspección usado y los resultados deben ser certificados por el fabricante. La iluminación, instrumentos, equipos, herramientas, etc., deben ser identificados en el reporte de inspección. Esto puede ser llevado a cabo referenciando el número del procedimiento de inspección visual.

Tabla12. Matriz para el reporte de resultados del método VT. **Fuente**: Autores

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA ECUADOR	**INFORME INSPECCIÓN VISUAL**	**N°. Reporte:** **Fecha de inspección:** **Cliente:**

INFORMACIÓN GENERAL	
Empresa:	**Ubicación del proyecto:**
Tipo de proyecto:	**Normativas:**

INFORMACIÓN DE LA INSPECCIÓN
Descripción de la pieza:
Proceso de fabricación:
Tipo de material:
Espesor del material:
Estado del cordón de soladura:

EQUIPOS Y MATERIALES
Limpieza:
Calibres para inspección visual:
Equipos para inspección visual:
Iluminación:

ESQUEMA DE LA JUNTA

CRITERIOS DE ACEPTACIÓN Y RECHAZO

Para los criterios de aceptación y rechazo se establece la normativa AWS D1.1 tabla 6.1 de la normativa la cual se presente a continuación

Categoría de discontinuidad y criterio de inspección	Uniones no tubulares cargadas estáticamente	Uniones no tubulares cargadas cíclicamente	Uniones tubulares (Todas las cargas)
(1) Prohibición de fisuras La soldadura no debe tener fisuras.	X	X	X
(2) Fusión de soldadura / Metal base Debe existir fusión a través de los cordones adyacentes de metal de soldadura y entre el metal de soldadura y el metal base.	X	X	X
(3) Cráter en la sección transversal Todos los cráteres deben ser llenados, excepto para los extremos de soldadura de filete discontinuos fuera de su largo efectivo.	X	X	X
(4) Perfiles de soldadura Los perfiles de soldadura deben estar conformes al artículo 5.24.	X	X	X
(5) Tiempo de Inspección La inspección visual de soldaduras en todos los aceros puede empezar inmediatamente después que la soldadura terminada se haya enfriado hasta temperatura ambiente. El criterio de aceptación para aceros de alta resistencia (del tipo ASTM A514, A517, y A709 Grado 100 y 100W) debe estar basado en una inspección visual realizada no menos de 48 horas luego de la terminación de la soldadura.	X	X	X
(6) Soldaduras subdimensionadas El tamaño de filete de soldadura en cualquier soldadura continua puede ser menor que el especificado ***(L)*** sin necesitar corrección, para los siguientes valores ***(U)***: ***L*** — Tamaño de soldadura nominal en mm: 5; 6; 8 ***U*** — Diferencia admisible respecto de ***L*** en mm: 2; 2,5; 3 En todos los casos la disminución del tamaño de soldadura será ≤ 10% del largo de la soldadura. En las soldaduras alma con ala en vigas, no se permite subdimensionamiento en los extremos para un largo igual a dos veces el ancho del ala.	X	X	X
(7) Socavación (A) Para materiales de espesores menores que 25 mm, la socavación será ≤ 1 mm, excepción: se permitirá una socavación máxima de 2 mm en un largo acumulado de 50 mm en cualquier tramo de 300 mm. Para materiales de espesores ≥ 25 mm, la socavación deberá ser ≤ 2 mm para cualquier largo de soldadura.	X		
(B) En miembros principales, la socavación será ≤ 0.25 mm de profundidad cuando la soldadura es transversal a esfuerzos de tracción bajo cualquier condición de cargas de diseño. La socavación deberá ser ≤ 1 mm de profundidad para los otros casos.		X	X
(8) Porosidad (A) Las soldaduras a tope con ***JPC***, transversales a la dirección de los esfuerzos de tracción computados no deberán tener ninguna porosidad vermicular visible. Para todas las otras soldaduras con bisel o soldaduras de filete, la suma de la porosidad vermicular visible ≥ 1 mm en diámetro, será ≤ 10 mm en cualquier tramo lineal de 25 mm de soldadura y ≤ 20 mm en cualquier tramo de 300 mm de largo de la soldadura.	X		
(B) La frecuencia de porosidad vermicular en soldadura de filete será menor o igual que una cada 100 mm de la largo de la soldadura y el diámetro máximo será ≤ 2,5 mm. Excepción: las soldaduras de filete que unen los rigidizadores a la viga, la suma de los diámetros de la porosidad vermicular deberá ser ≤ 10 mm en cualquier tramo lineal de 25 mm de soldadura y ≤ 20 mm en cualquier tramo de 300 mm de largo de la soldadura.			
(C) Las soldaduras a tope con ***JPC***, transversales a la dirección de los esfuerzos de tracción calculados no deberán tener ninguna porosidad vermicular visible. Para todas las otras soldaduras con bisel, la frecuencia de porosidad vermicular en soldadura de filete será menor o igual que una cada 100 mm de la largo de la soldadura y el diámetro máximo será ≤ 2,5 mm.			
1. Una "X" indica aplicabilidad para el tipo de unión; el área sombreada indica no aplicabilidad.			

REPORTE FOTOGRÁFICO

EVALUACIÓN DE RESULTADOS		
Tipo de discontinuidad: Poro (P), Mordedura (M), Fisura (F), Zona Porosa (ZP), Esmerilar y Rellenar (ER)		
Tipo de Discontinuidad:	**Observaciones:**	**Evaluación: (aceptada o rechazada)**

Elaborado por:	**Aprobado por:**
Nivel:	**Nivel:**
Firma:	**Firma:**

1.5.8.1.2 Procedimiento general para el método de inspección PT

- **Introducción**

Todas las normas aplicables a la inspección por tintas penetrantes exigen requisito inicial que se realice la inspección siguiendo las instrucciones detalladas en un procedimiento.

- **Objetivo**

- Establecer los parámetros necesarios para la inspección por tintas penetrantes de materiales metálicos no porosos, ferrosos y no ferrosos, así como de materiales no metálicos no porosos, tales como cerámicas, plásticos y vidrios

- Fijar las condiciones necesarias para la realización de la inspección por líquidos penetrantes

❖ **Alcance**

- Este procedimiento describe los métodos y tipos de inspección por líquidos penetrantes contemplados por las especificaciones.
- Es aplicable solo para la detección de discontinuidades abiertas a la superficie tales como grietas, costuras, traslapes, traslapes en frio, laminaciones, falta de penetración, poros, inclusiones no metálicas, etc.
- Este procedimiento es la base en la que se aplica el examen práctico para los cursos de nivel I y II.

❖ **Responsabilidades**

Es responsabilidad del instructor revisar y evaluar los reportes de resultados de las prácticas correspondientes.

❖ **Normas y Documentos de Referencia**

Manual de capacitación en líquidos penetrantes nivel I y II

ASTM E-165 ANSI/ASME/BPV Sección V

❖ **Clasificación de los Métodos y Tipos de Penetrantes**

Los consumibles para la inspección con líquidos penetrantes son: el penetrante, emulsificador, solvente/removedor y revelador. No se permite mezclar los consumibles de diferentes fabricantes

Los consumibles usados para la inspección no deben afectar adversamente las piezas que van a examinarse

Algunas formulaciones de los consumibles pueden ser inflamables o emitir vapores tóxicos, por lo que deben seguirse las indicaciones y precauciones recomendadas por el fabricante de producto

Los métodos y tipos de inspección con líquidos penetrantes están clasificados por ASTM E-165

Precaución: Después de una inspección con un penetrante visible no debe efectuarse una inspección con un penetrante fluorescente, a menos que el procedimiento este recalificado conforme a ASTM E-165

- **Requisitos Generales**

La temperatura de los materiales penetrantes y de la superficie de la superficie de la pieza a ser inspeccionada debe estar entre 10 y 38°C (fluorescentes); 10 y 52°C (visibles). Cuando no sea practico con este rango de temperatura que se desea usar como se describe en la ASTM E-165

Prelimpieza. - Cuando sea requerida la prelimpieza se pueden emplear los agentes comunes de limpieza como son: detergentes, solventes orgánicos, soluciones desincrustantes, removedores de pintura o desengrasantes. La limpieza por métodos abrasivos no es recomendable cuando se inspeccionen materiales blandos como el aluminio o el magnesio. Para precauciones generales relacionadas con la preparación de la superficie, se debe consultar el apéndice A1 de la ASTM E-165

- **Limpieza**

La superficie a inspeccionar y áreas adyacentes, al menos hasta 25 mm a cada lado deben estar secas y limpias; libres de polvo, oxido, fundente de soladura, salpicaduras, grasas, pinturas, películas de aceite, suciedad, etc., o cualquier material que pueda cubrir las aperturas superficiales o inferir con la inspección.

Después de aplicado cualquier método de prelimpieza, la superficie deberá limpiarse con un solvente removedor del mismo fabricante para asegurar la completa limpieza de las piezas.

Las piezas deben estar perfectamente secas después de limpiarse. El secado puede efectuarse en hornos de secado, con lámparas infrarrojas, aire caliente a presión o a la temperatura ambiente. La temperatura de la pieza no debe exceder de 38°C para fluorescente y de 52°C para visibles, antes de la aplicación del penetrante

- **Aplicación del Penetrante**

El penetrante se puede aplicar por diferentes métodos: inmersión, con brocha, por flujo o por atomización. Toda la pieza o área de interés debe estar completamente cubierta con penetrante. Después de la aplicación se debe observar que el penetrante cubra de forma homogénea la zona a inspeccionar. En caso necesario se puede emplear una brocha o pincel para evitar la formación de encharcamientos

- **Tiempo de Penetración**

El tiempo de penetración debe ser el recomendado en las tablas localizadas en la sección de anexo del manual de notas técnicas, o en su defecto en la tabla 2 de la ASTM E-165-1995

El tiempo recomendado es solo una guía para una variedad de materiales según su forma y tipos de discontinuidades; por lo que en caso de inspecciones críticas se deberá calificar previamente el tiempo de penetración conforme a lo indicado en el artículo 10 de la ASTM E-165-1995.

❖ **Remoción del exceso de Penetrante**

Cuando se empleen penetrantes fluorescentes la remoción se debe efectuar con una iluminación de luz ultravioleta. Después de transcurrido el tiempo de penetración requerido, se debe remover el exceso de penetrante como se indica a continuación:

Penetrantes lavables con agua:

- Pueden removerse directamente con agua usando un equipo manual, semiautomático, atomización o por inmersión.
- La presión del agua no debe exceder de 0.275 MPa (40 psi). Se recomienda un atomizado grueso manteniendo la temperatura del agua a un rango de 10 a 38°C
- Se debe evitar el sobre lavado de la superficie a inspeccionar. Cuando no se disponga de suficiente agua para el enguaje, puede efectuarse la remoción frotando la superficie con un material limpio y absorbente, empapado con agua hasta que el exceso de penetrante sea removido

Penetrantes postemulsificables:

No se permite aplicar el emulsificador empleando brochas, pinceles o cepillos. Deberán aplicarse por inmersión, vaciado o atomización. El agente emulsificante debe cubrir de forma homogénea la zona de inspección evitando que se acumule excesivamente

El tiempo de emulsificación depende del tipo de emulsificante empleado y de la condición de la superficie. Si se emplea el emulsificador hidrofilico, el tiempo de emulsificación debe ser de 45 segundos. Si se emplea el emulsificador lipofilico, el tiempo de emulsificación debe ser de 3 minutos. Estos tiempos son aproximados, los tiempos adecuados se determinan por experimentación en la pieza a inspeccionar

La presión del agua no debe exceder de 275 kPa a (40 Psi). Se recomienda un atomizador grueso manteniendo la temperatura del agua en un rango de 10 a 38 °C.

Se debe evitar el sobrelavado de la superficie a inspeccionar. Cuando no se disponga de suficiente agua para el enjuague, puede efectuarse la remoción frotando la superficie con un material limpio y absorbente empapado con agua hasta que el exceso de penetrante sea removido

Penetrantes removibles con solvente:

Está prohibido aplicar el solvente removedor directamente sobre la superficie después de la aplicación del penetrante y antes del revelador

El exceso de penetrante puede ser removido empleando un material absorbente limpio que no deje pelusa y repetir la operación hasta eliminar cualquier indicio de penetrante. La última etapa de remoción se efectúa con un material absorbente humedecido ligeramente con solvente removedor. Se debe evitar empapar el material absorbente con solvente removedor para minimizar la remoción del penetrante de las discontinuidades

- **Secado de las Piezas**

Las piezas pueden secarse exponiéndolas al aire a la temperatura ambiente o bien empleando aire a presión libre de aceite. En dicho caso la presión no debe exceder de 175 kPa (25 Psi); también pueden emplearse secadores con recirculación de aire caliente.

Para la mayoría de las aplicaciones la temperatura en el secador es mantenida entre 10 y 71°C. Sin embargo, la temperatura en la superficie de la pieza no debe exceder de 38°C

No se permite que las piezas permanezcan en la estufa de secado por un tiempo mayor que el necesario a secarlas. El tiempo de secado varía con el tamaño, naturaleza y el número de piezas

En el caso de penetrantes removibles con solvente, es recomendable permitir el secado por una evaporación norma de 3 a 5 minutos; generalmente no se requiere de otra técnica de secado.

- **Aplicación del revelador**

Los reveladores se deben aplicar después de que el exceso de penetrante haya sido removido de la superficie de la pieza. En el caso de los reveladores húmedos acuosos, éstos se deben aplicar antes de secar las piezas lavadas con agua. Los reveladores secos en suspensión no acuosa deben aplicarse inmediatamente después de que la pieza haya sido secada.

No se permite el empleo de brochas o pinceles para aplicar los reveladores en suspensión o en solución.

El tamaño, forma, condición de la superficie, numero de pieza que van a ser inspeccionadas, etc., determinan la selección de la aplicación del revelador, que se puede efectuar por baño, inmersión, atomización o espolvoreado.

Los reveladores en polvo seco siempre se aplican después del secado. Las piezas pueden ser sumergidas en un recipiente que contenga el revelador seco, también puede ser espolvoreado de forma manual o mecánica. El exceso de polvo puede eliminarse sacudiendo o golpeando la pieza ligeramente o soplándola con aire comprimido, seco y limpia a una presión entre 34 a 70 kPa (5 y 10 Psi).

No es recomendable el empleo de reveladores en polvo seco cuando el líquido penetrante sea del Tipo 2 (penetrante visible).

Los reveladores húmedos acuosos se deben aplicar inmediatamente después de que el exceso de penetrante haya sido removido, pero antes del secado. Las condiciones para preparar y mantener el revelador acuoso deben ser conforme a las instrucciones del fabricante. Este tipo de revelador se puede aplicar por rocío o sumergiendo la pieza en el baño de revelador. Posteriormente se puede emplear aire a baja presión para eliminar todo el exceso del

revelador e las secciones huecas o profundas para evitar la tendencia al encharcamiento lo cual podría diluir las indicaciones

El revelador en suspensión no acuosa se debe aplicar por rocío después de que el exceso de penetrante haya sido removido y la pieza esté seca. Este tipo e reveladores se evaporan rápidamente a temperatura ambiente y no requieren, por lo tanto, del uso de un secador. Sin embargo, debe usarse ventilación adecuada.

No se permite sumergir la pieza en el revelador ya que el solvente del revelador remueve y diluye el penetrante de las discontinuidades.

Los reveladores de película líquida se deben aplicar por rocío o inmersión, como lo recomienda el fabricante.

- **Tiempo de Revelado**

El tiempo de revelado debe permanecer en la pieza antes de ser inspeccionada debe ser de 10 minutos o la mitad de tiempo de penetración, lo que sea mayor. El tiempo de revelado inicia inmediatamente después de que el revelador en polvo seco se aplica y tan pronto como el recubrimiento húmedo de revelador (acuoso y no acuoso) se seca. Si la absorción del penetrante no altera los resultados de inspección o deforma las indicaciones, se permiten periodos de revelado hasta de 2 h para reveladores acuosos y 1 h para reveladores no acuosos.

- **Requisitos de Iluminación**

Para la iluminación con luz ultravioleta se permite el empleo de lámparas fluorescentes y de vapor de mercurio. Cuando la inspección sea considerada critica, solo se permitirá el empleo de la lámpara de vapor de mercurio para interpretación de las indicaciones

La intensidad de la luz ultravioleta debe medirse sobre la superficie de la pieza bajo inspección, debiendo obtenerse un minio de 1000 µW/cm^2. Para inspecciones críticas con penetrantes fluorescentes, se permite una luz ambiental máxima de 20 Lx. Pueden aceptarse niveles más altos de luz ambiental para inspecciones no criticas si la oscuridad total es difícil de obtener

Las indicaciones de penetrantes con colorante visible pueden observarse con luz blanca natural o artificial. En el sitio de la inspección la intensidad mínima de la luz blanca debe ser de 1000 Lx.

- **Inspección**

Las superficies deben observarse durante la aplicación del revelador para monitorear el desarrollo de indicaciones que tiendan a sangrar demasiado. La interpretación final debe efectuarse después que se haya transcurrido el tiempo de revelado

Toda indicación que sea confusa, poco definida o exista duda sobre su origen deberá ser reinspeccionada para determinar si es una indicación falsa, no relevante o verdadera

La reinspección debe iniciarse desde el paso referente a la limpieza antes de la aplicación del penetrante.

- **Métodos de Evaluación**

Se tomará en cuenta el tamaño de las indicaciones obtenidas durante el intervalo del tiempo después de la aplicación del revelador. La evaluación puede ser efectuada de dos formas distintas:

- Por comparación con las fotografías estándar de referencia ASTM E-433
- Para fines de las prácticas se considera la siguiente clasificación de las indicaciones:
- Indicación relevante: es toda indicación que tenga un tamaño igual o mayor a 2mm
- Indicación lineal: es aquella indicación relevante que tiene una longitud mayor a tres veces su ancho
- Indicación redondeada: es aquella indicación relevante de forma circular o elíptica, en la que su longitud es igual o menor a tres veces su ancho

- **Limpieza Posterior**

Puede emplearse una técnica adecuada tal como un simple enjuague con agua, máquinas de lavado, desengrasado por vapor, con solvente, limpieza con ultrasonido, agua con detergente o flujo de aire (libre de aceite). Para mayor detalle consulte la norma ASTM E-165-1995

- **Requisitos Especiales**

En la inspección de aceros inoxidables austeniticos, aleaciones base titanio o níquel, es necesario restringir el contenido total de iones cloruro/fluoruro, el contenido total de cloro/flúor y el contenido de azufre

Todos los lotes de consumibles empleados para la inspección por líquidos penetrantes deben ser certificados e identificados

- **Calificación y Recalificación**

La calificación de procedimientos requiere de pruebas equivalentes contra un procedimiento generalmente aprobado

La recalificación se requiere cuando:

- Se hace un cambio en la técnica de inspección
- Se cambie la temperatura a la que se realiza la inspección
- Se empleen líquidos penetrantes de un nuevo proveedor
- Se emplee el consumible por otro del mismo proveedor

❖ **Reporte de Inspección**

Debe elaborarse un reporte de cada inspección efectuada. Este reporte debe incluir al menos la siguiente información

- Una figura, croquis o dibujo de la(s) pieza(s) examinada(s)
- Las técnicas, método y tipo de penetrantes
- La descripción e identificación de la(s) pieza(s)
- Tipo y proceso del material
- Acabado superficial
- Tiempo de penetración
- Nombre y nivel técnico de quien realizó la inspección

Tabla13. Matriz para el reporte de resultados del método PT. **Fuente**: Autores

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA ECUADOR	**INFORME INSPECCIÓN TINTAS PENETRANTES**	**N°. Reporte:** **Fecha de inspección:** **Cliente:**

INFORMACIÓN GENERAL	
Empresa:	**Ubicación del proyecto:**
Tipo de proyecto:	**Normativas:**

INFORMACIÓN DE LA INSPECCIÓN
Descripción de la pieza:
Proceso de fabricación:
Tipo de material:
Espesor del material:
Estado del cordón de soladura:

EQUIPOS Y MATERIALES	
Limpiador:	
Removedor:	
Emulsificador:	
Penetrante:	
Revelador:	

PARÁMETROS DE INSPECCIÓN	
Iluminación:	
Temperatura:	
Tiempo de penetración	
Tiempo de Revelado:	
Método de Remoción o lavado:	
Limpieza Final:	

ESQUEMA DE LA JUNTA

CRITERIO DE ACEPTACIÓN Y RECHAZO (Tamaño máximo permitido)		
Lineal	Redondeada	Otro
1,6 mm	**4,8mm**	

EVALUACIÓN DE RESULTADOS

Tipo de discontinuidad: **Poro** (P)**, Mordedura** (M)**, Fisura** (F)**, Zona Porosa** (ZP)**, Falta de fusión** (FF)

N°	Tipo	Indicación (lineal o redondeada)	Tamaño (mm)	Evaluación (aceptada o rechazada)	Observación

REPORTE FOTOGRÁFICO

Elaborado por:	**Aprobado por:**
Nivel:	**Nivel:**
Firma:	**Firma:**

1.5.8.1.3 Procedimiento general para el método de inspección UT

❖ **Objetivo**

- Establecer un procedimiento para la prueba por ultrasonido en la fabricación/montaje, antes del ensamble, durante el ensamble, durante y después del proceso de soldadura. Para asegurar que los requerimientos de calidad de las uniones soldadas son adecuados

❖ **Alcance**

- Este procedimiento es aplicable para la prueba ultrasónica de soldaduras de ranura y zona afectada térmicamente con espesores de 8.0 mm (5/16") hasta 203 mm (8.0").
- Este procedimiento no debe ser usado para la prueba de conexiones tubo-tubo en "T'', "Y" o "K"
- Para detectar posibles porosidades vermiculares, el método radiográfico es sugerido en lugar de ultrasonido para soldaduras con electrogas y electroescorias
- Este procedimiento no debe ser empleado para probar metales base. Sin embargo, discontinuidades relacionadas al proceso de soldadura adyacentes en el metal base las cuales podrían no ser aceptables deben ser reportadas al cliente/ingeniería para su disposición

❖ **Documentos de referencia**

- ASTM E - 164
- AWS D1.1. 2015

❖ **Requisitos de personal**

- El personal que realice la prueba ultrasónica debe estar calificado y certificado como nivel II, en conformidad con el procedimiento No. TM-ISEND-001. Esto no aplica para la inspección visual.
- El personal calificado y certificado como nivel I podrá realizar la prueba siempre y cuando sea bajo la supervisión directa de un inspector nivel II.
- La evaluación de indicaciones y el informe de resultados lo debe realizar un inspector nivel II calificado y certificado en el método

❖ **Equipo**

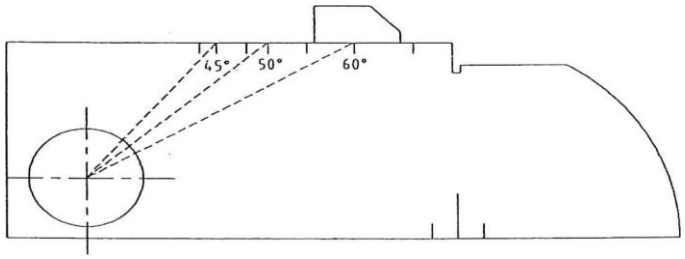
- El equipo ultrasónico debe ser del tipo pulso-eco, disponible para usar con transductores que oscilen en frecuencias de 1 a 6 MHZ. La pantalla debe ser del tipo A ("SCAN A").
- La linealidad horizontal del equipo de prueba deberá ser calificado arriba del total de la distancia del haz sónico a ser usada en la prueba.
- El transductor de haz recto debe tener un área efectiva no menor a 323 mm^2 (0.5 in^2) ni mayor a 645 mm^2 (1.0 in^2). El transductor debe ser redondo o cuadrado.
- Los transductores de haz angular pueden estar compuestos de dos partes (transductor y zapata) o de una unidad integral.
- La frecuencia del transductor debe estar entre 2 y hasta 2.5 MHZ.
- El cristal del transductor debe ser cuadrado o rectangular en su forma y puede variar de 16 a 25 mm de ancho y de 16 a 21 mm de altura. La máxima relación ancho altura debe ser 1.2 a 1.0 y la mínima relación de 1.0 a 1.0.
- Las dimensiones del transductor deben ser tal que la distancia del borde de apoyo al punto de salida no exceda de 25 mm (l .0").

❖ **Bloques de referencia**.

- Para la calibración en distancia y sensibilidad se utilizará el block IIW. Otros blocks equivalentes al IIW pueden ser utilizados como referencia para el nivel de sensibilidad del instrumento/transductor.
- El uso de una esquina como reflector para fines de calibración está prohibido
- La combinación instrumento/transductor debe tener una resolución de tres barrenos en el block de resolución RC. La resolución se evaluará con los controles del instrumento colocados en posición normal de prueba y llevando las indicaciones de los barrenos al 50% ATP (altura total de la pantalla). La resolución debe ser lo suficiente para distinguir al menos los picos de las tres indicaciones

❖ **Calibración para prueba**

El bloque patrón, ilustrado en la Figura 22 del Instituto Internacional de Soldadura (IIW por sus siglas en inglés) será usado para la calibración de la distancia y sensibilidad



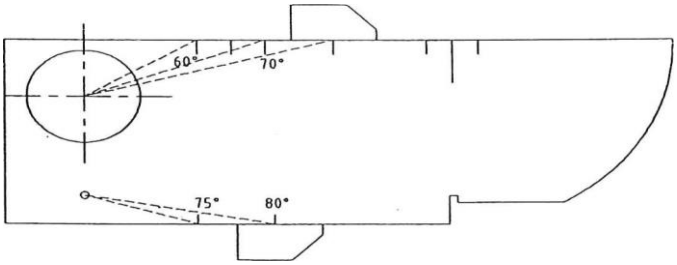


Figura. 22 Patrón IIW de referencia, control de los ángulos de incidencia

- Todas las calibraciones y pruebas deben ser realizadas con el control de rechazo apagado.
- La calibración para sensibilidad y barrido horizontal debe ser realizada por el operador de ultrasonido justo antes y en el lugar de la prueba de cada soldadura.
- Una recalibración será necesaria después de un cambio de operador, cada 30 minutos o cuando los circuitos eléctricos se vean afectados por cualquiera de lo siguiente:

    a) Cambio de transductor.
    b) Cambio de batería.
    c) Cambios en la salida eléctrica.
    d) Cambio de cable coaxial.
    e) Falla en la fuente de poder.

- La calibración para prueba con haz recto de metal base debe ser realizada con el transductor aplicado a la cara "A" del metal base y desarrollada como sigue:

    a) El barrido horizontal debe ser ajustado para una distancia de calibración de al menos dos espesores en la pantalla del equipo.
    b) La sensibilidad debe ser ajustada en un lugar libre de indicaciones y la primera reflexión de pared posterior debe estar del 50% de la ATP

- La calibración para prueba con haz angular se debe realizar como sigue:

El barrido horizontal debe ser ajustado para representar la distancia angular del sonido usando el block IIW o un block alternativo. La distancia de calibración debe ser usando una escala de 130 mm (5.0") o 255 mm (10.0") en la pantalla del equipo, aquel que sea más apropiado. Sin embargo, si por la configuración de la junta o el espesor a examinar el rango anterior evita una examinación completa, la distancia de calibración debe ser de 380 o 510 mm (15 o 20") según sea requerido.

❖ **Procedimiento de prueba**

- Una línea X para la localización de fallas debe ser marcada en la cara de prueba de la junta soldada y en dirección paralela a la axialidad de la soldadura. La

localización de la distancia perpendicular a la axialidad de la soldadura está basada en las dimensiones del dibujo y usualmente alineadas a la línea central de las soldaduras de tope y cayendo siempre en la cara cercana de los miembros conectados en "T" y juntas en esquina.

- Una junta "Y" va acompañada con el número de identificación de la soldadura debe ser claramente marcado en el metal base adyacente al cordón de soldadura que es aprobado. Estas marcas son usadas para el siguiente propósito:

    a) Identificación de la soldadura.
    b) Identificación de cara "A".
    c) Distancia medida y dirección (+ o -) de la línea "X"
    d) Medición de la localización del fin del cordón de soldadura o bordes.

- Todas las superficies de acoplamiento deben estar libres de salpicaduras de soldadura, polvo o lodo, aceite (excepto el que se utilice como acoplante), pintura y cascarilla, que interfieran con la prueba.
- El acoplante utilizado para la prueba debe ser glicerina o goma de celulosa con agua de una consistencia adecuada. Aceite ligero de maquinaria puede ser usado como acoplante en los blocks de calibración.
- El metal base a través del cual el ultrasonido va a viajar para aprobar la soldadura debe ser examinado para verificar posibles "laminaciones". Si cualquier área del metal base presenta una pérdida total de reflexión de pared posterior o una indicación igual o mayor a la altura de la reflexión de pared posterior original, esta debe ser dimensionada, localizada y medida su profundidad, y reportada en el informe de resultados. Otro procedimiento alternativo debe ser usado.
- El procedimiento utilizado para la evaluación del dimensionado del reflector será el de la caída de 6 db
- Si parte de una soldadura es inaccesible para prueba debido a indicaciones laminares, la prueba debe ser conducida usando uno o más de los siguientes procedimientos alternativos, aquellos que sean más convenientes:

    a) Esmerilar a la raíz del metal base el refuerzo.
    b) Realizar pruebas por ambos lados cara "A" y "B"
    c) Otros transductores angulares deben ser usados.

- Las soldaduras deben ser examinadas usando transductores angulares y con el ángulo indicado. La sensibilidad debe ser incrementada del nivel de referencia para el rastreo respectivamente, aquel que sea aplicable para la prueba.
- Todas las juntas soldadas a tope deben ser probadas de cada lado de la axialidad de la soldadura. Juntas soldadas en esquina o en "T", deben primeramente ser probadas de un lado de la axialidad de la soldadura únicamente. El rastreo debe ser el adecuado para detectar discontinuidades longitudinales y transversales.

- Cuando una indicación de discontinuidades aparece en la pantalla, la máxima indicación alcanzable de la discontinuidad debe ser ajustada para producir una reflexión de señal de nivel de referencia horizontal en la pantalla, y la lectura en db del instrumento debe ser registrada como "a" "nivel de indicación.
- El "factor de atenuación" "c", en el reporte de prueba es obtenido por la sustracción de 25 mm. (1.0") de la distancia angular y multiplicado el resto por 2. Este factor debe ser redondeado al valor en db más cercano. Valores fraccionarios menores a 0.5 db deben ser reducidos al nivel en db menor y aquellos iguales o mayores a 0.5 db. incrementando al nivel superior.
- La "clase de identificación" "d", en el reporte de ultrasonido está representado por la diferencia algebraica en decibeles entre el nivel de indicación y el nivel de referencia con el factor de atenuación y queda expresado como sigue:

$$a - b - c = d$$

- La longitud de las fallas debe ser determinada por la técnica de caída de 6 db, esto no aplica para indicaciones de la clase "d".
- Cada discontinuidad de la soldadura debe ser aceptada o rechazada con base en la clase de indicación y su longitud, para estructuras con cargas estáticas o para estructuras sometidas a cargas dinámicas. Únicamente aquellas discontinuidades que son rechazables necesitan ser registradas, excepto que por documento contractual se designen soldadura como "fractura crítica", incluyendo aquellas que estén arriba de 6 db. menos críticas que las rechazables, serán registradas
- Cada discontinuidad rechazable debe ser indicada en la soldadura por marcado directo en ésta y en toda su longitud. La profundidad de la indicación y su clase debe ser anotada en la parte más cercana del metal base.
- La evaluación de área de soldadura reparada y reexaminada debe ser tabulada en una nueva línea en el formato de reporte. Si el reporte original es usado, una letra RI, R2,....Rn deben anexarse al número de indicación. Si un reporte adicional es usado, la letra será anexada al número de reporte.

❖ **Registro de resultados**

- El reporte de resultados (anexo) debe ser llenado en su totalidad, además de incluir un croquis o diagrama de inspección, haciendo referencia (si aplica) al dibujo (s) de la estructura.

Tabla14. Matriz para el reporte de resultados para el método UT. **Fuente**: Autores

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA ECUADOR	**INFORME INSPECCIÓN ULTRASONIDO**	**N°. Reporte:** **Fecha de inspección:** **Cliente:**

INFORMACIÓN GENERAL	
Empresa:	**Ubicación del proyecto:**
Tipo de proyecto:	**Normativas:**

INFORMACIÓN DE LA INSPECCIÓN
Descripción de la pieza:
Proceso de fabricación:
Tipo de material:
Espesor del material:
Estado del cordón de soladura:

EQUIPOS Y MATERIALES			
ULTRASONIDO			
Marca:	Modelo:	Rango de Frecuencia:	Fuente de poder:
TRANSDUCTOR			
Marca:	Modelo:	Angulo nominal:	Dimensiones:

PARÁMETROS DE LA INSPECCIÓN			
Campo:	Ganancia:	Velocidad de sonido:	Acoplante:

ESQUEMA DE LA JUNTA

CRITERIO DE ACEPTACIÓN Y RECHAZO

Para los criterios de aceptación y rechazo se establece la normativa AWS D1.1 tabla 6.2 de la normativa la cual se presente a continuación:

Clase de severidad de la discontinuidad	Espesor de la soldadura (*) en mm y ángulo del palpador										
	≥ 8 ≤ 19	> 20 ≤ 38	> 38 ≤ 65			> 65 ≤ 100			>100 ≤ 200		
	70°	70°	70°	60°	45°	70°	60°	45°	70°	60°	45°
Clase A	+5 y menor	+2 y menor	-2 y menor	+1 y menor	+3 y menor	-5 y menor	-2 y menor	0 y menor	-7 y menor	-4 y menor	-1 y menor
Clase B	+6	+3	-1 0	+2 +3	+4 +5	-4 -3	-1 0	+1 +2	-6 -5	-3 -2	0 +1
Clase C	+7	+4	+1 +2	+4 +5	+6 +7	-2 a +2	+1 +2	+3 +4	-4 a +2	-1 a +2	+2 +3
Clase D	+8 y mayor	+5 y mayor	+3 y mayor	+6 y mayor	+8 y mayor	+3 y mayor	+3 y mayor	+5 y mayor	+3 y mayor	+3 y mayor	+4 y mayor

Notas:

1. Las discontinuidades de Clase ***B*** deben estar separadas al menos por ***2L***, siendo ***L*** el largo de la mayor discontinuidad, excepto que cuando dos o más de tales discontinuidades no están separadas por al menos ***2L***, pero el largo combinado de las discontinuidades y su separación es igual o menor que el largo máximo admisible bajo las disposiciones de las Clases ***B*** o ***C***, la discontinuidad debe considerarse como una única discontinuidad aceptable.
2. Las discontinuidades de Clase ***B*** y ***C*** no deben comenzar a una distancia menor que ***2L*** desde los finales de las soldaduras que soportan esfuerzos de tracción principales, siendo ***L*** el largo de la discontinuidad.
3. Las discontinuidades detectadas en el área de la cara de la raíz en una soldadura con ***JPC*** con bisel doble, deben ser evaluadas usando una clasificación de la indicación ***4 dB*** más sensible, que la descripta en 6.6.11.13, cuando tales soldaduras son indicadas como "soldadura bajo tracción" en los planos (restar ***4 dB*** para el nivel de referencia "***b***")
4. Soldaduras por electro escoria o electrogas: en las discontinuidades que exceden los ***51 mm*** se debe sospechar que son porosidad vermicular y deberá ser examinada adicionalmente mediante radiografía.
5. Para indicaciones que se mantienen en el monitor, cuando el palpador se mueve, referirse a 6.3.8.1.

(*) El espesor de la soldadura se debe definir como el espesor nominal del elemento estructural de menor espesor a ser unido.

Clase A **(discontinuidades grandes)**
Cualquier indicación en esta categoría debe ser rechazada (sin tener en cuenta el largo)

Clase B **(discontinuidades medias)**
Cualquier indicación en esta categoría que tenga un largo mayor que 20 mm debe ser rechazada

Clase C **(discontinuidades pequeñas)**
Cualquier indicación en esta categoría que tenga un largo mayor que 50 mm debe ser rechazada

Clase D **(discontinuidades menores)**
Cualquier indicación en esta categoría debe ser aceptada sin tener en cuenta el largo o ubicación en la soldadura.

Niveles de barrido o exploración

Trayectoria (**) en mm	Referencia por encima de cero, *dB*
≤ 65	14
> 65 ≤125	19
>125 ≤ 250	29
>250 ≤380	39

(**) Esta columna se refiere a la distancia recorrida por el haz, NO al espesor del material.

NIVEL DE DAÑO (decibeles dB)

Clase A **Clase B** **Clase C** **Clase D**

EVALUACIÓN DE DISCONTINUIDAD

Tipos de discontinuidades P: **porosidad** FP: **Falta de Penetración** FF: **Falta de Fusión**

Tipo	Longitud (mm)	Profundidad (mm)	X (mm)	Y (mm)	Evaluación (aceptada o rechazada)	Observación

REPORTE FOTOGRÁFICO

Elaborado por:	**Aprobado por:**
Nivel:	**Nivel:**
Firma:	**Firma:**

1.6 Resultados del control de calidad de la estructura soldada

Se aplicó la propuesta de procedimiento para el Control de Calidad en la Soldadura de la Estructura Metálica del Terminal de Transporte Terrestre del Cantón Gualaceo de la Provincia del Azuay, para verificar el cumplimiento de cada uno de los lineamientos en las normativas, como son:

Paso 1. Verificación de los planos constructivos de la estructura metálica: Los planos entregados cumplieron con los requisitos exigidos en las normativas aplicadas, verificando los siguientes puntos:

- Distribución Terminal Terrestre de Gualaceo.

El Terminal de Transporte Terrestre del Cantón Gualaceo está distribuido por pórticos

- Tipo de perfiles

Los tipos de perfiles utilizados en la construcción de la estructura son: perfiles en I, perfiles en H, y caja conformada, tubos, correas.

A continuación en la Tabla 15 se presenta la distribución y medidas de perfiles utilizadas en cada pórtico.

Tabla 15. Distribución y mediadas de perfiles. **Fuente:** Autores

Pórticos	Tipo de perfil	Medias (longitud y ancho mm)	Patín (espesor mm)	Alma o espesor (mm)
Pórtico 1, 2, 3	Perfil en HEB	- 300X300	- 19	- 11
	Perfil en IPE	- 100x200	- 9	- 6
		- 120x240	- 10	- 6
		- 135x270	- 10	- 7
	Caja conformada	- 300x300	-	- 18
	Tubo	- 100x150	-	- 3
Estructura pórtico 1 eje H	Perfil en HEB	- 260X260	- 18	- 10
		- 300x300	- 19	- 11
	Perfil en IPE	- 100x200	- 9	- 6
		- 120x240	- 10	- 6
		- 135x270	- 10	- 7
	Tubo	- 100x150	-	- 3
Estructura pórtico 1 eje F	Perfil en HEB	- 300x400	- 25	- 15
		- 260x260	- 18	- 10
		- 300x300	- 19	- 11
	Perfil en IPE	- 100x200	- 9	- 6
		- 120x240	- 10	- 6
		- 135x270	- 10	- 7
	Tubo	- 100x150	-	- 3

Estructura pórtico 2 eje B	Perfil en HEB	-	300x400	-	25	-	15
		-	260x260	-	18	-	10
		-	300x300	-	19	-	11
	Perfil en IPE	-	100x200	-	9	-	6
		-	120x240	-	10	-	6
		-	135x270	-	10	-	7
	Perfil en HEB	-	300x400	-	25	-	15
		-	260x260	-	18	-	10
		-	300x300	-	19	-	11
Estructura pórtico ejes M, P	Perfil en HEB	-	260X260	-	18	-	10
		-	300x300	-	19	-	11
	Perfil en IPE	-	100x200	-	9	-	6
		-	120x240	-	10	-	6
		-	135x270	-	10	-	7
	Tubo	-	100x150	-		-	3
Estructura pórtico J, M	Perfil en HEB	-	300x400	-	24	-	15
		-	220x210	-	11	-	7
		-	300x300	-	19	-	11
	Perfil en IPE	-	200x500	-	9	-	10
		-	180x300	-	10	-	7
		-	135x270	-	10	-	7
	Tubo	-	100x150	-		-	3
Estructura pórtico H,J	Perfil en HEB	-	260X260	-	18	-	10
		-	300x300	-	19	-	11
	Perfil en IPE	-	100x200	-	9	-	6
		-	120x240	-	10	-	6
		-	135x270	-	10	-	7
	Tubo	-	100x150	-		-	3

Paso 2. Verificación de las características técnicas del material empleado para la construcción de la estructura metálica: Para la construcción del Terminal de Transporte Terrestre se utilizó el acero ASTM A572 G50 y el acero ASTM A36 en este punto se realizó la verificación de la certificación del material. En la Tabla 16 se presentan las propiedades mecánicas y la composición química de los materiales empleados en la construcción.

Tabla 16. Propiedades de los aceros empleados en la construcción de la estructura. **Fuente:** Autores

Acero ASTM A36																	
Propiedades mecánicas																	
$\boldsymbol{Fy}$ (MPa)					Fu (MPa)							% Elongación (2¨)					
293					422							38					
Composición química																	
Al	As	B	C	Ca	Cr	Cu	Mn	Mo	N	Nb	Ni	P	S	Si	Sn	Ti	V
0,049	0,00011	0,00002	0,14	0,00002	0,022	0,007	0,483	0	0,00026	0	0,004	0,013	0,007	0,012	0,002	0	0

Acero ASTM A572 G50													
Propiedades mecánicas													
Fy (MPa)						Fu (MPa)				% Elongación (8¨)			
406-392						516-496				29,7-28,5			
Propiedades químicas													
C	Mn	Si	P	S	V	Cr	Ni	Mo	Cu	Nb	Sn	Al	CEV
0,80	0,87	0,190	0,34	0,019	0,59	0,190	0,150	0,28	0,450	0,003	0,022	0,004	0,32

La certificación de calidad del material fue entregada por el proveedor, en la cual se indica: el tipo de material, composición química y propiedades mecánicas del material.

Paso 3. Verificación de la especificación del procedimiento de soldadura (WPS): El procedimiento de soladura utilizado para la construcción de la estructura metálica, fue el procedimiento FCAW, este procedimiento se utilizó para juntas en T, juntas en V, juntas en ½ V y junta a tope cumpliendo con lo establecido en la normativa para su correcto funcionamiento. Se realizó la siguiente verificación:

- Tipo de proceso

El proceso de soldadura utilizado fue el FCAW según las especificaciones, es un proceso semiautomático el cual utiliza gas activo 100% CO2,

- Diseño de la juntas

Se diseñaron 4 tipos de juntas para el mismo proceso FCAW. Cada tipo de junta presenta su característica como se presenta en la Tabla 17.

Tabla 17. Características del proceso FCAW y tipo de juntas. **Fuente:** Autores

Tipo de junta	Velocidad de avance (cm/min)	Angulo de bisel	Características eléctricas	Material de aporte
Junta a tope	15- 20	-	D.C, 90-220 A, 20-27 V	Especificación AWS A.5 20 Clasificación E70T-1 Diámetro 1.2 mm
Junta en T	27	-	D.C ,195 A ,26 V	
Junta en V	24	30°- 45°	D.C, 165-175 A , 24-25 V	
Junta en ½ V	27	40°-55°	D.C,195 A, 26 V	

Paso 4. Verificación del registro de calificación del personal de soldadura (WPQ): Para realizar las soldaduras de la estructura metálica se entregaron 7 certificados de soldadores para el proceso FCAW, esta certificación la otorga un inspector CWI, quien realizo la verificación de las habilidades y el conocimiento de los soldadores para dicho proceso.

Todo los soldadores fueron calificado bajo la misma variables a cada soldador se le asignó una estampa con el fin de asignar responsabilidades en los posibles defectos en el control de calidad posterior, las variables de calificación y las estampas de los soldadores se presentan en la Tabla 18.

Tabla 18. Variables de calificación y estampa de los soldadores. **Fuente:** Autores

Nombre del soldador	Estampa	Variables del proceso
Marcos Vinicio Auquilla Aucapiña	W2	- Proceso: FCAW - Tipo de proceso: Semiautomático - Tipo de Junta: junta a tope, junta a tope, traslape, T, esquina - Tipo de soldadura: ranura, ranura filete - Especificación del Material: GRUPO I - Espesor del material 10 mm Ranura: 3 mm a 20 mm - Filete: Espesor Ilimitado - Especificación del Material: AWS 5.20 - Pase de respaldo: Si - Tipo de Gas 100% C02 activo - Posición de la soldadura 3G - Tipo de Corriente DC - Polaridad EP
Juan Fernando Rivera Mejia	W3	
Rosendo Jose Perez Taday	W4	
Angel Alexis Sauce Simbaña	W8	
Victor Anibal Gonzalez Peñafiel	W9	
Edison Geovany Sauce Simbaña	W10	
Renato Vinicio Cruz Sandoval	W11	

Paso 5. Verificación del registro de calificación del personal END: Se entregó la calificación del personal de END, verificando la certificación actualizada de sus habilidades en el área de los END. En la Tabla 19 se presenta la certificación que dispone el técnico para desarrollar los END

Tabla 19. Certificación del técnico de END. **Fuente:** Autores

END	Nivel	De acuerdo a	Resultados de los exámenes	Fecha de certificación
Tintas penetrantes (PT)	II	SNT- TC-1A	General : 90% Específico: 80% Practico: 90 % Promedio 86,86 % Registro: AD-NDT-2719	Junio -2013
Ultrasonido industrial (UT)	II	SNT- TC-1A	General : 75% Específico: 80% Practico: 90 % Promedio 82 % Examen de visión: Aprobado	Abril- 2016

La aplicación de los END, se la realizo conjuntamente con los autores de este proyecto de titulación, en la aplicación se utilizaron los procedimientos de END para los métodos de inspección de VT, PT y UT, para los cuales los autores elaboraron una matriz de informe para cada tipo de ensayo, en la que están descritos a detalle cada uno de los resultados obtenidos para cada tipo de ensayo.

Los resultados obtenidos en el control de calidad de la estructura metálica del Terminal de Transporte Terrestre del Cantón Gualaceo de la Provincia del Azuay se detallan en los anexos del 1 al 5

1.7 Conclusiones

- El procedimientos planteado en este trabajo de titulación se estableció bajo la normativa ecuatoriana RTE INEN 040 y la normativa internacional AWS D1.1 2015 en la que se definieron los lineamientos para realizar el control de calidad en la estructura soldada del Terminal de Transporte Terrestre del Cantón Gualaceo provincia del Azuay, en el cual se consideraron los requisitos establecidos como: planos estructurales, procedimientos de soldadura, certificación del material estructural, calificación del personal de soldadura, calificación del personal de END.

- Se logró realizar la verificación de los planos estructurales en la que se encontró detallada la distribución clara de cada una de las partes que conforman la estructura metálica y la información completa con respecto a la especificación del metal base empleado, la ubicación, el tipo, el tamaño de todas las juntas soldadas.

- Se realizó la verificación de los certificados de calidad de los materiales empleados en la construcción de la estructura, verificando las propiedades mecánicas y composición química, el cual cumple con lo exigido en las normativas.

- Los procedimientos de soldadura WPS, empleados para la construcción de la estructura metálica, cumplieron con cada uno de los puntos exigidos en las normativas en lo que se constató los diseños de la junta, el material de aporte y la técnica empleada en el proceso.

- Los soldadores cumplieron con el registro de calificación (WPQ) en la que se detallan las habilidades del soldador para el proceso FCAW, las mismas que fueron aprobadas por un CWI, logrando así cumplir con las condiciones requeridas para llevar a cabo la construcción de la estructura metálica.

- Se verificó la certificación del personal de END, el mismo que cuenta con la certificación conforme a la práctica SNT-TC-1A de la ASNT, en nivel II para PT y UT, el cual cumplió con establecido en la normativa pudiendo de esta forma realizar END a la estructura soldada.

- Se realizaron tres tipos de END, los cuales fueron: inspección visual, tintas penetrantes y ultrasonido industrial, para los criterios de aceptación y rechazo se aplicó la normativa AWS D1.1 2015. Y para la selección, mediante muestreo de los elementos soldados se aplicó el apéndice K, el cual nos indica cómo realizar la selección de los elementos a ensayar mediante porcentajes. En los END mediante el método de inspección visual tanto en la fabricación como en el montaje no se encontraron discontinuidades en las juntas soldadas que sobrepasen los límites para

ser considerada rechazada, en los END con tintas penetrantes no se encontraron discontinuidades en las juntas soldadas que sobrepasen los límites para ser considerado rechazada, en los END con ultrasonido industrial se encontraron discontinuidades que si sobrepasaron los límites permitidos por la normativa, se tuvieron que reparar algunas junas las cuales se aprobaron luego de la reparación.

- La Estructura Soldada del Terminal de Transporte Terrestre del Cantón Gualaceo cumplió con cada uno de los lineamientos propuesto para el control de calidad.

1.8 Recomendaciones

- Realizar capacitaciones a los estudiantes de Ingeniería Mecánica para la utilización de las técnicas de END, para que puedan desarrollar más proyectos en el área de soldaduras de estructuras

- Es recomendable realizar un análisis de las propiedades mecánicas del material base empleado. La aplicación de un ensayo destructivo o el estudio de las propiedades del material nos permitirán determinar si el material entregado por el proveedor cumple con las características técnicas establecidas.

- Verificar la preparación de las juntas previo a realizar los cordones de soladura. Para ello se debe constatar el tipo de junta empleado, la posición de soldadura, el biselado de los materiales, etc. estos procesos ayudaran a una correcta ejecución del cordón de soldadura.

- Para un proyecto similar se recomienda verificar si existen actualizaciones en las normativas, con esto garantizamos confiabilidad en los trabajos por si existe nueva información.

Referencias bibliográficas

[1] Y. A Perea Rentería,"Sistemas constructivos y estructurales aplicados al desarrollo habitacional" trabajo de grado como requisito para optar al título de especialista en gerencia de la construcción, Universidad de Medellín, Medellín 2012

[2] H.S. Bueno Carrasco, "Presentación del manual para procesos de soldadura en estructuras de acero A-36 aplicadas a edificios, Escuela Politécnica Del Ejercito, 2010

[3] M. Duarte, S. Dueñas, D. Zorrilla, V. Bravo, R. Peñaherrera, N. Bermúdez Arboleda Ministerio De Desarrollo Urbano Y Vivienda, "Estructuras De Acero", Norma Ecuatoriana De La Construcción, Código NEC-SE-AC, Quito Ecuador, 2015

[4] L. Barros, M. Peñafiel " Análisis comparativo económico estructural entre un sistema aporticado, un sistema aporticado con muros estructurales y un sistema de paredes portantes, en un edificio de 10 pisos" Escuela Politécnica Nacional, Quito enero 2015

[5] J. X. Nieto Cardenas "Diseño de una vivienda de dos plantas con soluciones prefabricadas" tesis previa a la obtención del grado de magister en construcciones, Universidad de Cuenca, Cuenca junio 2014

[6] J.P Zambrano Songora "Análisis comparativo económico de una vivienda de estructura de acero y una de estructura convencional" previa a la obtención del grado académico de magíster en gestión de la construcción, Universidad Técnica de Machala, Machala febrero 2017

[7] NEC, Encuesta de Edificaciones, Permisos de Construcción, 2015.

[8] C.M. Villacrés Guevara, "Implementación de un sistema de inspección para control de calidad de soldadura en estructura metálica con el uso de ensayos no destructivos para la empresa Inendec", proyecto previo a la obtención del título de ingeniero mecánico, Sangolquí, 2009

[9] F. J Zacarias Ortiz "Cálculo del espesor mínimo requerido en equipos sujetos a presión en una planta de cracking catalítico fluidizado (Fcc-1)", tesis, Universidad Nacional Autónoma De México Facultad De Estudios Superiores Zaragoza, México 2013

[10] M. F. Córdova Reyes "Estudio comparativo del sistema constructivo en hormigón y acero, en un edificio", tesis previa a la obtención del título de arquitecto Universidad de Cuenca. Cuenca 2014

[11]. M. E. Flores Parada "Propuesta de un laboratorio de ensayos no destructivos para la Escuela de Ingeniería Mecánica" Universidad De El Salvador Facultad De Ingeniería Y Arquitectura Escuela De Ingeniería Mecánica, , julio de 2010

[12] Instituto Ecuatoriano De Normalización "Soldadura De Estructuras De Acero" Reglamento Técnico Ecuatoriano Rte Inen 040:2009, Quito – Ecuador

[13] ANSI/AWS D1.1. 2015 "Código para Soldadura Estructural -Acero" edición 23 Documento original aprobado por el Instituto Nacional Estadounidense de Normalización 28 de julio de 2015

[14] C. A. Bermúdez Mejía Ingeniero Civil Especialista En Estructuras," Curso básico de estructuras metálicas", Universidad Nacional De Colombia Sede Manizales 1/9/2005

[15] C.E. Flores " Soldadura al arco eléctrico SMAW-GMAW", Universidad Rafael Landívar-Facultad de Ingeniería, [en línea] 2002, [fecha de consulta 5 junio 2018] Disponible <http://www.fsalazar.bizland.com/LANDIVAR/INGPRIMERO/boletin08/URL_08_MEC01.pdf>

[16] J.G. Badillo Pucha "Desarrollo de un procedimiento de soldadura con proceso FCAW, mediante la aplicación del código AWS D1.1/2010 Y D1.5M/D1.5 en puentes estructurales y análisis de la microestructura post-soldadura" Escuela Superior Politécnica De Chimborazo, Riobamba 2014

[17] O. J. Araque de los Ríos,Caracterización de discontinuidades típicas en soldadura, utilizando la técnica de Ultrasonido Pulso Eco-Scan A. Scientia Et Technica [en linea] 2015, 20 (Diciembre): [Fecha de consulta: 1 de junio del 2018] Disponible en:<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=84946834004> ISSN 0122-1701

[18] R. Echevarria "Defectologia Laboratorio De Ensayos No Destructivos" Universidad Nacional Del Comahue Facultad De Ingenieria AÑO 2002

[19] É. García Salinas, "Elaboración del procedimiento basado en la normativa estándar internacional AWS D1.1 para la determinación de fallos en juntas soldadas usando radiografía industrial" tesis, Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca , Febrero 2018

[20] L. R Cazares Ortiz "Manual de ultrasonido industrial y líquidos penetrantes" tesis para obtener el título de ingeniero mecánico electricista, Universidad Nacional Autónoma de México, México 2005

[21] F.J Carrión Viramontes, M. G. Lomelí González, J. A. Quintana Rodríguez, M. Martínez Madrid,"La Evaluación No Destructiva De Materiales Estructurales Y Puentes", Secretaria De

Comunicaciones Y Transportes Instituto Mexicano Del Transporte, Publicación Técnica No. 231 Sanfandila, Qro, 2003

[22] C. F. Bernal Reinoso, "Estudio técnico e implementación del laboratorio de ensayos no destructivos (END) para el área de ciencia y tecnologías de la universidad politécnica salesiana sede cuenca", tesis, Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca Carrera De Ingeniería Mecánica , Agosto 2014

[23] L. P Barrera Suárez, M. Coronel Picón, "Desarrollo y procedimientos para la utilización de técnicas de ensayos no destructivos con ultrasonido para inspección de tuberías", Universidad Pontificia Bolivariana Facultad De Ingeniería Electrónica, Bucaramanga 2011

[24] Diario el Tiempo, "Terminal de Gualaceo con 42% de avance en su construcción", 3 de Octubre de 2018, Disponible en < https://www.eltiempo.com.ec/noticias/region/12/terminal-gualaceo-azuay>

[25] M. Trujillo, A López, "Especificaciones técnicas estructurales", Consultor Diseño Estructural.

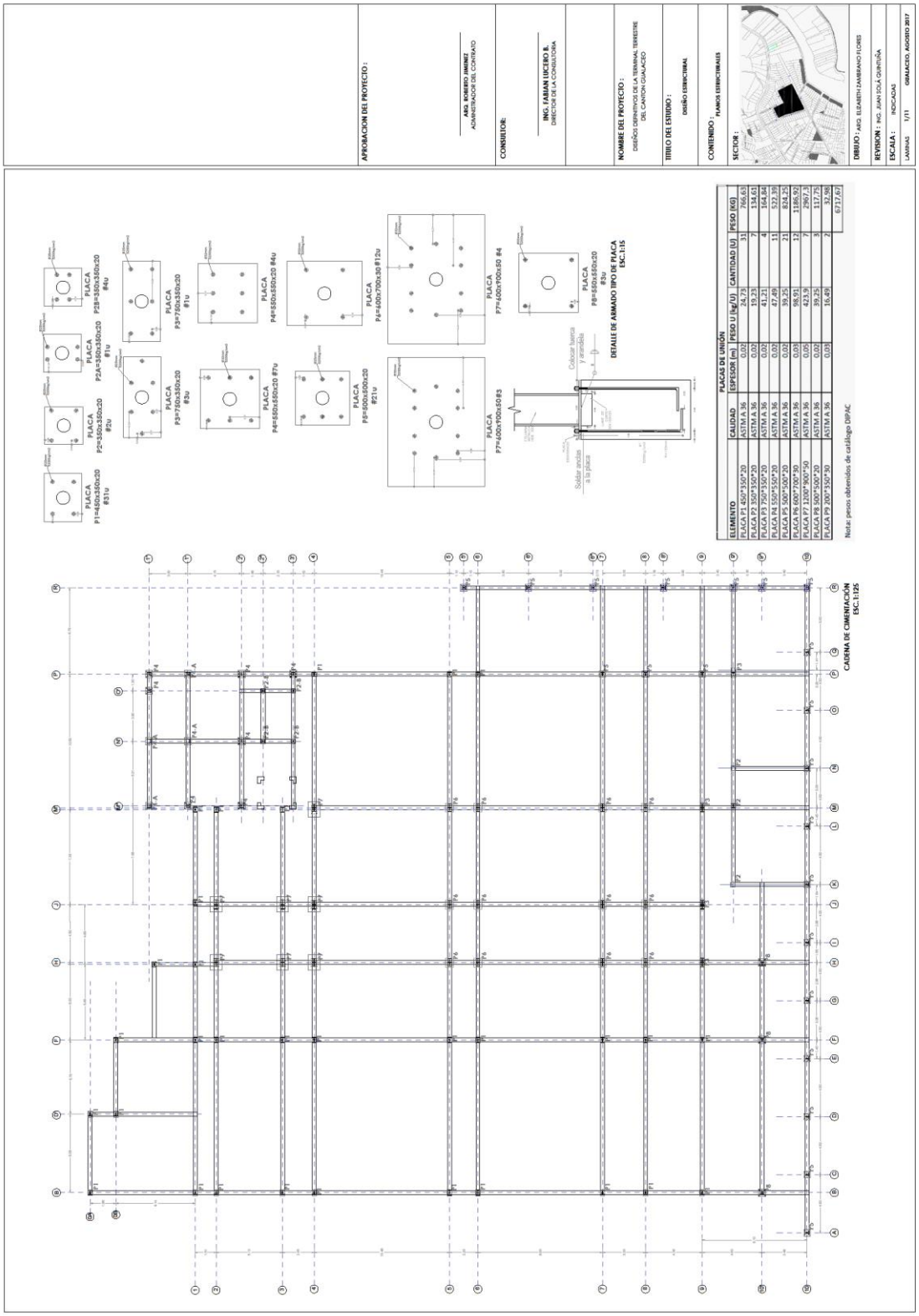
[26] D. A Barrera García, D. A Rojano Gámez "Elaboración de un procedimiento específico de soldadura(WPS) para la construcción de poliductos en tuberías de acero al carbono instalado bajo la técnica de perforación horizontal dirigida para la empresa MONTECZ S.A". Universidad Libre Facultad De Ingeniería Instituto De Postgrados Especialización En Soldadura Bogota, Julio 2015

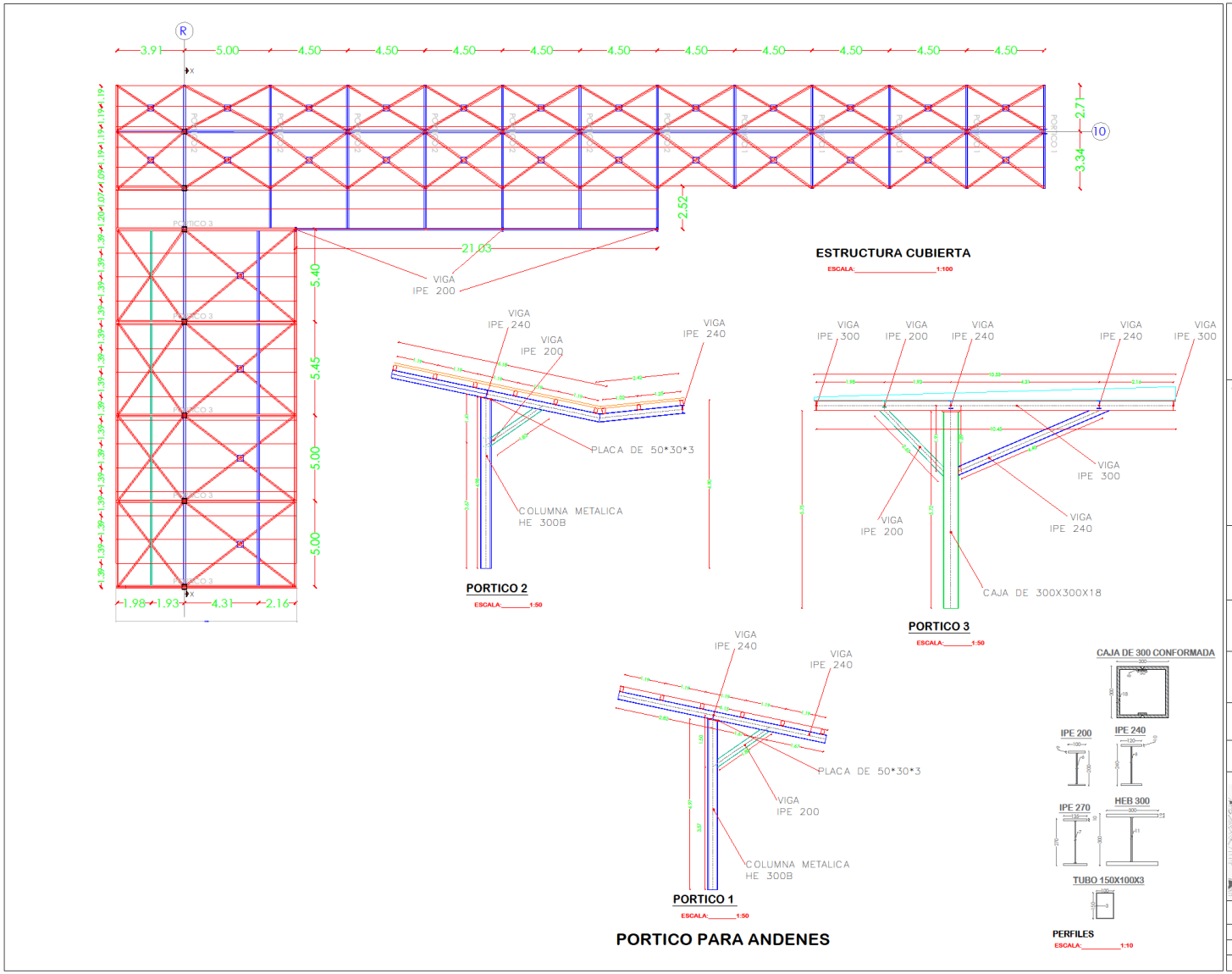
[27] L. F. Alcalá Ramírez, "Elaboración de una guía de control de calidad de soldaduras para la fabricación de puentes peatonales tipo I D U, basada en las especificaciones contractuales", monografía para optar a título de especialista en soldadura, Facultada de Ingenierías Especialización en Soldadura, Bogotá 2011

Anexos

Anexo 1

Planos estructurales del nuevo terminal de transporte terrestre del cantón Gualaceo.





APROBACION DEL PROYECTO :

ARQ. ROBERTO JIMENEZ
ADMINISTRADOR DEL CONTRATO

CONSULTOR:

ING. FABIAN LUCERO B.
DIRECTOR DE LA CONSULTORIA

NOMBRE DEL PROYECTO :
DISEÑOS DEFINITIVOS DE LA TERMINAL TERRESTRE DEL CANTON GUALACEO

TITULO DEL ESTUDIO :
DISEÑO ESTRUCTURAL

CONTENIDO :
PLANOS ESTRUCTURALES

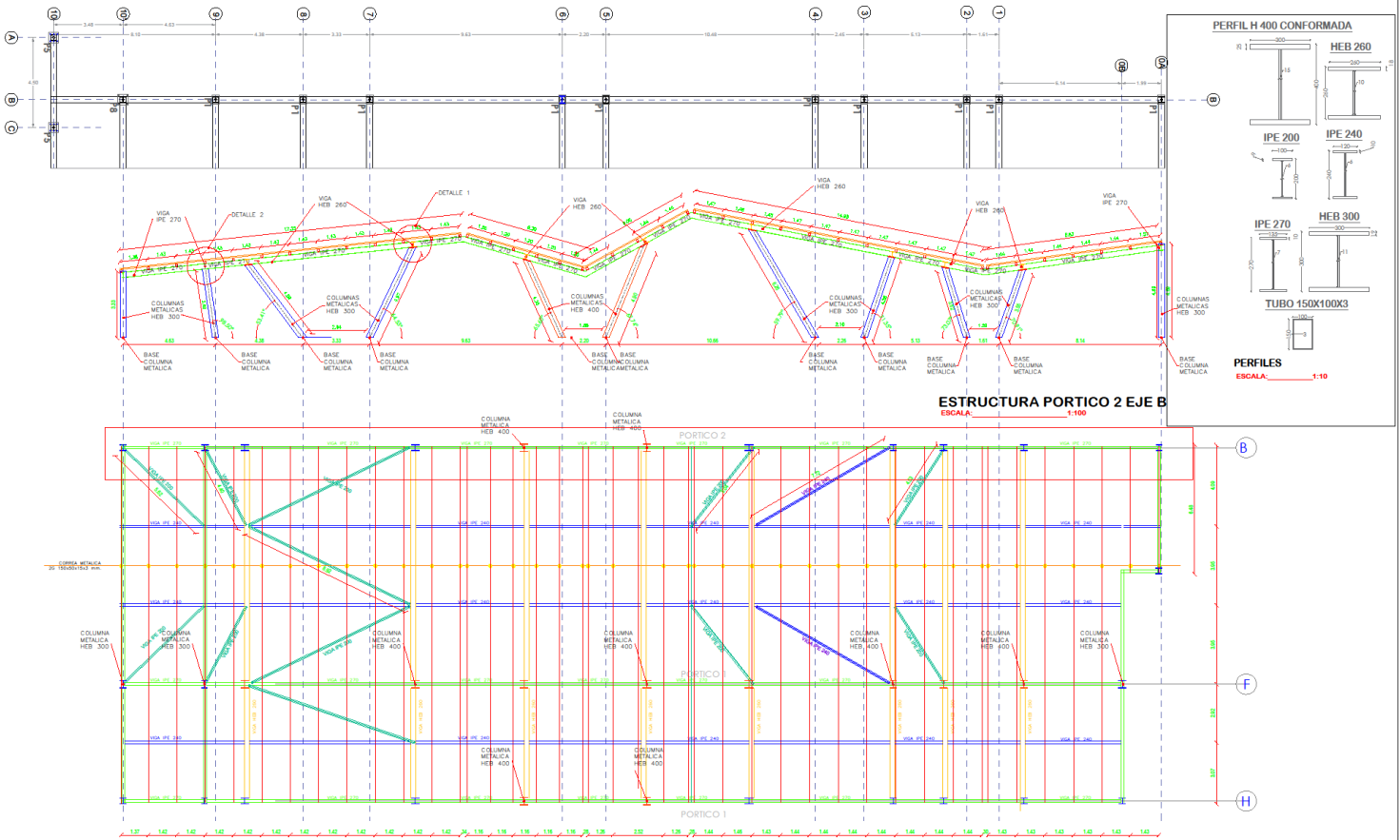
SECTOR :

DIBUJO : ARQ. ELIZABETH ZAMBRANO FLORES

REVISION : ING. JUAN SOLÁ QUINTUÑA

ESCALA : INDICADAS

LAMINAS 5/11 GUALACEO, AGOSTO 2017



APROBACION DEL PROYECTO :

ARQ. ROBERTO JIMENEZ
ADMINISTRADOR DEL CONTRATO

CONSULTOR:

ING. FABIAN LUCERO B.
DIRECTOR DE LA CONSULTORIA

NOMBRE DEL PROYECTO :

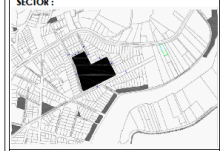
DISEÑOS DEFINITIVOS DE LA TERMINAL TERRESTRE DEL CANTON GUALACEO

TITULO DEL ESTUDIO :

DISEÑO ESTRUCTURAL

CONTENIDO : PLANOS ESTRUCTURALES

SECTOR :

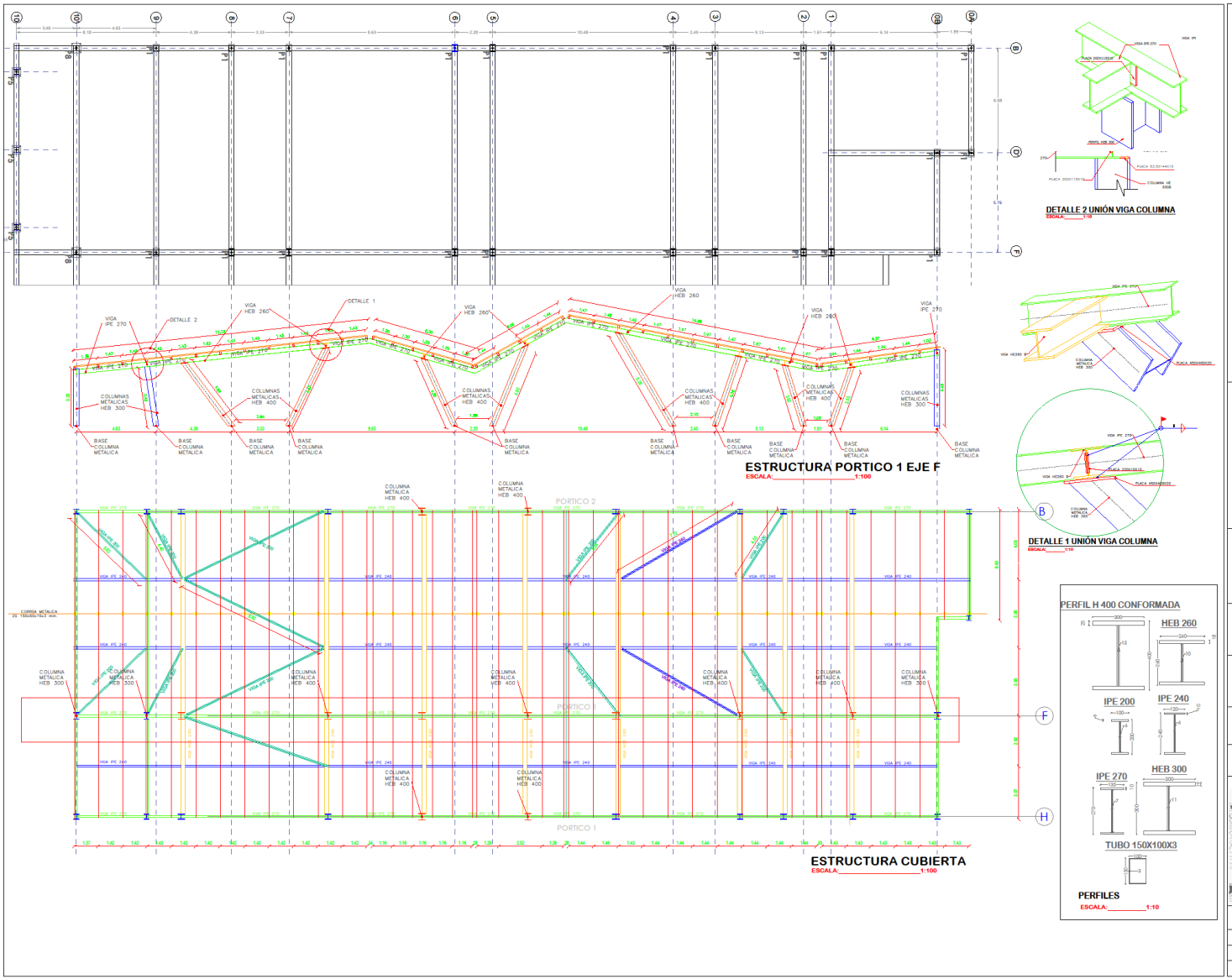


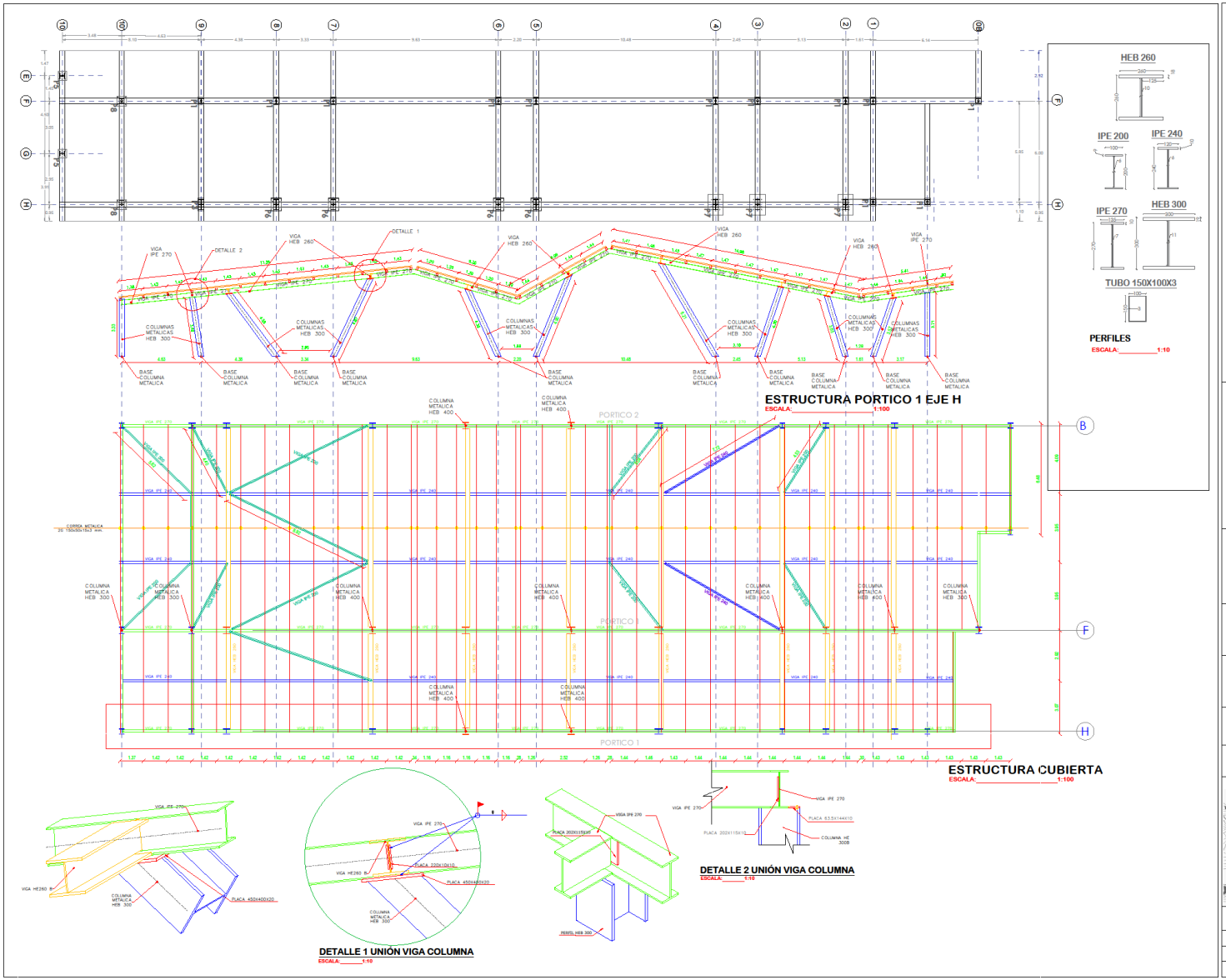
DIBUJO : ARQ. ELIZABETH ZAMBRANO FLORES

REVISION : ING. JUAN SOLÁ QUINTUÑA

ESCALA : INDICADAS

LAMINAS 6/11 GUALACEO, AGOSTO 2017


ESTRUCTURA PORTICO 1 EJE F
ESCALA: 1:100
ESTRUCTURA CUBIERTA
ESCALA: 1:100
DETALLE 2 UNIÓN VIGA COLUMNA
DETALLE 1 UNIÓN VIGA COLUMNA
PERFIL H 400 CONFORMADA
HEB 260
IPE 200
IPE 240
IPE 270
HEB 300
TUBO 150X100X3
PERFILES
ESCALA: 1:10
APROBACION DEL PROYECTO :
ARQ. ROBERTO JIMENEZ
ADMINISTRADOR DEL CONTRATO
CONSULTOR:
ING. FABIAN LUCERO B.
DIRECTOR DE LA CONSULTORIA
NOMBRE DEL PROYECTO :
DISEÑOS DEFINITIVOS DE LA TERMINAL TERRESTRE DEL CANTON GUALACEO
TITULO DEL ESTUDIO :
DISEÑO ESTRUCTURAL
CONTENIDO :
PLANOS ESTRUCTURALES
SECTOR :
DIBUJO : ARQ. ELIZABETH ZAMBRANO FLORES
REVISION : ING. JUAN SOLÁ QUINTUÑA
ESCALA : INDICADAS
LAMINAS 7/11
GUALACEO, AGOSTO 2017



APROBACION DEL PROYECTO :

ARQ. ROBERTO JIMENEZ
ADMINISTRADOR DEL CONTRATO

CONSULTOR:

ING. FABIAN LUCERO B.
DIRECTOR DE LA CONSULTORIA

NOMBRE DEL PROYECTO :

DISEÑOS DEFINITIVOS DE LA TERMINAL TERRESTRE DEL CANTON GUALACEO

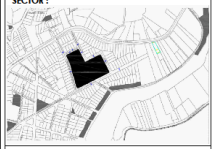
TITULO DEL ESTUDIO :

DISEÑO ESTRUCTURAL

CONTENIDO :

PLANOS ESTRUCTURALES

SECTOR :

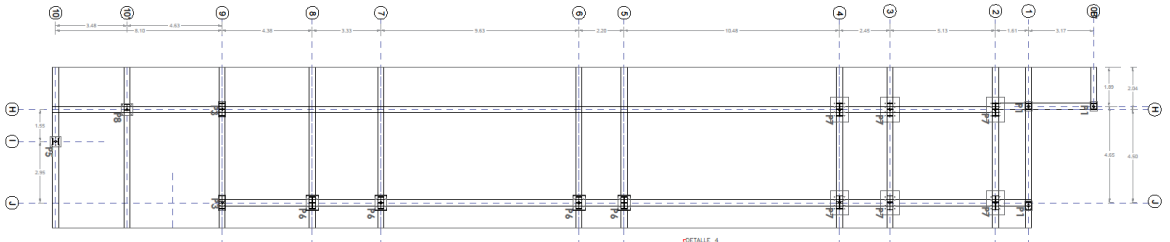


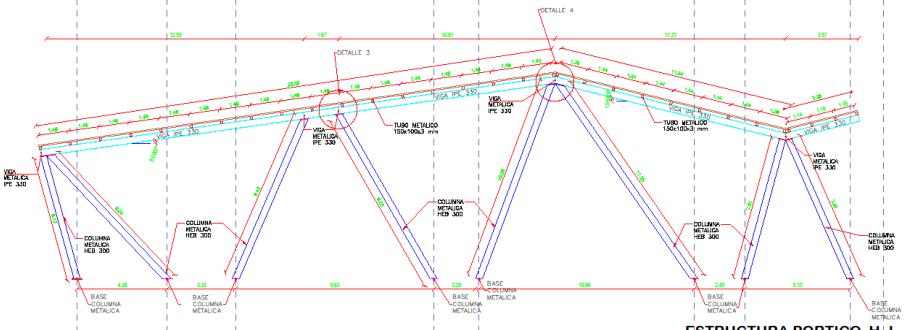
DIBUJO : ARQ. ELIZABETH ZAMBRANO FLORES

REVISION : ING. JUAN SOLÁ QUINTUÑA

ESCALA : INDICADAS

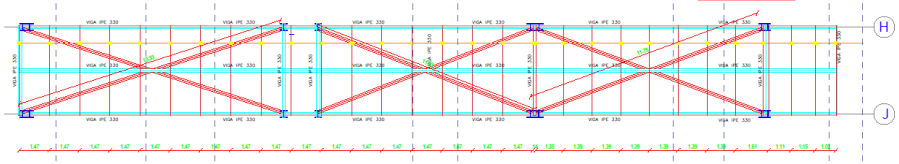
LAMINAS 8/11 GUALACEO, AGOSTO 2017





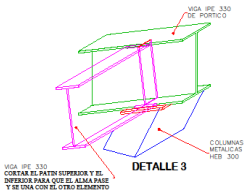
ESTRUCTURA PORTICO H,J

ESCALA: 1:100

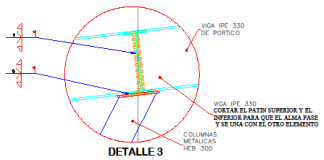


ESTRUCTURA CUBIERTA

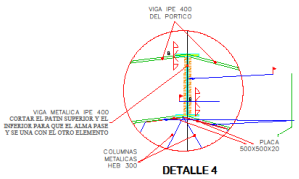
ESCALA: 1:100



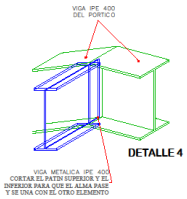
DETALLE 3



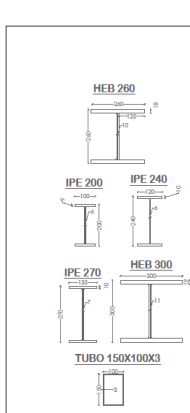
DETALLE 3



DETALLE 4



DETALLE 4



PERFILES

ESCALA: 1:10

APROBACION DEL PROYECTO :

ARQ. ROBERTO JIMENEZ
ADMINISTRADOR DEL CONTRATO

CONSULTOR:

ING. FABIAN LUCERO B.
DIRECTOR DE LA CONSULTORIA

NOMBRE DEL PROYECTO :

DISEÑOS DEFINITIVOS DE LA TERMINAL TERRESTRE DEL CANTON GUALACEO

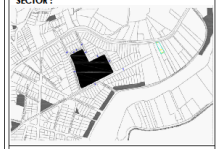
TITULO DEL ESTUDIO :

DISEÑO ESTRUCTURAL

CONTENIDO :

PLANOS ESTRUCTURALES

SECTOR :

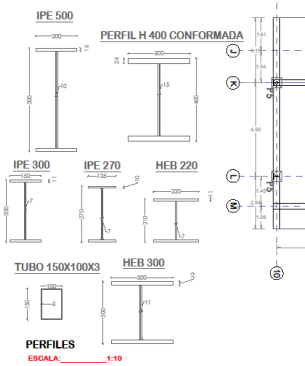


DIBUJO : ARQ. ELIZABETH ZAMBRANO FLORES

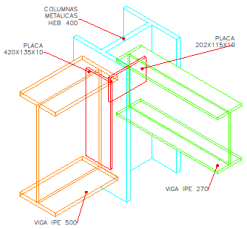
REVISION : ING. JUAN SOLÁ QUINTUÑA

ESCALA : INDICADAS

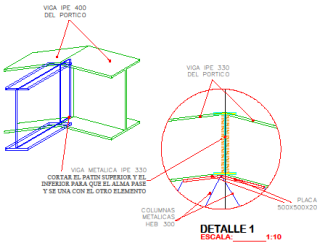
LAMINAS 9/11 GUALACEO, AGOSTO 2017



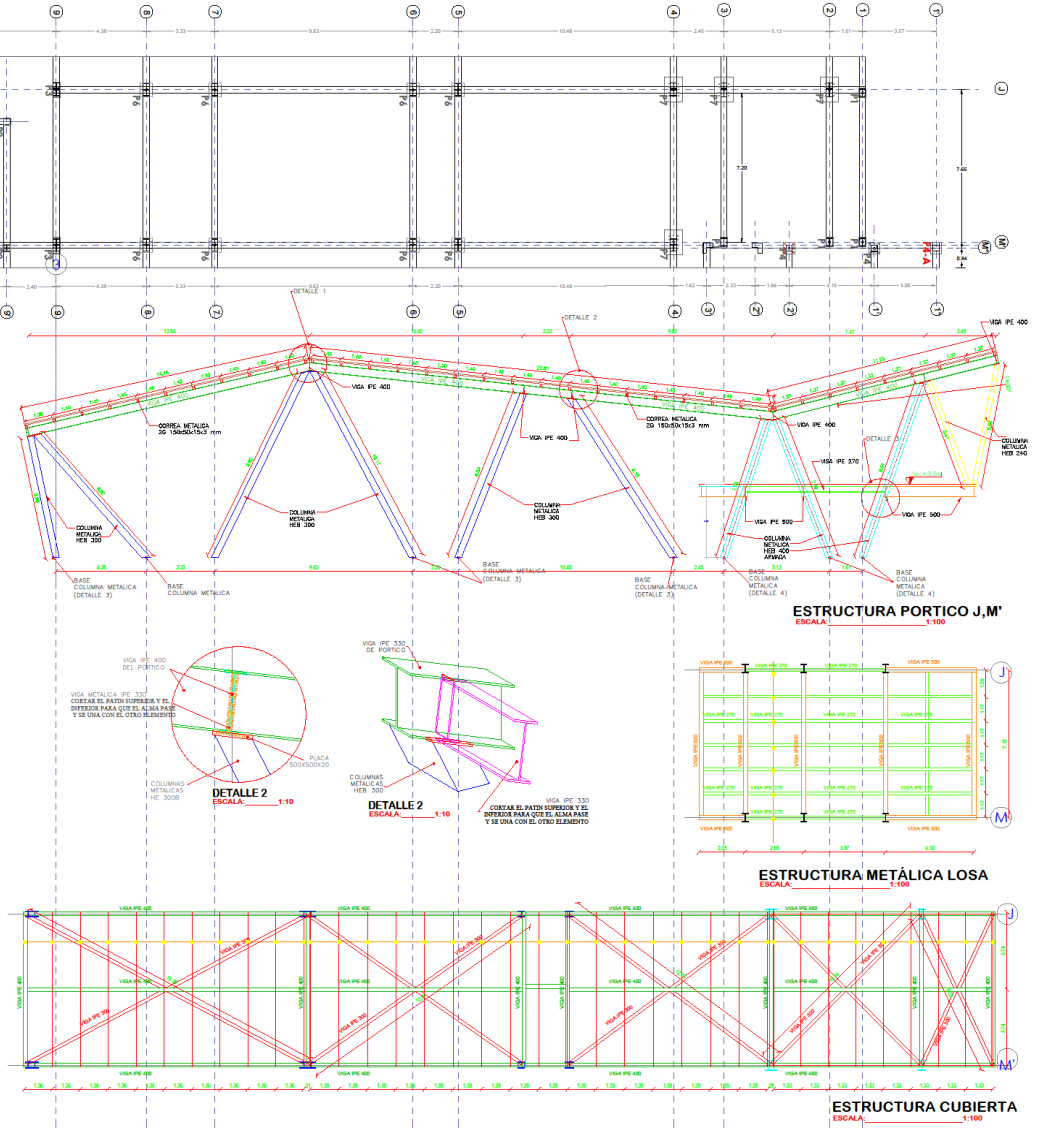
PERFILES
ESCALA: 1:10



DETALLE 3 UNIÓN VIGA COLUMNA
ESCALA: 1:10



DETALLE 1
ESCALA: 1:10



ESTRUCTURA PORTICO J,M'
ESCALA: 1:100

DETALLE 2
ESCALA: 1:10

DETALLE 2
ESCALA: 1:10

ESTRUCTURA METÁLICA LOSA
ESCALA: 1:100

ESTRUCTURA CUBIERTA
ESCALA: 1:100

APROBACION DEL PROYECTO :

ARQ. ROBERTO JIMENEZ
ADMINISTRADOR DEL CONTRATO

CONSULTOR:

ING. FABIAN LUCERO B.
DIRECTOR DE LA CONSULTORIA

NOMBRE DEL PROYECTO :

DISEÑOS DEFINITIVOS DE LA TERMINAL TERRESTRE DEL CANTON GUALACEO

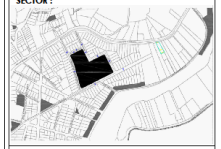
TITULO DEL ESTUDIO :

DISEÑO ESTRUCTURAL

CONTENIDO :

PLANOS ESTRUCTURALES

SECTOR :

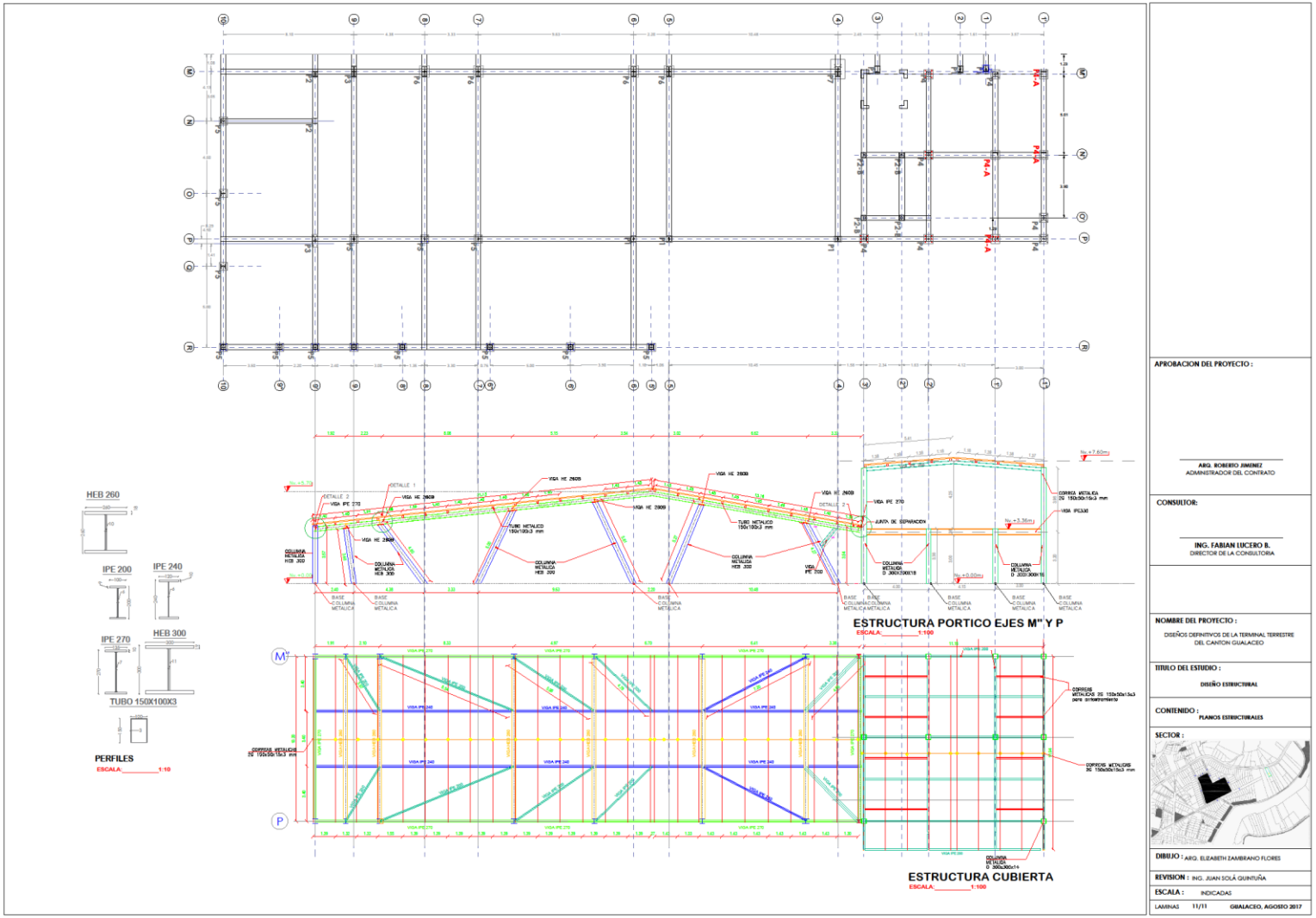


DIBUJO : ARQ. ELIZABETH ZAMBRANO FLORES

REVISION : ING. JUAN SOLÁ QUINTUÑA

ESCALA : INDICADAS

LAMINAS 10/11 GUALACEO, AGOSTO 2017


HEB 260
IPE 200
IPE 240
IPE 270
HEB 300
TUBO 150X100X3
PERFILES
ESCALA: 1:10
ESTRUCTURA PORTICO EJES M" Y P
ESCALA: 1:100
ESTRUCTURA CUBIERTA
ESCALA: 1:100
APROBACION DEL PROYECTO :
ARQ. ROBERTO JIMENEZ
ADMINISTRADOR DEL CONTRATO
CONSULTOR:
ING. FABIAN LUCERO B.
DIRECTOR DE LA CONSULTORIA
NOMBRE DEL PROYECTO :
DISEÑOS DEFINITIVOS DE LA TERMINAL TERRESTRE DEL CANTON GUALACEO
TITULO DEL ESTUDIO :
DISEÑO ESTRUCTURAL
CONTENIDO :
PLANOS ESTRUCTURALES
SECTOR :
DIBUJO : ARQ. ELIZABETH ZAMBRANO FLORES
REVISION : ING. JUAN SOLÁ QUINTUÑA
ESCALA : INDICADAS
LAMINAS 11/11
GUALACEO, AGOSTO 2017

Anexo 2

Especificaciones técnicas de los materiales utilizados en la construcción del nuevo terminal de transporte terrestre del cantón Gualaceo

IPAC

www.ipac-a cero.c
ipac@ ipac-a cero.

Cuenca, 2 de Mayo del 2018

Arq.

Patricio Aguirre

Su despacho

De mis consideraciones:

Estimado Arquitecto envío mediante este documento el detalle de los materiales para la obra que esta ejecutando en el cantón gualaceo y se trata del terminal terrestre, conforme a las guía de remisión que ud tiene a bien adjuntar a éste:

11/04/2018	HEB220X1200	1	642977
	HEB 240X1200	1	
	IPE 270X1200	6	
	IPE 330X1200	2	
	IPE 500X1200	4	
	PLANCHON 1500X6000X50MM	1	
11/04/2018	HEB 120X1200	1	642976
11-04-2018/	HEB 260X1200	14	642982
	IPE 240X1200	38	
	IPE 270X1200	35	
13/04/2018	HEB 300X1200	15	643239
	IPE 330X1200	12	
24/04/2018	PC 1500x2500x30	1	76375
06/04/2018	Oxicorte 50mm	1	109263

Dando un total de 103807.03kg. Indico además que están pendientes por entregar 2 planchones de 2500x12000x20mm que corresponden a 9420 kg; asi mismo se envía a producir pendiente de entrega 13381,46kg que corresponden a Canales de 300x160x18 y 29858.40kg que corresponde a Tubo Rectangular 150x100x3, dichos ítems se entregará la semana del 7 al 11 de mayo del 2018.

Adjunto adicional certificados de calidad de todos los materiales antes indicado para su respaldo y constancia.

Es todo en cuanto puedo informar .

Atentamente

Alicia Crespo G.
Ejecutiva de Ventas
I. C. S. A.

electrical conduit

ArcelorMittal Europe - Long Products

ARNOR Empresa Registrada

457 1

MILL TEST CERTIFICATE

OLA P-55282

DISCHARGE ADDRESS	CUSTOMER
IPAC S.A. KM. 10.5 VIA OAULF GUAYAQUIL ECUADOR	DUFERCO S.A VIA BAGUTTI, 9 LUGANO SUIZA

SHIPPED AND CERTIFIED BY	CREDIT NUMBER	PORT OF LOADING
ARCELORMITTAL OLABERRIA CARRETERA MADRID IRON KM 419 20212 OLABERRIA (Gipuzcoa) TELEF. (943) 80 50 00 FAX (943) 88 04 04		BILBAO, SPAIN
	PORT OF DISCHARGE	VESSEL
	GUAYAQUIL	YHORCO LANNER..

OUR REFERENCE	CONTRACT NUMBER	ORDER NUMBER	DATE
P1704510	E-59955/1700035238	EC. 17080	31/07/2017

PERFILES

SIZE	LENGTH	BUNDLES	PIECES BUNDLES	TOTAL PIECES	WEIGHT BUNDLES	TOTAL WEIGHT	HEAT
+//GREEN							
IPEA 240	12	12	16	192	5030	60.360	173968,173969
IPEA 240	12	1	4	4	1258	1.258	173968,173969
IPEA 270	12	12	14	168	5158	61.896	173869,173870,173871, 173872
IPEA 270	12	1	6	6	2210	2.210	173869,173870
IPE 400	12	30	5	160	3978	119.340	173276,173277,174161, 174162,174163
IPEA 400	12	29	5	145	3444	99.876	174163,174164
IPE 450	12	26	5	130	4656	121.056	171717,173176,173966, 173967,173968
IPE 500	12	6	4	24	4364	26.124	170476,170510
IPE 800	12	27	3	81	4392	118.584	174253,174254,174255
HEB 140	12	19	12	228	4863	92.297	173762,173763,173764, 173765
HEB 180	12	24	6	144	3586	88.464	174368,174369,174370, 174371
HEA 200	12	20	9	180	4568	91.360	173837,173838,173839
HEA 200	12	1	7	7	3553	3.553	173837,173838
HEB 220	12	17	6	102	5146	87.516	173640,173641
HEA 240	12	21	6	126	4342	91.182	173645,173646,173647, 174222,174229
HEA 260	12	18	6	108	4910	88.380	171972,174092,174093, 174094
HEB 260	12	20	4	80	4464	89.280	174090,174091,174092
HEA 300	12	34	4	86	4238	101.712	174366,174367,174368, 174369,174370

TOTAL BUNDLES 308 TOTAL WEIGHT 1.344.358 Kg.

4571

ArcelorMittal Europe - Long Products

MILL TEST CERTIFICATE

OLA P-55282

COLADA HEAT	COMPOSICION QUIMICA (%) CHEMICAL COMPOSITION (%)													
	C	Mn	Si	P	S	V	Cr	Ni	Mo	Cu	Nb	Sn	Al	CEV
170476	073	950	200	019	021	056	100	160	023	330	015	025	002	,30
170510	076	800	200	019	020	054	110	150	032	350	003	024	003	,31
171717	065	900	170	018	019	053	120	140	030	370	003	030	002	,29
171972	069	900	210	023	023	053	230	230	046	370	003	026	004	,31
173176	075	830	170	016	021	055	143	150	028	420	003	020	003	,32
173276	090	990	210	023	016	055	162	130	026	290	003	021	003	,31
173277	073	940	160	029	023	053	180	120	027	370	003	026	002	,31
173640	067	980	160	016	021	057	130	160	025	370	005	029	002	,31
173641	070	880	160	019	022	054	170	150	032	370	003	026	002	,30
173645	072	890	190	020	021	054	200	170	031	370	005	027	003	,31
173646	085	890	210	020	025	053	180	140	030	320	003	020	003	,32
173647	056	900	180	018	016	054	130	140	032	300	003	024	002	,28
173762	093	910	190	018	021	056	180	130	030	320	005	025	004	,30
173763	072	900	160	019	025	058	190	140	044	370	006	024	002	,31
173764	071	870	190	016	020	065	170	160	045	130	005	026	004	,31
173765	072	930	180	018	024	057	170	130	038	190	011	022	002	,31
173837	055	910	200	027	020	054	230	200	036	380	005	027	003	,32
173838	055	890	210	020	020	054	200	160	038	320	003	027	003	,29
173839	072	870	180	020	021	053	160	220	047	350	003	020	002	,31
173869	053	880	180	019	021	053	150	160	029	350	003	025	002	,28
173870	065	900	180	019	021	051	160	150	037	310	003	027	002	,30
173871	090	960	170	020	019	063	140	150	033	340	001	025	001	,33
173872	070	870	210	018	020	052	140	150	040	370	003	025	003	,30
173966	085	920	180	027	019	054	240	200	041	400	004	028	003	,35
173967	076	920	180	028	017	054	280	190	040	390	005	025	003	,34
173968	060	890	200	025	026	056	220	180	036	400	003	026	003	,31
173969	096	930	200	030	020	055	230	170	031	420	003	024	003	,35
174090	088	930	190	025	018	058	160	190	037	380	003	029	004	,33
174091	077	920	200	026	020	057	180	140	047	380	003	025	004	,32
174092	077	910	210	031	022	056	110	160	047	350	003	022	003	,31
174093	084	880	190	036	020	054	130	150	044	430	003	022	002	,30
174094	088	900	210	029	020	056	150	170	040	420	003	027	002	,31
174161	084	890	210	025	023	065	180	150	038	340	003	024	004	,32
174162	054	950	200	017	024	058	150	170	041	330	007	023	003	,28
174163	060	890	180	017	021	055	130	160	042	350	004	023	004	,29
174164	066	860	190	020	024	055	140	130	036	370	007	022	002	,28
174222	060	910	180	021	020	054	120	130	029	420	003	023	002	,29
174229	073	890	180	023	017	052	160	130	028	400	003	020	002	,31
174253	076	910	180	019	018	054	130	130	025	390	005	021	002	,32
174254	056	970	210	024	022	055	160	130	021	380	007	025	004	,30
174256	057	950	230	024	024	054	180	120	025	400	003	021	003	,30
174366	080	900	200	017	021	056	200	360	350	370	003	021	003	,33
174367	060	930	170	016	022	054	180	170	042	250	003	016	001	,30
174368	065	910	210	015	021	054	150	130	034	210	003	015	004	,28
174369	060	880	210	012	020	054	140	170	019	230	003	015	003	,28
174370	093	920	190	014	022	055	170	170	040	320	005	017	002	,33
174371	088	920	200	013	020	054	230	170	041	400	003	018	003	,34

4571

AENOR

MILL TEST CERTIFICATE

OLA P-55282

MATERIAL SIZE	COLADA HEAT	PROPIEDADES MECANICAS MECHANICAL PROPERTIES					
		ReH MPa		Rm MPa		A% Lo=5"	
HEA-300	173837	421	415	527	519	28.5	27.9
HEA-300	173838	411	401	504	492	31.2	30.4
HEA-200	173839	416	418	520	523	27.9	28.5
HEA-240	173845	402	414	498	516	30.8	31.1
HEA-240	173846	399	391	494	488	30.6	30.1
HEA-240	173847	430	435	532	533	31.4	30.4
HEA-240	174228	402	402	487	507	35.2	35.2
HEA-240	174229	406	404	505	491	32.1	31.5
HEA-260	171972	417	423	510	514	33.1	33.3
HEA-260	174002	413	405	511	503	28.5	27.5
HEA-260	174003	426	416	528	518	29.5	28.8
HEA-260	174004	421	409	525	504	28.5	27.6
HEA-300	174366	409	400	505	527	29.1	29.8
HEA-300	174367	398	397	504	498	30.6	30.
HEA-300	174368	374	360	479	475	30.8	30.1
HEA-300	174369	380	388	490	491	33.2	32.8
HEA-300	174369	380	388	480	481	33.2	32.8
HEA-300	174370	397	386	493	490	31.3	30.9
HEA-300	174370	397	386	493	490	31.3	30.9
HEB-140	173762	426	414	531	521	27.7	26.9
HEB-140	173763	427	415	535	523	26.9	26.3
HEB-140	173764	519	399	521	519	26.6	25.9
HEB-140	173765	398	390	507	435	30.7	30.4
HEB-180	174368	382	364	480	482	32.1	31.6
HEB-180	174369	385	381	493	476	28.1	27.1
HEB-180	174369	385	381	493	476	28.1	27.1
HEB-180	174370	407	401	512	500	33.4	32.8
HEB-180	174370	407	401	512	500	33.4	32.8
HEB-180	174371	404	400	509	504	33.1	32.7
HEB-220	173840	388	396	490	478	28.3	28.1
HEB-220	173841	416	415	541	531	27.3	27.2
HEB-260	174090	405	403	518	522	28.3	27.9
HEB-260	174091	413	403	524	518	29.6	29.2
HEB-260	174092	410	408	529	513	30.5	30.2
IPE-400	173276	401	413	520	530	28.2	29.
IPE-400	173277	396	396	511	505	27.9	27.3
IPE-400	174161	426	412	551	533	29.6	29.2
IPE-400	174162	397	389	504	495	28.6	28.3
IPE-400	174163	407	401	498	496	32.8	31.7
IPE-400	174163	407	401	498	496	32.8	31.7
IPE-450	171717	400	412	511	513	29.8	30.5
IPE-450	173176	390	402	502	512	27.4	28.2
IPE-450	173966	402	408	513	518	31.6	32.7
IPE-450	173967	407	421	518	536	32.2	32.2
IPE-450	173968	400	398	500	496	34.6	33.4
IPE 500	170476	410	412	504	518	32.1	33.1
IPE 500	170510	412	422	511	530	32.1	33.1
IPE 600	174264	398	406	499	501	31	31.4

4571

ArcelorMittal Europe – Long Products

AENOR
Empresa Registrada

MILL TEST CERTIFICATE

OLAP-55282

MATERIAL SIZE	COLADA HEAT	PROPIEDADES MECANICAS MECHANICAL PROPERTIES					
		ReH N/mm²		Rm N/mm²		A% Lo=8"	
IPE-600	174254	413	407	516	514	31,2	31,2
IPE-600	174255	395	388	499	489	31,5	30,9
IPEA-240	173968	421	413	525	503	31,7	30,5
IPEA-240	173969	411	405	511	501	34,9	34,7
IPEA-270	173883	407	399	505	503	28,8	28,2
IPEA-270	173870	398	384	498	486	27,5	26,9
IPEA-270	173871	399	393	508	486	28,9	27,8
IPEA-270	173872	425	408	515	503	29,4	29,4
IPEA-400	174163	413	403	513	506	28,9	28,4
IPEA-400	174163	413	403	513	506	28,9	28,4
IPEA-400	174184	408	395	508	498	31,8	31,1

47 análisis

Responsable del Departamento de Calidad

ArcelorMittal Gipuzkoa, S.L.U.
ArcelorMittal Europe – Long Products
CARRETERA MADRID - IRUN, Km. 419
20212 OLABERRIA (Guipuzcoa)
TELEF. (943) 80 50 00 - FAX (943) 86 04 04

AENOR ER Empresa Registrada ER-0036/1992

ArcelorMittal 4459

MILL TEST CERTIFICATE

OLA P-54459

DISCHARGE ADDRESS	CUSTOMER
IPAC S.A. KM. 10.5 VIA DAULE GUAYAQUIL ECUADOR	DUFERCO S.A. VIA BAGUTTI, 9 LUGANO SUIZA

SHIPPED AND CERTIFIED BY	CREDIT NUMBER	PORT OF LOADING
ARCELORMITTAL OLABERRIA CARRETERA MADRID - IRUN KM 419 20212 OLABERRIA (Guipuzcoa) TELEF. (943) 80 50 00 FAX (943) 86 04 04		BILBAO, SPAIN
	PORT OF DISCHARGE	VESSEL
	GUAYAQUIL	WAF MOTION.

OUR REFERENCE	CONTRACT NUMBER	ORDER NUMBER	DATE
P1704510	E-58979/1700024733	DUFERCO	30/05/2017

PERFILES

SIZE	LENGTH	BUNDLES	PIECES BUNDLES	TOTAL PIECES	WEIGHT BUNDLES	TOTAL WEIGHT	HEAT
+//GREEN							
UPN 240	12	13	12	156	4781	62.153	170256
IPE 240	12	49	14	686	5158	252.742	169611,169612,172549, 172559,172561,172562, 172563
IPE 270	12	38	12	456	5198	197.524	171626,171627,171629, 172847,172848,172849, 172850,172851,172852
IPE 300	12	71	10	710	5064	359.544	170071,172750,172751, 172752,172753,172754, 172755,172756,172757, 172758,172759
IPE 330	12	55	8	440	4714	259.270	172548,172581,172582, 172583,172584,172585, 172586,172587
HEB 200	12	68	6	408	4414	300.152	172809,172810,172811, 172812,172813,172814
HEB 240	12	50	4	200	3994	199.700	172661,172662,172663, 172664,172665
HEB 300	12	53	4	212	5616	297.648	172637,172638,172639, 172640,172641,172642
IPEA 300	12	46	10	460	4380	201.480	172174,172175,172176, 172177,172178,172179, 172180,172181,172182
IPEA 300	12	1	3	3	1314	1.314	172174

TOTAL BUNDLES 444 TOTAL WEIGHT 2.131.527 Kg.

EN 10204/3.1 ASTM A572 G50/A6

ArcelorMittal Gipuzkoa, S.L.U

ArcelorMittal Europe – Long Products

[illegible]

Copy

AENOR ER Empresa Registrada ER-0082/1992

ArcelorMittal

MILL TEST CERTIFICATE

OLA P-54459

COLADA HEAT	COMPOSICION QUIMICA (%) CHEMICAL COMPOSITION (%)																	
	C	Mn	Si	P	S	V	Cr	Ni	Mo	Cu	Nb	Sn	Al	CEV				
172758	,080	,870	,190	,034	,019	,059	,190	,150	,028	,450	,003	,022	,004	,32				
172759	,070	,880	,180	,030	,019	,054	,160	,150	,027	,400	,003	,021	,005	,30				
172809	,067	,880	,180	,022	,018	,054	,180	,160	,025	,390	,003	,021	,004	,30				
172810	,085	,910	,210	,022	,019	,057	,160	,190	,032	,410	,003	,021	,004	,33				
172811	,101	,870	,190	,020	,020	,057	,150	,210	,049	,380	,003	,022	,004	,34				
172812	,088	,880	,200	,019	,019	,055	,180	,170	,037	,330	,003	,021	,005	,32				
172813	,064	,870	,190	,019	,022	,058	,180	,160	,030	,370	,003	,028	,004	,30				
172814	,068	,930	,200	,021	,028	,060	,160	,160	,032	,380	,003	,028	,004	,31				
172847	,090	,930	,200	,021	,018	,054	,210	,160	,031	,380	,003	,021	,004	,34				
172848	,066	,950	,170	,027	,019	,057	,240	,180	,036	,370	,003	,023	,004	,33				
172849	,062	,930	,210	,021	,019	,059	,210	,190	,040	,380	,003	,021	,004	,32				
172850	,060	,890	,190	,020	,020	,058	,210	,140	,037	,410	,003	,025	,003	,31				
172851	,058	,900	,190	,021	,020	,056	,200	,140	,032	,390	,003	,028	,002	,30				
172852	,056	,950	,170	,019	,021	,054	,190	,160	,043	,400	,003	,024	,002	,31				

MATERIAL SIZE	COLADA HEAT	PROPIEDADES MECANICAS MECHANICAL PROPERTIES					
		ReH MPa		Rm MPa		A% Lo=5.65√So	
HEB-200	172809	406	392	516	496	29,7	28,5
HEB-200	172810	445	433	562	548	29,4	28,7
HEB-200	172811	422	413	537	524	30,2	29,7
HEB-200	172812	401	394	520	511	30,1	29,3
HEB-200	172813	404	390	502	494	29,6	28,8
HEB-200	172814	406	396	514	509	28,	27,6
HEB-240	172661	408	412	517	537	27,9	28,1
HEB-240	172662	427	407	522	536	30,6	30,1
HEB-240	172663	417	411	526	516	28,4	28,4
HEB-240	172664	401	394	509	502	28,9	28,
HEB-240	172665	418	414	527	503	30,3	29,6
HEB-300	172637	387	371	488	484	31,9	31,1
HEB-300	172638	375	363	489	471	31,9	31,1
HEB-300	172639	407	398	512	508	32,	31,
HEB-300	172640	400	385	503	489	31,4	30,7
HEB-300	172641	395	385	495	485	31,3	30,9
HEB-300	172642	389	378	496	486	29,9	29,8
IPE-240	169611	428	425	543	542	30,4	29,6
IPE-240	169612	433	441	553	557	28,4	29,2
IPE-240	172549	409	395	524	512	31,7	31,2
IPE-240	172559	420	410	536	531	29,1	28,5
IPE-240	172561	393	385	509	494	31,6	31,4
IPE-240	172562	393	381	501	484	29,6	28,6
IPE-240	172563	427	416	536	515	28,4	28,
IPE-270	171626	395	407	506	510	28,6	28,6
IPE-270	171627	412	424	519	527	28,6	28,9
IPE-270	171629	408	398	506	496	33,	32,5
IPE-270	172847	420	429	537	543	27,4	28,2
IPE-270	172848	402	392	513	509	33,6	32,5
IPE-270	172849	417	405	512	506	25,3	24,5

FERROTORRE S.A

CERTIFICADO DE CALIDAD FT-000000443

CLIENTE BACUILIMA ZEAS IVAN FERNANDO **O. COMPRA** VIA EMAIL GR.104289

DIRECCIÓN AZUAY / PAUTE / VIA BULAN E INTEROCEANICA S/N 05,01,ECU **FACTURA** 15071

FECHA 03/04/2018 **GUIA REMISIÓN**

Código: GOP-FOR-025 Versión: 05

Descripción del producto	UNIDAD	Kg	CALIDAD	NORMA	COLADA MP	PROPIEDADES MECANICAS			TOLERANCIAS DIMENSIONALES				
						% Elongación (2")	Esf. Fluencia Fy	Esf. Tracc Fr (Mpa)	Calidad del material	Espesor	Largo	Medida A	Medida B/C
TERN 4"X6000X4mm / A36"	25	1,446.5000	ASTM A36	INEN 2415	2197115	38	293	422	A36	+-0,4	+13 -6	+-0,76	

Descripción del producto		COMPOSICION QUIMICA %																	
		Al	As	B	C	Ca	Cr	Cu	Mn	Mo	N	Nb	Ni	P	S	Si	Sn	Ti	V
TERN 4"X6000X4mm / A36"	2197115	0,049	0,0011	0,0002	0,14	0,0002	0,022	0,007	0,483	0	0,0026	0	0,004	0,013	0,0070	0,012	0,002	0	0

Responsable de Calidad

Coordinador de Calidad

Dirección
OFICINA CENTRAL QUITO: AV. ELOY ALFARO 25 Y LEONARDO MURIALDO (ESQ)
TELF:. 2404101 - FAX:. (593) 2 - 2401537
PLANTA GUAYAQUIL: Km 14 VIA A DAULE S/N - TELF:. 099 727719 / 04 501 2057 / 04 501 2059
www.ferrotorre.com

Anexo 3

Especificación del procedimiento de soldadura (WPS) aplicado en la estructura del terminal del cantón Gualaceo.

ESPECIFICACION DEL PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA WPS

Pagina 1 de 1

WPS No. JNR-016

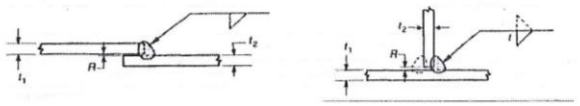
PROYECTO: CONSTRUCCIÓN ESTRUCTURA METÁLICA TERMINA DE GUALACEO

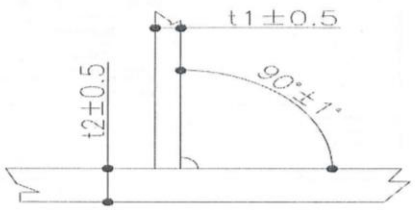
WPS No. JNR-016	Código aplicado	Revisión	Respaldado por	Fecha de emisión:	15/6/2018
	AWSD1.1-98	1998	PRECALIFICADO	Fecha de revisión:	

PROCESO DE SOLDADURA	TIPO:
FCAW	SEMI AUTOMÁTICO

UNIÓN SOLDADA

Diseño de la junta: Junta T, filete





Respaldo	NO
Material del respaldo	ASTM A572 Gr 50
Preparación del bisel	N/A

WELDING PROCESSES	THICKNESS, t_1 or t_2 (NOTE 2)	R = ROOT OPENING	POSITIONS
ALL	18 Ga. (MIN)	0 (MIN)	ALL
	7 Ga. (MAX)	$t_1/2$ (MAX) (SEE NOTE 1)	

MATERIAL BASE

			MATERIAL DE APORTE	
Especificación:	ASTM A572 Gr 50		Especificación AWS	A-5.20
Grupo	N/A		Clasificación AWS	E70T-1
			Diámetro (mm)	1,2
Rango de espesores	Ranura	Filete	Marca	n/a
	1,5 - 10 mm	1,5 - 10 mm	Modo de transferencia	SPRAY
			Gas de Protección	N/A
Rango de diámetros	N/A		Composición Gas	N/A
			Flujo	N/A

VARIABLES DEL PROCESO		**TÉCNICA**	
Posición de soldadura	3 F	Limpieza inicial	Cepillado/ alambre acero
Progresión del movimiento	Izquierda /derecha	Limpieza entre pases	N/A
Precalentamiento	N/A	Martilleo	No se permite
Tratamiento térmico	N/A	Separación de boquilla (stick out)	25mm
Corriente	DC -	Método	Cordón recto

TABLA DE PARÁMETROS DE SOLDADURA

NUMERC	PASE	PROCESO	AWS (Clase)	DIÁMETRO mm	Amp	V-A-A (cm/min)	VOLTAJE	Velocidad (cm/ min)
1	Presentación	FCAW	E70T1	1,2	90 - 220	700 - 900	16 - 22	15 - 20

Registro de Responsabilidad

El proceso de soldadura FCAW, con los diferentes tipos de juntas ha sido aplicado y probado en un variedad de aplicaciones, obteniéndose resultados satisfactorios, dentro de su aplicaciones especificas, y calificado. Los WPS's y juntas designada como precalificadas pueden ser usadas sin calificación conforme a los señalado en el número 2.2.2, no obstante el WPS no garantiza la calidad de la soldadura, por ello conjuntamente debe existir una efectiva supervisión de soldadura y END. Este WPS ha sido elaborado en base de las condiciones especificas para la ejecución del proyecto de construccion de la Terminal Terrestre de Gualaceo. Cualquier cambio de las variables registradas en este documento se considera una variable esencial, por lo que debe evaluarse su aplicación. Este documento registra información confidencial, por lo tanto su difusión y aplicación queda expresamente prohibida sin autorización expresa de Juanito Naspud R.

PREPARADO POR:	APROBADO POR: Asesor Mecánico FISCALIZACIÓN	CLIENTE: Arq. PATRICIO AGUIRRE B
Nombre: Ing. Juanito Naspud R. CIMA -A-020	Nombre:	Nombre: Arq. Patricio Aguirre B
FIRMA: CJNR/1	FIRMA	FIRMA
FECHA: 30/05/2018	FECHA:	FECHA:

PROSEND INGENIERIA EN SOLDADURA	**ESPECIFICACION DE PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA** WELDING PROCEDURE SPECIFICATION (WPSs)	FECHA: 14-09-2018

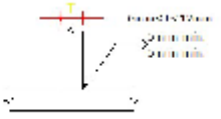
DATOS DE IDENTIFICACION

Empresa:	ESTRUCTURAS BP	WPS No.:	N/A
Norma de referencia:	AWS D1.1	PQR de soporte:	Precalificado
Elaborado:	Ing. Santiago Caguana	Revisión No.	0
Solicitado por:	Ing. Paúl Pintado	Identificación N°	WPSs-BP3
Proceso de soldadura	FCAW	**TIPO**	Semiautomático
Diseño de Junta		**Posición de la calificación**	
Tipo de Junta:	T	Posición en ranura:	Todas las posiciones
Soldadura a:	FILETE	Progresión:	HALANDO
Tamaño mínimo	5 mm	**Características Eléctricas**	
Angulo de bisel	N/A	Tipo de corriente:	DCEP
Abertura de raíz:	0	Amperios	195
Cara de la raíz (Talón):	0	Voltios	26
Metal Base		**Técnica de soldadura**	
GRUPO	II	Pase:	Multiple
Tipo o Grado	N/A	Tipo:	Recto/oscilado
Espesor:	12 mm Máximo	Velocidad de avance	27 cm/min
Geometría.	Placa	**Limpieza:**	
Metal de Aporte		Entre pases	Remoción de escoria
Especificación:	AWS 5.20	Método:	Amoladora / Grata
Clasificación:	E71T1	Martillado:	N/A
Diámetro:	1,2 mm	**Precalentamiento**	
Gas de protección		Temperatura	N/A
Tipo:	ACTIVO	precalentamiento	N/A
Composición:	100% CO_2	**Tratamiento térmico post soldadura**	
Flujo:	15 CFH	Rango de temperatura	N/A
Tamaño de boquilla:	19 mm	Periodo de tiempo	N/A

NOTAS

- Antes de soldar verificar la geometría de la junta.
- Antes de soldar verificar la alineación de las partes.
- Verificar parámetros eléctricos
- Antes de iniciar eliminar humedad de la junta

REGIMEN

Pasadas	Metal de aporte		Corriente		Voltaje	Proceso	Avance	Detalle de junta
N°	Clasif.	Diámetro	Polaridad	Amperios	Voltios	Manual	cm/min	
1-n	E71T1	1,2 mm	DC EP	195	26	FCAW	25	

	Elaborado y Calificado por:	Solicitado por:
Nombre:	Ing. Santiago Caguana Cordero	Ing. Paul Pintado
Cargo:	Inspector de soldadura AWS	GERENTE ESTRUCTURAS BP
Firma:		
Fecha:	SEPTIEMBRE, 2018	SEPTIEMBRE, 2018

PROSEND INGENIERIA EN SOLDADURA	**ESPECIFICACION DE PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA** WELDING PROCEDURE SPECIFICATION (WPSs)	FECHA: 14-09-2018

DATOS DE IDENTIFICACION

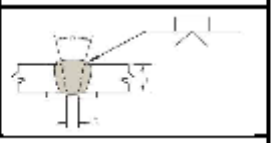
Empresa:	ESTRUCTURAS BP	WPS No.:	N/A
Norma de referencia:	AWS D1.1	PQR de soporte:	Precalificado
Elaborado:	Ing. Santiago Caguana	Revisión No.	0
Solicitado por:	Ing. Paúl Pintado	Identificación N°	WPSs-BP1
Proceso de soldadura	GMAW-FCAW	**TIPO**	Semiautomático

Diseño de Junta				**Posición de la calificación**	
Tipo de Junta:	Tope en "V"			Posición en ranura:	Todas las posiciones
Soldadura a:	Un lado X	Dos lados		Progresión:	HALANDO
Placa de Respaldo	no	si	X	**Características Eléctricas**	
Angulo de bisel	30°-45°			Tipo de corriente:	DCEP
Abertura de raíz:	5-10 mm			Amperios	165-175
Cara de la raíz (Talón):	0			Voltios	24-25
Metal Base				**Técnica de soldadura**	
GRUPO	II			Pase:	Multiple
Tipo o Grado	GRADO 50			Tipo:	Recto/oscilado
Espesor:	Ilimitado			Velocidad de avance	24 cm/min
Geometría.	Placa			**Limpieza:**	
Metal de Aporte				Entre pases	Remoción de escoria
Especificación:	AWS 5.18/AWS 5.20			Método:	Amoladora / Grata
Clasificación:	ER70S6/E71T1			Martillado:	N/A
Diámetro:	1,2 mm			**Precalentamiento**	
Gas de protección				Temperatura precalentamiento	N/A N/A
Tipo:	ACTIVO			**Tratamiento térmico post soldadura**	
Composición:	100% CO_2			Rango de temperatura	N/A
Flujo:	15 CFH			Periodo de tiempo	N/A
Tamaño de boquilla:	19 mm				

NOTAS

- Antes de soldar verificar la geometría de la junta.
- Antes de soldar verificar la alineación de las partes.
- Verificar parámetros eléctricos
- Antes de iniciar eliminar humedad de la junta
- Limpieza entre pases de soldadura
- Altura máxima de refuerzo 3 mm

REGIMEN

Pasadas	Metal de aporte		Corriente		Voltaje	Proceso	Avance	Detalle de junta
N°	Clasif.	Diámetro	Polaridad	Amperios	Voltios	Manual	cm/min	BU2GF
1	ER70S6	1,2 mm	DC EP	230	29	GMAW	23	
2-n	E71T1	1,2 mm	DC EP	230	27	FCAW	25	

	Elaborado y Calificado por:	Solicitado por:
Nombre:	Ing. Santiago Caguana Cordero	Ing. Paul Pintado
Cargo:	Inspector de soldadura AWS	GERENTE ESTRUCTURAS BP
Firma:		
Fecha:	SEPTIEMBRE, 2018	SEPTIEMBRE, 2018

PROSEND INGENIERIA EN SOLDADURA	**ESPECIFICACION DE PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA** WELDING PROCEDURE SPECIFICATION (WPSs)	FECHA: 14-09-2018

DATOS DE IDENTIFICACION

Empresa:	ESTRUCTURAS BP	WPS No.:	N/A
Norma de referencia:	AWS D1.1	PQR de soporte:	Precalificado
Elaborado:	Ing. Santiago Caguana	Revisión No.	0
Solicitado por:	Ing. Paúl Pintado	Identificación N°	WPSs-BP2
Proceso de soldadura	FCAW	**TIPO**	Semiautomático
Diseño de Junta		**Posición de la calificación**	
Tipo de Junta:	Tope en "1/2V"	Posición en ranura:	Todas las posiciones
Soldadura a:	Un lado Dos lados X	Progresión:	HALANDO
Pase de Respaldo	SI X NO	**Características Eléctricas**	
Angulo de bisel	40°-55°	Tipo de corriente:	DCEP
Abertura de raíz:	0-3 mm	Amperios	195
Cara de la raíz (Talón):	0-3 mm	Voltios	26
Metal Base		**Técnica de soldadura**	
GRUPO	II	Pase:	Multiple
Tipo o Grado	GRADO 50	Tipo:	Recto/oscilado
Espesor:	Ilimitado	Velocidad de avance	27 cm/min
Geometría.	Placa	**Limpieza:**	
Metal de Aporte		Entre pases	Remoción de escoria
Especificación:	AWS 5.20	Método:	Amoladora / Grata
Clasificación:	E71T1	Martillado:	N/A
Diámetro:	1,2 mm	**Precalentamiento**	
Gas de protección		Temperatura	N/A
Tipo:	ACTIVO	precalentamiento	N/A
Composición:	100% CO_2	**Tratamiento térmico post soldadura**	
Flujo:	15 CFH	Rango de temperatura	N/A
Tamaño de boquilla:	19 mm	Periodo de tiempo	N/A

NOTAS

- Antes de soldar verificar la geometría de la junta.
- Antes de soldar verificar la alineación de las partes.
- Verificar parámetros eléctricos
- Antes de iniciar eliminar humedad de la junta
- Limpieza entre pases de soldadura
- Repelado e raíz hasta encontrar metal sano antes de soldar el otro lado

REGIMEN

Pasadas	Metal de aporte		Corriente		Voltaje	Proceso	Avance	Detalle de junta
N°	Clasif.	Diámetro	Polaridad	Amperios	Voltios	Manual	cm/min	TC-U4b-GF
1-n	E71T1	1,2 mm	DC EP	195	26	FCAW	25	

	Elaborado y Calificado por:	Solicitado por:
Nombre:	Ing. Santiago Caguana Cordero	Ing. Paul Pintado
Cargo:	Inspector de soldadura AWS	GERENTE ESTRUCTURAS BP
Firma:		
Fecha:	SEPTIEMBRE, 2018	SEPTIEMBRE, 2018

Anexo 4

Registro de calificación del personal de soldadura

PROSEND Ingeniería en Soldadura	REGISTRO DE CALIFICACIÓN DE SOLDADOR (WPQ)	FECHA: AGOSTO-2018

Empresa: ESTRUCTURAS BP	Lugar: CUENCA-ECUADOR	ESTAMPA W2	
Nombre del soldador MARCOS VINICIO AUQUILLA AUCAPIÑA	Cédula N° 0104858584		
Código aplicable AWS D1.1	WPSs WPSs-PROSEND-21	Rev: 0	

El soldador mencionado esta calificado dentro de los siguientes rangos.

Variable:	Valor usado en la calificación:	Rango Calificado:
Proceso:	FCAW	FCAW
Tipo de proceso	SEMIAUTOMATICO	SEMIAUTOMATICO
Tipo de Junta	JUNTA A TOPE	JUNTA A TOPE, TRASLAPE,T,ESQUINA
Tipo de soldadura	RANURA	RANURA , FILETE
Especificación del Material	GRUPO I	GRUPO I
Espesor del material	10 mm	Ranura: 3 mm a 20 mm Filete: Espesor Ilimitado
Especificación del Material	AWS 5.20	AWS 5.20
Pase de respaldo	SI	CON PASE DE RESPALDO
Posición de la soldadura	3G	PLACA: CJP F,H;V / PJP F,H,V / Filete F,H,V TUBERIA: TOPE-RANURA CJP F,H;V / PJP F,H,V; T,Y,K RANURA PJP F,H,V / Filete F,H,V CAJA-TUBO: TOPE-RANURA CJP F,H;V / PJP F,H,V; T,Y,K RANURA PJP F,H,V / Filete F,H,V
Tipo de Gas	100% C02	Activo
Gas de Respaldo	N/A	N/A
Tipo de Corriente	DC	DC
Polaridad	EP	EP

Inspección Visual	Apariencia	Socavación	Porosidad	Discontinuidades
	BUENA	<1mm	<1mm	–

Probeta de soldadura	Dos probetas para doblado cara y raíz tabla 4.11		Resultado Ensayo Radiográfico	
W2	Doblado de cara	Doblado de raíz	Identificación de la película	N/A
APRUEBA	APRUEBA	APRUEBA	Informe N°	N/A
			Evaluado por:	N/A

Certificamos que los resultados aquí descritos son veraces, y que las probetas de prueba fueron preparadas soldadas y ensayadas conforme a los requisitos del código AWS D1.1

	Elaborado y Calificado por:	Solicitado por:
Nombre:	Ing. Santiago Caguana Cordero	Ing. Paul Pintado
Cargo:	Inspector de soldadura AWS	GERENTE ESTRUCTURAS BP
Firma:	Luis Santiago Caguana Cordero CWI 12043201 QC1 EXP. 4/1/2018	
Fecha:	AGOSTO, 2018	AGOSTO, 2018

PROSEND Ingeniería en Soldadura	REGISTRO DE CALIFICACIÓN DE SOLDADOR (WPQ)	FECHA: AGOSTO-2018

Empresa:	Lugar:	ESTAMPA	
ESTRUCTURAS BP	CUENCA-ECUADOR	W3	
Nombre del soldador	Cédula N°		
JUAN FERNANDO RIVERA MEJIA	0106203755		
Código aplicable AWS D1.1	WPSs WPSs-PROSEND-21		Rev: 0

El soldador mencionado esta calificado dentro de los siguientes rangos.

Variable:	Valor usado en la calificación:	Rango Calificado:
Proceso:	FCAW	FCAW
Tipo de proceso	SEMIAUTOMATICO	SEMIAUTOMATICO
Tipo de Junta	JUNTA A TOPE	JUNTA A TOPE, TRASLAPE,T,ESQUINA
Tipo de soldadura	RANURA	RANURA , FILETE
Especificación del Material	GRUPO I	GRUPO I
Espesor del material	10 mm	Ranura: 3 mm a 20 mm Filete: Espesor Ilimitado
Especificación del Material	AWS 5.20	AWS 5.20
Pase de respaldo	SI	CON PASE DE RESPALDO
Posición de la soldadura	3G	PLACA: CJP F,H,V; PJP F,H,V; Filete F,H,V TUBERIA: TOPE-RANURA CJP F,H,V PJP F,H,V; T,Y,K RANURA PJP F,H,V Filete F,H,V CAJA-TUBO: TOPE-RANURA CJP F,H,V PJP F,H,V; T,Y,K RANURA PJP F,H,V Filete F,H,V
Tipo de Gas	100% C02	Activo
Gas de Respaldo	N/A	N/A
Tipo de Corriente	DC	DC
Polaridad	EP	EP

Inspección Visual	Apariencia	Socavación	Porosidad	Discontinuidades
	REGULAR	<1mm	<1mm	–

Probeta de soldadura	Dos probetas para doblado cara y raíz tabla 4.11		Resultado Ensayo Radiográfico	
W3	Doblado de cara	Doblado de raíz	Identificación de la película	N/A
APRUEBA	APRUEBA	APRUEBA	Informe N°	N/A
			Evaluado por:	N/A

Certificamos que los resultados aquí descritos son veraces, y que las probetas de prueba fueron preparadas soldadas y ensayadas conforme a los requisitos del código AWS D1.1

	Elaborado y Calificado por:	Solicitado por:
Nombre:	Ing. Santiago Caguana Cordero	Ing. Paul Pintado
Cargo:	Inspector de soldadura AWS	GERENTE ESTRUCTURAS BP
Firma:	Luis Santiago Caguana Cordero CWI 1204320 QC1 EXP. 4/1/2018	
Fecha:	AGOSTO, 2018	AGOSTO, 2018

PROSEND Ingeniería en Soldadura	REGISTRO DE CALIFICACIÓN DE SOLDADOR (WPQ)	FECHA: AGOSTO-2018

Empresa: ESTRUCTURAS BP	Lugar: CUENCA-ECUADOR	ESTAMPA W4	
Nombre del soldador ROSENDO JOSE PEREZ TADAY	Cédula N° 0104858584		
Código aplicable AWS D1.1	WPSs WPSs-PROSEND-21		Rev: 0

El soldador mencionado esta calificado dentro de los siguientes rangos.

Variable:	Valor usado en la calificación:	Rango Calificado:
Proceso:	FCAW	FCAW
Tipo de proceso	SEMIAUTOMATICO	SEMIAUTOMATICO
Tipo de Junta	JUNTA A TOPE	JUNTA A TOPE, TRASLAPE,T,ESQUINA
Tipo de soldadura	RANURA	RANURA , FILETE
Especificación del Material	GRUPO I	GRUPO I
Espesor del material	10 mm	Ranura: 3 mm a 20 mm Filete: Espesor Ilimitado
Especificación del Material	AWS 5.20	AWS 5.20
Pase de respaldo	SI	CON PASE DE RESPALDO
Posición de la soldadura	3G	PLACA CJP F,H;V / PJP F,H,V / Filete F,H,V TUBERIA TOPE-RANURA: CJP F,H;V / PJP F,H,V T,Y,K RANURA: PJP F,H,V / Filete F,H,V CAJA-TUBO TOPE-RANURA: CJP F,H;V / PJP F,H,V T,Y,K RANURA: PJP F,H,V / Filete F,H,V
Tipo de Gas	100% C02	Activo
Gas de Respaldo	N/A	N/A
Tipo de Corriente	DC	DC
Polaridad	EP	EP

Inspección Visual	Apariencia	Socavación	Porosidad	Discontinuidades
	REGULAR	<1mm	<1mm	–

Probeta de soldadura	Dos probetas para doblado cara y raíz tabla 4.11		Resultado Ensayo Radiográfico	
W4	Doblado de cara	Doblado de raíz	Identificación de la película	N/A
APRUEBA	APRUEBA	APRUEBA	Informe N°	N/A
			Evaluado por:	N/A

Certificamos que los resultados aquí descritos son veraces, y que las probetas de prueba fueron preparadas soldadas y ensayadas conforme a los requisitos del código AWS D1.1

	Elaborado y Calificado por:	Solicitado por:
Nombre:	Ing. Santiago Caguana Cordero	Ing. Paul Pintado
Cargo:	Inspector de soldadura AWS	GERENTE ESTRUCTURAS BP
Firma:	Luis Santiago Caguana Cordero CWI 12043201 QC1 EXP. 4/1/2018	
Fecha:	AGOSTO, 2018	AGOSTO, 2018

PROSEND Ingeniería en Soldadura	REGISTRO DE CALIFICACIÓN DE SOLDADOR (WPQ)	FECHA: AGOSTO-2018

Empresa:	Lugar:	ESTAMPA	
ESTRUCTURAS BP	CUENCA-ECUADOR	W8	
Nombre del soldador	Cédula Nº		
ANGEL ALEXIS SAUCE SIMBAÑA	0107373243		
Código aplicable AWS D1.1	WPSs WPSs-PROSEND-21		Rev: 0

El soldador mencionado esta calificado dentro de los siguientes rangos.

Variable:	Valor usado en la calificación:	Rango Calificado:
Proceso:	FCAW	FCAW
Tipo de proceso	SEMIAUTOMATICO	SEMIAUTOMATICO
Tipo de Junta	JUNTA A TOPE	JUNTA A TOPE, TRASLAPE,T,ESQUINA
Tipo de soldadura	RANURA	RANURA , FILETE
Especificación del Material	GRUPO I	GRUPO I
Espesor del material	10 mm	Ranura: 3 mm a 20 mm Filete: Espesor Ilimitado
Especificación del Material	AWS 5.20	AWS 5.20
Pase de respaldo	SI	CON PASE DE RESPALDO
Posición de la soldadura	3G	PLACA: CJP F,H;V / PJP F,H,V / Filete F,H,V TUBERIA: TOPE-RANURA CJP F,H;V PJP F,H,V; T,Y,K RANURA PJP F,H,V Filete F,H,V CAJA-TUBO: TOPE-RANURA CJP F,H;V PJP F,H,V; T,Y,K RANURA PJP F,H,V Filete F,H,V
Tipo de Gas	100% C02	Activo
Gas de Respaldo	N/A	N/A
Tipo de Corriente	DC	DC
Polaridad	EP	EP

Inspección Visual	Apariencia	Socavación	Porosidad	Discontinuidades
	BUENA	<1mm	<1mm	–
Probeta de soldadura	Dos probetas para doblado cara y raíz tabla 4.11		Resultado Ensayo Radiográfico	
W8	Doblado de cara	Doblado de raíz	Identificación de la película	N/A
APRUEBA	APRUEBA	APRUEBA	Informe N°	N/A
			Evaluado por:	N/A

Certificamos que los resultados aquí descritos son veraces, y que las probetas de prueba fueron preparadas soldadas y ensayadas conforme a los requisitos del código AWS D1.1

	Elaborado y Calificado por:	Solicitado por:
Nombre:	Ing. Santiago Caguana Cordero	Ing. IVAN BACUILIMA
Cargo:	Inspector de soldadura AWS	GERENTE ESTRUCTURAS BP
Firma:	Luis Santiago Caguana Cordero CWI 12043201 QC1 EXP. 4/1/2018	
Fecha:	AGOSTO, 2018	AGOSTO, 2018

PROSEND Ingeniería en Soldadura	REGISTRO DE CALIFICACIÓN DE SOLDADOR (WPQ)	FECHA: AGOSTO-2018

Empresa:	Lugar:	ESTAMPA	
ESTRUCTURAS BP	CUENCA-ECUADOR	W9	
Nombre del soldador VICTOR ANIBAL GONZALEZ PEÑAFIEL	Cédula N° 0301853354		
Código aplicable AWS D1.1	WPSs WPSs-PROSEND-21		Rev: 0

El soldador mencionado esta calificado dentro de los siguientes rangos.

Variable:	Valor usado en la calificación:	Rango Calificado:
Proceso:	FCAW	FCAW
Tipo de proceso	SEMIAUTOMATICO	SEMIAUTOMATICO
Tipo de Junta	JUNTA A TOPE	JUNTA A TOPE, TRASLAPE,T,ESQUINA
Tipo de soldadura	RANURA	RANURA , FILETE
Especificación del Material	GRUPO I	GRUPO I
Espesor del material	10 mm	Ranura: 3 mm a 20 mm Filete: Espesor Ilimitado
Especificación del Material	AWS 5.20	AWS 5.20
Pase de respaldo	SI	CON PASE DE RESPALDO
Posición de la soldadura	3G	PLACA: CJP F,H;V; PJP F,H,V; Filete F,H,V TUBERIA: TOPE-RANURA CJP F,H;V PJP F,H,V; T,Y,K RANURA PJP F,H,V Filete F,H,V CAJA-TUBO: TOPE-RANURA CJP F,H;V PJP F,H,V; T,Y,K RANURA PJP F,H,V Filete F,H,V
Tipo de Gas	100% C02	Activo
Gas de Respaldo	N/A	N/A
Tipo de Corriente	DC	DC
Polaridad	EP	EP

Inspección Visual	Apariencia	Socavación	Porosidad	Discontinuidades
	BUENA	<1mm	<1mm	–
Probeta de soldadura	Dos probetas para doblado cara y raíz tabla 4.11		Resultado Ensayo Radiográfico	
W9	Doblado de cara	Doblado de raíz	Identificación de la película	N/A
APRUEBA	APRUEBA	APRUEBA	Informe N°	N/A
			Evaluado por:	N/A

Certificamos que los resultados aquí descritos son veraces, y que las probetas de prueba fueron preparadas soldadas y ensayadas conforme a los requisitos del código AWS D1.1

	Elaborado y Calificado por:	Solicitado por:
Nombre:	Ing. Santiago Caguana Cordero	Ing. Paul Pintado
Cargo:	Inspector de soldadura AWS	GERENTE ESTRUCTURAS BP
Firma:	Luis Santiago Caguana Cordero CWI 12043201 QC1 EXP. 4/1/2018	
Fecha:	AGOSTO, 2018	AGOSTO, 2018

PROSEND Ingeniería en Soldadura	REGISTRO DE CALIFICACIÓN DE SOLDADOR (WPQ)	FECHA: AGOSTO-2018

Empresa:	Lugar:	ESTAMPA	
ESTRUCTURAS BP	CUENCA-ECUADOR	W10	
Nombre del soldador	Cédula N°		
EDISON GEOVANY SAUCE SIMBAÑA	0106087182		
Código aplicable AWS D1.1	WPSs WPSs-PROSEND-21		Rev: 0

El soldador mencionado esta calificado dentro de los siguientes rangos.

Variable:	Valor usado en la calificación:	Rango Calificado:
Proceso:	FCAW	FCAW
Tipo de proceso	SEMIAUTOMATICO	SEMIAUTOMATICO
Tipo de Junta	JUNTA A TOPE	JUNTA A TOPE, TRASLAPE,T,ESQUINA
Tipo de soldadura	RANURA	RANURA , FILETE
Especificación del Material	GRUPO I	GRUPO I
Espesor del material	10 mm	Ranura: 3 mm a 20 mm Filete: Espesor Ilimitado
Especificación del Material	AWS 5.20	AWS 5.20
Pase de respaldo	SI	CON PASE DE RESPALDO
Posición de la soldadura	3G	PLACA CJP F,H,V; PJP F,H,V; Filete F,H,V TUBERIA TOPE-RANURA: CJP F,H,V; PJP F,H,V T,Y,K RANURA: PJP F,H,V; Filete F,H,V CAJA-TUBO TOPE-RANURA: CJP F,H,V; PJP F,H,V T,Y,K RANURA: PJP F,H,V; Filete F,H,V
Tipo de Gas	100% C02	Activo
Gas de Respaldo	N/A	N/A
Tipo de Corriente	DC	DC
Polaridad	EP	EP

Inspección Visual	Apariencia	Socavación	Porosidad	Discontinuidades
	BUENA	<1mm	<1mm	–
Probeta de soldadura	Dos probetas para doblado cara y raíz tabla 4.11		Resultado Ensayo Radiográfico	
W10	Doblado de cara	Doblado de raíz	Identificación de la película	N/A
APRUEBA	APRUEBA	APRUEBA	Informe N°	N/A
			Evaluado por:	N/A

Certificamos que los resultados aquí descritos son veraces, y que las probetas de prueba fueron preparadas soldadas y ensayadas conforme a los requisitos del código AWS D1.1

	Elaborado y Calificado por:	Solicitado por:
Nombre:	Ing. Santiago Caguana Cordero	Ing. Paul Pintado
Cargo:	Inspector de soldadura AWS	GERENTE ESTRUCTURAS BP
Firma:	Luis Santiago Caguana Cordero CWI 12043201 QC1 EXP. 4/1/2018	
Fecha:	AGOSTO, 2018	AGOSTO, 2018

PROSEND Ingeniería en Soldadura	REGISTRO DE CALIFICACIÓN DE SOLDADOR (WPQ)	FECHA: AGOSTO-2018

Empresa:	Lugar:	ESTAMPA	
ESTRUCTURAS BP	CUENCA-ECUADOR	W11	
Nombre del soldador	Cédula N°		
RENATO VINICIO CRUZ SANDOVAL	1715298533		
Código aplicable AWS D1.1	WPSs WPSs-PROSEND-21		Rev: 0

El soldador mencionado esta calificado dentro de los siguientes rangos.

Variable:	Valor usado en la calificación:	Rango Calificado:
Proceso:	FCAW	FCAW
Tipo de proceso	SEMIAUTOMATICO	SEMIAUTOMATICO
Tipo de Junta	JUNTA A TOPE	JUNTA A TOPE, TRASLAPE,T,ESQUINA
Tipo de soldadura	RANURA	RANURA , FILETE
Especificación del Material	GRUPO I	GRUPO I
Espesor del material	10 mm	Ranura: 3 mm a 20 mm Filete: Espesor Ilimitado
Especificación del Material	AWS 5.20	AWS 5.20
Pase de respaldo	SI	CON PASE DE RESPALDO
Posición de la soldadura	3G	PLACA: CJP F,H;V / PJP F,H,V / Filete F,H,V TUBERIA: TOPE-RANURA CJP F,H;V PJP F,H,V; T,Y,K RANURA PJP F,H,V Filete F,H,V CAJA-TUBO: TOPE-RANURA CJP F,H;V PJP F,H,V; T,Y,K RANURA PJP F,H,V Filete F,H,V
Tipo de Gas	100% C02	Activo
Gas de Respaldo	N/A	N/A
Tipo de Corriente	DC	DC
Polaridad	EP	EP

Inspección Visual	Apariencia	Socavación	Porosidad	Discontinuidades
	BUENA	<1mm	<1mm	–

Probeta de soldadura	Dos probetas para doblado cara y raíz tabla 4.11		Resultado Ensayo Radiográfico	
W11	Doblado de cara	Doblado de raíz	Identificación de la película	N/A
APRUEBA	APRUEBA	APRUEBA	Informe N°	N/A
			Evaluado por:	N/A

Certificamos que los resultados aquí descritos son veraces, y que las probetas de prueba fueron preparadas soldadas y ensayadas conforme a los requisitos del código AWS D1.1

	Elaborado y Calificado por:	Solicitado por:
Nombre:	Ing. Santiago Caguana Cordero	Ing. Paul Pintado
Cargo:	Inspector de soldadura AWS	GERENTE ESTRUCTURAS BP
Firma:	Luis Santiago Caguana Cordero CWI 12043201 QC1 EXP. 4/1/2018	
Fecha:	AGOSTO, 2018	AGOSTO, 2018

Anexo 5

Registro de calificación del personal END

CERTIFICATE

of

EXAMINATION RESULTS

This Certificate attests that

PAUL EDUARDO PINTADO PIZARRO

Has been examined on the subject of

Penetrant Testing – Level II

According to

SNT – TC – 1A - 2011 Edition

Examination results are:

General	*90.00%*
Specific	*80.00%*
Practical	*90.00%*
Composite	*86.66%*

Register N. AD – NDT-2719

This certificate may be used by the holder as evidence that the Required examinations have been satisfactorily completed. Certificate in accordance with the employer's certification procedure (Written Practice) can be completed provided all requirements of the Procedures are met.

Alberto F. Reyna O
Examiner
ASNT NDT Level III N. 121763
www.asnt.org / areyna@ademinsa.com

Fecha: Junio 2013

Expira: Junio 2016

CENDE CAPACITACION EN ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS

Calificación, Certificación, Asesorías e Inspecciones en Destructivos con niveles III ASNT Y ACCP

NDT CERTIFICATION

REG. CEN-CC-1132

This Certificate attests that

MR. PAUL E. PINTADO PIZARRO

Has been examined on the subject of

ULTRASONIC TESTING LEVEL II

In accordance with

ASNT-SNT-TC-1A -2011 Edition

Examination results are:
General: 75%
Specific: 80%
Practical: 90%
Average: 82%
Vision exam: Passed

The above person was tested on, **April, 14/2016**, and he has show the proper skills, training education and knowledge to present classroom, laboratory and on the job training program.

Date: **April, 14/2016** Due date: **April, 27/2018**

Ing. Freddi Miño Salazar
ASNT NDT LEVEL III
ASNT REG. **125657**
EXAMINATOR

Urb. Fusuqui, Av. Rafael Cuervo S8-113 y Dionisio Brus teléfax: 593-2-2555990, celular 593-9-88053593
Quito-Ecuador E-mail: fredimino@gmail.com; fmino@setecdt.com.ec

www.cendendt.com

Anexo 4

Resultados de los END aplicados, tanto en fabricación como en montaje en la Estructura Soldada del Nuevo Terminal de Transporte Terrestre del Cantón Gualaceo

Procedimiento para la Inspección Visual UPS-END-001

- **Objetivos**

  - Establecer las condiciones y requerimientos para realizar una correcta inspección visual en las juntas de la estructura soldada
  - Determinar las discontinuidades superficiales de los cordones de soldadura, para ser analizadas y evaluadas

- **Alcance**

Para llevar a cabo la inspección visual en los cordones de soldadura nos regiremos a la normativa vigente AWS D1.1-D1.5, que, con la ayuda de galgas, iluminación artificial, lupas, etc. nos ayudarán a tener una mejor visualización de las juntas soldadas para determinar si existen o no fallos en las mismas.

- **Información General**
  - La metodología para realizar la inspección visual se encuentra explicada en los códigos de la AWS, ASTM E329 y otros manuales de soladura.
  - La sanidad de los cordones de soldadura que se van a inspeccionar luego de ejecutar el procedimiento, serán calificados y realizados por un soldador calificado
- **Normas de Referencia**

Las normas y códigos a u emplearse para la realizar la inspección visual son los siguientes:

- ASTM E329
- AWS D1.1, AWS D1.5

- **Equipos y Materiales**

  - Luz artificial
  - Cámara Fotográfica
  - Galga de medición de soldadura
  - Flexómetro
  - Calibrador
  - Elementos de protección

- Guía/ Plano de referencia de nomenclatura de soldadura

❖ **Personal**

Según la norma INEM ISO 9712-2009:03, el personal encargado del ensayo debe ser calificado nivel II o III en inspección visual. Mientras que la persona que realice el ensayo y registre los datos debe ser calificado nivel I con la supervisión de nivel superior.

❖ **Proceso**

- **Realizar la limpieza de la superficie del cordón de soladura:** Para ello se emplea un cepillo de alambre y en caso de longitudes mayores se deberá utilizar un cepillo circular de alambre suave accionado por una esmeriladora. De esta manera se mejorará la visibilidad de los defectos en el cordón de soldadura.
- **Verificar las características geométricas de la soladura respecto a la junta:** Se examinará el ancho del cordón, la presentación, el perfil de la soldadura que debe ser plano o ligeramente convexo, en lo posible comprobar la correcta penetración de la soldadura y la existencia de todos los cordones de soldadura.
- **Marcar la zona problemática:** Se medirá la longitud y se indicará según el criterio del inspector de soldadura las zonas a reforzar o reparar en base a la simbología del informe.
- **Registrar los datos en el informe de inspección visual**

❖ **Normas de aceptación y rechazo**

Para los criterios de aceptación y rechazo se aplicará la normativa ANSI-AWS D1.1-D1.5 y con respecto a la metodóloga de inspección visual se aplicará la normativa ASTM E 329.

❖ **Reporte de Resultados**

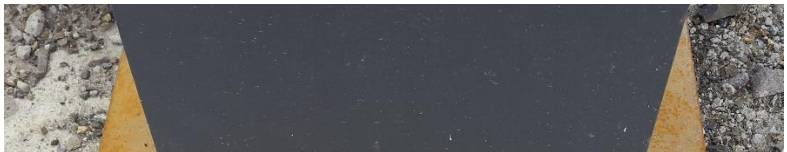
Todos los datos y resultados obtenidos de la inspección visual serán detallados en esta tabla-informe de manera que se pueda tener mejor perspectiva de las juntas soldadas para el criterio de aceptación y rechazo, respecto al ensayo

INFORMACIÓN GENERAL	
Empresa: UPS	**Ubicación del proyecto:** Gualaeco
Tipo de proyecto: Estructura soldada del Terminal de Transporte Terrestre del Cantón Gualaceo Provincia del Azuay	**Normativas:** - ASTM E329 - AWS D1.1, AWS D1.5

INFORMACIÓN DE LA INSPECCIÓN	
Descripción de la pieza:	Columna metálica pórtico 1 Pórtico para andenes
Proceso de fabricación:	Soldadura de calificación de procedimiento con FCAW
Tipo de material:	ASTM A572 G50/A6
Espesor del material:	19 mm
Estado del cordón de soladura:	Rugosidad normal

EQUIPOS Y MATERIALES	
Limpieza:	Grata, cepillo de alambre
Calibres para inspección visual:	Calibre Filetes: Gouge Fillets Calibre De Mordeduras, Sobremontas, Angulos: Calibre Universal
Equipos para inspección visual:	Lupa
Iluminación:	1000 luxes

ESQUEMA DE LA JUNTA



CRITERIOS DE ACEPTACIÓN Y RECHAZO

Para los criterios de aceptación y rechazo se establece la normativa AWS D1.1 tabla 6.1 de la normativa la cual se presente a continuación

Categoría de discontinuidad y criterio de inspección	Uniones no tubulares cargadas estáticamente	Uniones no tubulares cargadas cíclicamente	Uniones tubulares (Todas las cargas)
(1) Prohibición de fisuras La soldadura no debe tener fisuras.	X	X	X
(2) Fusión de soldadura / Metal base Debe existir fusión a través de los cordones adyacentes de metal de soldadura y entre el metal de soldadura y el metal base.	X	X	X
(3) Cráter en la sección transversal Todos los cráteres deben ser llenados, excepto para los extremos de soldadura de filete discontinuos fuera de su largo efectivo.	X	X	X
(4) Perfiles de soldadura Los perfiles de soldadura deben estar conformes al artículo 5.24.	X	X	X
(5) Tiempo de Inspección La inspección visual de soldaduras en todos los aceros puede empezar inmediatamente después que la soldadura terminada se haya enfriado hasta temperatura ambiente. El criterio de aceptación para aceros de alta resistencia (del tipo ASTM A514, A517, y A709 Grado 100 y 100W) debe estar basado en una inspección visual realizada no menos de 48 horas luego de la terminación de la soldadura.	X	X	X
(6) Soldaduras subdimensionadas El tamaño de filete de soldadura en cualquier soldadura continua puede ser menor que el especificado ***(L)*** sin necesitar corrección, para los siguientes valores ***(U)***: ***L*** Tamaño de soldadura nominal en mm: 5; 6; 8 ***U*** Diferencia admisible respecto de ***L*** en mm: 2; 2,5; 3 En todos los casos la disminución del tamaño de soldadura será ≤ 10% del largo de la soldadura. En las soldaduras alma con ala en vigas, no se permite subdimensionamiento en los extremos para un largo igual a dos veces el ancho del ala.	X	X	X

(7) Socavación (A) Para materiales de espesores menores que 25 mm, la socavación será ≤ 1 mm, excepción: se permitirá una socavación máxima de 2 mm en un largo acumulado de 50 mm en cualquier tramo de 300 mm. Para materiales de espesores ≥ 25 mm, la socavación deberá ser ≤ 2 mm para cualquier largo de soldadura.	X		
(B) En miembros principales, la socavación será ≤ 0.25 mm de profundidad cuando la soldadura es transversal a esfuerzos de tracción bajo cualquier condición de cargas de diseño. La socavación deberá ser ≤ 1 mm de profundidad para los otros casos.		X	X
(8) Porosidad (A) Las soldaduras a tope con ***JPC***, transversales a la dirección de los esfuerzos de tracción computados no deberán tener ninguna porosidad vermicular visible. Para todas las otras soldaduras con bisel o soldaduras de filete, la suma de la porosidad vermicular visible ≥ 1 mm en diámetro, será ≤ 10 mm en cualquier tramo lineal de 25 mm de soldadura y ≤ 20 mm en cualquier tramo de 300 mm de largo de la soldadura.	X		
(B) La frecuencia de porosidad vermicular en soldadura de filete será menor o igual que una cada 100 mm de la largo de la soldadura y el diámetro máximo será ≤ 2,5 mm. Excepción: las soldaduras de filete que unen los rigidizadores a la viga, la suma de los diámetros de la porosidad vermicular deberá ser ≤ 10 mm en cualquier tramo lineal de 25 mm de soldadura y ≤ 20 mm en cualquier tramo de 300 mm de largo de la soldadura.			
(C) Las soldaduras a tope con ***JPC***, transversales a la dirección de los esfuerzos de tracción calculados no deberán tener ninguna porosidad vermicular visible. Para todas las otras soldaduras con bisel, la frecuencia de porosidad vermicular en soldadura de filete será menor o igual que una cada 100 mm de la largo de la soldadura y el diámetro máximo será ≤ 2,5 mm.			
1. Una "X" indica aplicabilidad para el tipo de unión; el área sombreada indica no aplicabilidad.			

EVALUACIÓN DE RESULTADOS

Tipo de discontinuidad: Poro (P), Mordedura (M), Fisura (F), Zona Porosa (ZP), Esmerilar y Rellenar (ER)

Tipo de Discontinuidad:	**Observaciones:**	**Evaluación: (aceptada o rechazada)**

REPORTE FOTOGRÁFICO

Elaborado por:
Alexander Canga- Carlos Beltrán
Nivel:

Firma:

Aprobado por:
Ing. Paul Pintado
Nivel: II

Firma:

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA ECUADOR	**INFORME INSPECCIÓN VISUAL**	**N°. Reporte:** 2 **Fecha de inspección:** 16-09-2018 **Cliente:** Fiscalizadores de obra

INFORMACIÓN GENERAL

Empresa: UPS

Ubicación del proyecto: Gualaeco

Tipo de proyecto: Estructura soldada del Terminal de Transporte Terrestre del Cantón Gualaceo Provincia del Azuay

Normativas:
- ASTM E329
- AWS D1.1, AWS D1.5

INFORMACIÓN DE LA INSPECCIÓN

Descripción de la pieza:	Columna metálica pórtico 1 Pórtico para andenes
Proceso de fabricación:	Soldadura de calificación de procedimiento con FCAW
Tipo de material:	ASTM A572 G50/A6
Espesor del material:	19 mm
Estado del cordón de soladura:	Rugosidad normal

EQUIPOS Y MATERIALES

Limpieza:	Grata, cepillo de alambre
Calibres para inspección visual:	Calibre Filetes: Gouge Fillets Calibre De Mordeduras, Sobremontas, Angulos: Calibre Universal
Equipos para inspección visual:	Lupa
Iluminación:	1000 luxes

ESQUEMA DE LA JUNTA

CRITERIOS DE ACEPTACIÓN Y RECHAZO

Para los criterios de aceptación y rechazo se establece la normativa AWS D1.1 tabla 6.1 de la normativa la cual se presente a continuación

Categoría de discontinuidad y criterio de inspección	Uniones no tubulares cargadas estáticamente	Uniones no tubulares cargadas cíclicamente	Uniones tubulares (Todas las cargas)
(1) Prohibición de fisuras La soldadura no debe tener fisuras.	X	X	X
(2) Fusión de soldadura / Metal base Debe existir fusión a través de los cordones adyacentes de metal de soldadura y entre el metal de soldadura y el metal base.	X	X	X
(3) Cráter en la sección transversal Todos los cráteres deben ser llenados, excepto para los extremos de soldadura de filete discontinuos fuera de su largo efectivo.	X	X	X
(4) Perfiles de soldadura Los perfiles de soldadura deben estar conformes al artículo 5.24.	X	X	X
(5) Tiempo de Inspección La inspección visual de soldaduras en todos los aceros puede empezar inmediatamente después que la soldadura terminada se haya enfriado hasta temperatura ambiente. El criterio de aceptación para aceros de alta resistencia (del tipo ASTM A514, A517, y A709 Grado 100 y 100W) debe estar basado en una inspección visual realizada no menos de 48 horas luego de la terminación de la soldadura.	X	X	X
(6) Soldaduras subdimensionadas El tamaño de filete de soldadura en cualquier soldadura continua puede ser menor que el especificado ***(L)*** sin necesitar corrección, para los siguientes valores ***(U)***: ***L*** — Tamaño de soldadura nominal en mm: 5; 6; 8 ***U*** — Diferencia admisible respecto de ***L*** en mm: 2; 2,5; 3 En todos los casos la disminución del tamaño de soldadura será ≤ 10% del largo de la soldadura. En las soldaduras alma con ala en vigas, no se permite subdimensionamiento en los extremos para un largo igual a dos veces el ancho del ala.	X	X	X
(7) Socavación (A) Para materiales de espesores menores que 25 mm, la socavación será ≤ 1 mm, excepción: se permitirá una socavación máxima de 2 mm en un largo acumulado de 50 mm en cualquier tramo de 300 mm. Para materiales de espesores ≥ 25 mm, la socavación deberá ser ≤ 2 mm para cualquier largo de soldadura.	X		
(B) En miembros principales, la socavación será ≤ 0.25 mm de profundidad cuando la soldadura es transversal a esfuerzos de tracción bajo cualquier condición de cargas de diseño. La socavación deberá ser ≤ 1 mm de profundidad para los otros casos.		X	X
(8) Porosidad (A) Las soldaduras a tope con ***JPC***, transversales a la dirección de los esfuerzos de tracción computados no deberán tener ninguna porosidad vermicular visible. Para todas las otras soldaduras con bisel o soldaduras de filete, la suma de la porosidad vermicular visible ≥ 1 mm en diámetro, será ≤ 10 mm en cualquier tramo lineal de 25 mm de soldadura y ≤ 20 mm en cualquier tramo de 300 mm de largo de la soldadura.	X		
(B) La frecuencia de porosidad vermicular en soldadura de filete será menor o igual que una cada 100 mm de la largo de la soldadura y el diámetro máximo será ≤ 2,5 mm. Excepción: las soldaduras de filete que unen los rigidizadores a la viga, la suma de los diámetros de la porosidad vermicular deberá ser ≤ 10 mm en cualquier tramo lineal de 25 mm de soldadura y ≤ 20 mm en cualquier tramo de 300 mm de largo de la soldadura.			
(C) Las soldaduras a tope con ***JPC***, transversales a la dirección de los esfuerzos de tracción calculados no deberán tener ninguna porosidad vermicular visible. Para todas las otras soldaduras con bisel, la frecuencia de porosidad vermicular en soldadura de filete será menor o igual que una cada 100 mm de la largo de la soldadura y el diámetro máximo será ≤ 2,5 mm.			

1. Una "X" indica aplicabilidad para el tipo de unión; el área sombreada indica no aplicabilidad.

Elaborado por: Alexander Canga- Carlos Beltrán **Nivel:** **Firma:**	**Aprobado por:** Ing. Paul Pintado **Nivel:** II **Firma:**

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA ECUADOR	**INFORME** **INSPECCIÓN VISUAL**	**N°. Reporte:** 3 **Fecha de inspección:** 20-09-2018 **Cliente:** Fiscalizadores de obra

INFORMACIÓN GENERAL

Empresa: UPS	**Ubicación del proyecto:** Gualaeco
Tipo de proyecto: Estructura soldada del Terminal de Transporte Terrestre del Cantón Gualaceo Provincia del Azuay	**Normativas:** - ASTM E329 - AWS D1.1, AWS D1.5

INFORMACIÓN DE LA INSPECCIÓN

Descripción de la pieza:	Columna para pórticos
Proceso de fabricación:	Soldadura de calificación de procedimiento con FCAW
Tipo de material:	ASTM A572 G50/A6
Espesor del material:	19 mm
Estado del cordón de soladura:	Rugosidad normal

EQUIPOS Y MATERIALES	
Limpieza:	Grata, cepillo de alambre
Calibres para inspección visual:	Calibre Filetes: Gouge Fillets Calibre De Mordeduras, Sobremontas, Angulos: Calibre Universal
Equipos para inspección visual:	Lupa
Iluminación:	1000 luxes

ESQUEMA DE LA JUNTA

CRITERIOS DE ACEPTACIÓN Y RECHAZO

Para los criterios de aceptación y rechazo se establece la normativa AWS D1.1 tabla 6.1 de la normativa la cual se presente a continuación

Categoría de discontinuidad y criterio de inspección	Uniones no tubulares cargadas estáticamente	Uniones no tubulares cargadas cíclicamente	Uniones tubulares (Todas las cargas)
(1) Prohibición de fisuras La soldadura no debe tener fisuras.	X	X	X
(2) Fusión de soldadura / Metal base Debe existir fusión a través de los cordones adyacentes de metal de soldadura y entre el metal de soldadura y el metal base.	X	X	X
(3) Cráter en la sección transversal Todos los cráteres deben ser llenados, excepto para los extremos de soldadura de filete discontinuos fuera de su largo efectivo.	X	X	X
(4) Perfiles de soldadura Los perfiles de soldadura deben estar conformes al artículo 5.24.	X	X	X
(5) Tiempo de Inspección La inspección visual de soldaduras en todos los aceros puede empezar inmediatamente después que la soldadura terminada se haya enfriado hasta temperatura ambiente. El criterio de aceptación para aceros de alta resistencia (del tipo ASTM A514, A517, y A709 Grado 100 y 100W) debe estar basado en una inspección visual realizada no menos de 48 horas luego de la terminación de la soldadura.	X	X	X
(6) Soldaduras subdimensionadas El tamaño de filete de soldadura en cualquier soldadura continua puede ser menor que el especificado ***(L)*** sin necesitar corrección, para los siguientes valores ***(U)***: ***L*** — Tamaño de soldadura nominal en mm: 5; 6; 8 ***U*** — Diferencia admisible respecto de ***L*** en mm: 2; 2,5; 3 En todos los casos la disminución del tamaño de soldadura será ≤ 10% del largo de la soldadura. En las soldaduras alma con ala en vigas, no se permite subdimensionamiento en los extremos para un largo igual a dos veces el ancho del ala.	X	X	X
(7) Socavación (A) Para materiales de espesores menores que 25 mm, la socavación será ≤ 1 mm, excepción: se permitirá una socavación máxima de 2 mm en un largo acumulado de 50 mm en cualquier tramo de 300 mm. Para materiales de espesores ≥ 25 mm, la socavación deberá ser ≤ 2 mm para cualquier largo de soldadura.	X		
(B) En miembros principales, la socavación será ≤ 0.25 mm de profundidad cuando la soldadura es transversal a esfuerzos de tracción bajo cualquier condición de cargas de diseño. La socavación deberá ser ≤ 1 mm de profundidad para los otros casos.		X	X
(8) Porosidad (A) Las soldaduras a tope con ***JPC***, transversales a la dirección de los esfuerzos de tracción computados no deberán tener ninguna porosidad vermicular visible. Para todas las otras soldaduras con bisel o soldaduras de filete, la suma de la porosidad vermicular visible ≥ 1 mm en diámetro, será ≤ 10 mm en cualquier tramo lineal de 25 mm de soldadura y ≤ 20 mm en cualquier tramo de 300 mm de largo de la soldadura.	X		
(B) La frecuencia de porosidad vermicular en soldadura de filete será menor o igual que una cada 100 mm de la largo de la soldadura y el diámetro máximo será ≤ 2,5 mm. Excepción: las soldaduras de filete que unen los rigidizadores a la viga, la suma de los diámetros de la porosidad vermicular deberá ser ≤ 10 mm en cualquier tramo lineal de 25 mm de soldadura y ≤ 20 mm en cualquier tramo de 300 mm de largo de la soldadura.			
(C) Las soldaduras a tope con ***JPC***, transversales a la dirección de los esfuerzos de tracción calculados no deberán tener ninguna porosidad vermicular visible. Para todas las otras soldaduras con bisel, la frecuencia de porosidad vermicular en soldadura de filete será menor o igual que una cada 100 mm de la largo de la soldadura y el diámetro máximo será ≤ 2,5 mm.			

1. Una "X" indica aplicabilidad para el tipo de unión; el área sombreada indica no aplicabilidad.

EVALUACIÓN DE RESULTADOS

Tipo de discontinuidad: Poro (P), Mordedura (M), Fisura (F), Zona Porosa (ZP), Esmerilar y Rellenar (ER)

Tipo de Discontinuidad:	**Observaciones:**	**Evaluación: (aceptada o rechazada)**

REPORTE FOTOGRÁFICO

Elaborado por:	**Aprobado por:**
Alexander Canga- Carlos Beltrán	Ing. Paul Pintado
Nivel:	**Nivel:** II
Firma:	**Firma:**

Procediendo para la inspección con Tintas Penetrantes UPS-END-002

- **Objetivos**
  - Establecer las condiciones y requerimientos para realizar una correcta inspección mediante la aplicación de tintas penetrantes en las juntas de la estructura soldada
  - Determinar las discontinuidades superficiales de los cordones de soldadura, para ser analizadas y evaluadas
- **Alcance**

La ejecución de este método se empleará en ambas fases de construcción, tanto en la fase de armado como en la de montaje, de tal manera que nos permitirá determinar las discontinuidades en los cordones de soldadura, siendo analizada y evaluadas bajo la normativa AWS D1.1- D1.5

- **Información General**

- La información teórica acerca de la inspección por tintas penetrantes se encuentra especificada en código ASTM E-165
- Las superficies de los cordones a ser evaluadas estarán bajo el requerimiento de las normas AWS D1.1 y D1.5
- Para la realización de este END se empleará la técnica B3

❖ **Normas de Referencia**

Las normas y códigos a u emplearse para la realizar la inspección visual son los siguientes:

- ASTM E-165
- AWS D1.1, AWS D1.5

❖ **Equipos y Materiales**

- Líquido penetrante coloreado
- Líquido Solvente
- Líquido Revelador
- Líquido Limpiador
- Cepillo circular de alambre suave
- Amoladora
- Equipo de Protección
- Tela de algodón
- Cámara fotográfica

❖ **Personal**

Según la norma INEM ISO 9712-2009:03, el personal encargado del ensayo de tintas penetrantes debe ser calificado nivel II o III. Mientras que la persona que realice el ensayo y registre los datos debe ser calificado nivel I con la supervisión de nivel superior.

❖ **Proceso**

- **Limpieza de la superficie:** Se realiza la limpieza de la superficie utilizando un cepillo de alambre o mediante una amoladora con cepillo circular, liberando de esta manera residuos de escoria, pintura, oxido, etc.
- **Limpieza aplicando solvente:** Se aplica el solvente sobre un paño de tela, retirando de esta manera residuos en el cordón de soldadura y dejándolo completamente libre de impurezas
- **Aplicación del líquido penetrante:** Se aplica el líquido penetrante sobre el cordón de soladura, el tiempo de permanencia del líquido es de 5 minutos como minino, este tiempo depende del fabricante.

- **Aplicación del líquido revelador:** Se aplica el líquido revelador a una distancia de 25 o 30 cm. Se espera un tiempo de 5 minutos para que el revelador haga su efecto en el cordón de soladura, para luego realizar una inspección visual, logrando determinar si existe o no una discontinuidad
- **Marcado de las discontinuidades:** Se registra y se marca las discontinuidades conforme a la simbología sugerida en el informe.

❖ **Normas de aceptación y rechazo**

Para los criterios de aceptación y rechazo se aplicará la normativa ANSI-AWS D1.1-D1.5

❖ **Reporte de resultados**

Todos los datos y resultados obtenidos del END por tintas penetrantes, serán detallados en esta tabla-informe de manera que se pueda tener mejor perspectiva de las juntas soldadas para el criterio de aceptación y rechazo, respecto al ensayo

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA ECUADOR	**INFORME INSPECCIÓN TINTAS PENETRANTES**	**N°. Reporte:** 1 **Fecha de inspección:** 25-09-2018 **Cliente:** Fiscalizadores del Proyecto

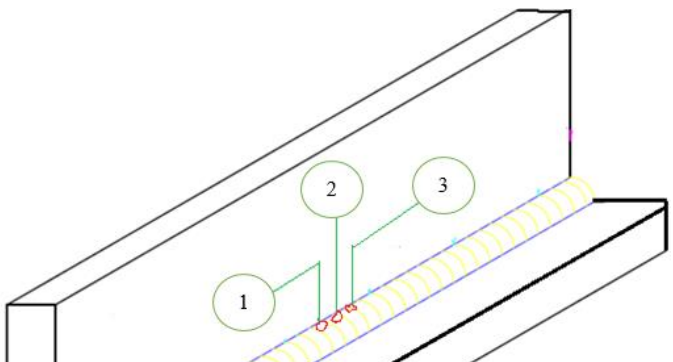
INFORMACIÓN GENERAL	
Empresa: UPS	**Ubicación del proyecto:** Gualaceo
Tipo de proyecto: Estructura soldada del Terminal de Transporte Terrestre del Cantón Gualaceo Provincia del Azuay	**Normativas:** ASTM E165 / ASTM E 1417 / AWS D1.1

INFORMACIÓN DE LA INSPECCIÓN	
Descripción de la pieza:	Columna para pórtico
Proceso de fabricación:	Soldadura de calificación de procedimiento con FCAW
Tipo de material:	ASTM A572 G50/A6

EQUIPOS Y MATERIALES	
Limpiador:	Grata, cepillo de alambre
Removedor:	Magnaflux Spotcheck SKC-S Cleaner/Remover
Emulsificador:	Ninguno
Penetrante:	Magnaflux Spotcheck SKL-SP1 Penetrant
Revelador:	Magnaflux Spotcheck SKD-52 Developer

PARÁMETROS DE INSPECCIÓN	
Iluminación:	Luz natural 600 luxes
Temperatura:	Temperatura ambiente 20°C
Tiempo de penetración	10 min
Tiempo de Revelado:	10 min
Método de Remoción o lavado:	Con solventes
Limpieza Final:	Toallas de Papel

ESQUEMA DE LA JUNTA



CRITERIO DE ACEPTACIÓN Y RECHAZO (Tamaño máximo permitido)		
Lineal	Redondeada	Otro
1,6 mm	**4,8mm**	

EVALUACIÓN DE RESULTADOS					
Tipo de discontinuidad: **Poro** (P)**, Mordedura** (M)**, Fisura** (F)**, Zona Porosa** (ZP)**, Falta de fusión** (FF)					
N°	Tipo	Indicación (lineal o redondeada)	Tamaño (mm)	Evaluación (aceptada o rechazada)	Observación
1	Poro superficial	redondeada	2mm	Aceptada	Se presentaron discontinuidades de tipo redondeada la cuales no supera los 4.8 mm para ser rechazada
2	Poro superficial	redondeada	1mm	Aceptada	
3	Poro superficial	redondeada	3mm	Aceptada	

REPORTE FOTOGRÁFICO

CF

A continuac ormativa

ANEXO K AWS D1.1/D1.1M:2015

Disposición opcional	Especificación típica
Ensayos no destructivos (continuación)	**Fabricación de estructura cargada estáticamente:** Soldaduras en ranuras de tracción con conexión de momento en juntas a tope—25% de inspección ultrasónica de cada una de las cuatro primeras juntas, y desciende al 10% de cada una de las juntas restantes. Criterios de aceptación— Tabla 6.2.
	Soldaduras en filete—MT—Inspección del 10% de la longitud de cada soldadura. Criterios de aceptación— Tabla 6.1 para soldaduras no tubulares y Tabla 9.16 para soldaduras tubulares.
	Fabricación de estructura cargada cíclicamente: Empalmes a tope de tracción—100% de UT, o 100% de RT—Criterios de aceptación—UT: 6.13.2; RT: 6.12.2.
	Soldaduras de esquina de penetración completa en miembros cargados axialmente: Esfuerzos de tracción—100% de UT, patrones de escaneo D o E—Criterios de aceptación—Tabla 6.3.
	Esfuerzos de compresión—25%, UT, movimientos de escaneo A, B o C. Criterios de aceptación—Tabla 6.1.
	Soldaduras en filete—MT—Inspección del 10% de la longitud de cada soldadura—Criterios de aceptación—6.12.2.
	o
(6.15.3)	El rechazo de cualquier porción de una soldadura inspeccionada en menos del 100% requerirá la inspección del 100% de dicha soldadura.
	o
(6.15.3)	El rechazo de cualquier porción de una soldadura inspeccionada en una longitud parcial requerirá la inspección de la longitud establecida en cada lado de la discontinuidad.

NOMENCALUTRA (PT) Tintas Penetrantes **(**I) Lado Izquierdo **(**D) Lado Derecho **(**OK) Aprobado R Reprobado **(**N) No ejecutado

	PT-I	PT-D	OBS
1	OK	OK	
2	OK	OK	
3	OK	OK	Pulido
4	OK	OK	
5	OK	OK	
6	OK	OK	Pulido
7	OK	OK	Pulido
8	OK	OK	

9	OK	OK	Pulido
10	OK	OK	Pulido
11	OK	OK	Pulido
12	OK	OK	
13	OK	OK	
14	OK	OK	
15	OK	OK	
16	OK	OK	Pulido
17	OK	OK	Pulido

Elaborado por:
Alexander Canga- Carlos Beltrán
Nivel:

Firma:

Aprobado por:
Ing. Paul Pintado
Nivel: II

Firma:

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA ECUADOR

INFORME INSPECCIÓN TINTAS PENETRANTES

N°. Reporte:
2
Fecha de inspección:
28-09-2018
Cliente:
Fiscalizadores del Proyecto

INFORMACIÓN GENERAL

Empresa: UPS

Ubicación del proyecto: Gualaceo

Tipo de proyecto: Estructura soldada del Terminal de Transporte Terrestre del Cantón Gualaceo Provincia del Azuay

Normativas:
ASTM E165 / ASTM E 1417 / AWS D1.1

INFORMACIÓN DE LA INSPECCIÓN

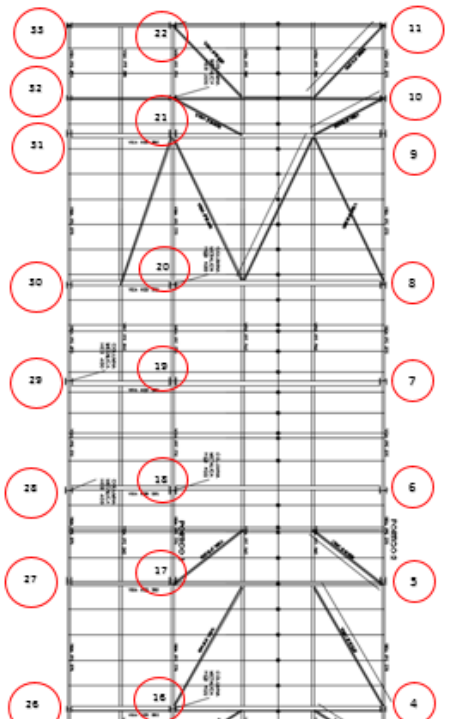
Descripción de la pieza:	Columna para pórtico
Proceso de fabricación:	Soldadura de calificación de procedimiento con FCAW
Tipo de material:	ASTM A572 G50/A6
Espesor del material:	6 mm
Estado del cordón de soladura:	Rugosidad normal

EQUIPOS Y MATERIALES

Limpiador:	Grata, cepillo de alambre
Removedor:	Magnaflux Spotcheck SKC-S Cleaner/Remover
Emulsificador:	Ninguno
Penetrante:	Magnaflux Spotcheck SKL-SP1 Penetrant

PARÁMETROS DE INSPECCIÓN	
Iluminación:	Luz natural 600 luxes
Temperatura:	Temperatura ambiente 20°C
Tiempo de penetración	10 min
Tiempo de Revelado:	10 min
Método de Remoción o lavado:	Con solventes
Limpieza Final:	Toallas de Papel

ESQUEMA DE LA JUNTA



CRITERIO DE ACEPTACIÓN Y RECHAZO (Tamaño máximo permitido)		
Lineal	Redondeada	Otro
1,6 mm	**4,8mm**	

EVALUACIÓN DE RESULTADOS

Tipo de discontinuidad: **Poro** (P)**, Mordedura** (M)**, Fisura** (F)**, Zona Porosa** (ZP)**, Falta de fusión** (FF)

N°	Tipo	Indicación (lineal o redondeada)	Tamaño (mm)	Evaluación (aceptada o rechazada)	Observación

REPORTE FOTOGRÁFICO

CRITERIO PARA MUESTREO DE TINTAS PENETRANTES
A continuación se realiza las pruebas mediante muestreo como nos indica la normativa AWS D1.1 en el anexo K

Disposición opcional	Especificación típica
Ensayos no destructivos (continuación)	**Fabricación de estructura cargada estáticamente:** Soldaduras en ranuras de tracción con conexión de momento en juntas a tope—25% de inspección ultrasónica de cada una de las cuatro primeras juntas, y desciende al 10% de cada una de las juntas restantes. Criterios de aceptación— Tabla 6.2.
	Soldaduras en filete—MT—Inspección del 10% de la longitud de cada soldadura. Criterios de aceptación— Tabla 6.1 para soldaduras no tubulares y Tabla 9.16 para soldaduras tubulares.
	Fabricación de estructura cargada cíclicamente: Empalmes a tope de tracción—100% de UT, o 100% de RT—Criterios de aceptación—UT: 6.13.2; RT: 6.12.2.
	Soldaduras de esquina de penetración completa en miembros cargados axialmente: Esfuerzos de tracción—100% de UT, patrones de escaneo D o E—Criterios de aceptación—Tabla 6.3.
	Esfuerzos de compresión—25%, UT, movimientos de escaneo A, B o C. Criterios de aceptación—Tabla 6.1.
	Soldaduras en filete—MT—Inspección del 10% de la longitud de cada soldadura—Criterios de aceptación—6.12.2.
	o
(6.15.3)	El rechazo de cualquier porción de una soldadura inspeccionada en menos del 100% requerirá la inspección del 100% de dicha soldadura.
	o
(6.15.3)	El rechazo de cualquier porción de una soldadura inspeccionada en una longitud parcial requerirá la inspección de la longitud establecida en cada lado de la discontinuidad.

NOMENCALUTRA (PT) Tintas Penetrantes **(**I) Lado Izquierdo **(**D) Lado Derecho **(**OK) Aprobado R Reprobado **(**N) No ejecutado

	PT-I	PT-D	OBS
1	OK	OK	
2	OK	OK	
3	OK	OK	Pulido
4	OK	OK	
5	OK	OK	
6	OK	OK	
7	OK	OK	
8	OK	OK	
9	OK	OK	
10	OK	OK	Pulido
11	OK	OK	
12	OK	OK	
13	OK	OK	
14	OK	OK	
15	OK	OK	
16	OK	OK	Pulido
17	OK	OK	
18	OK	OK	Pulido
19	OK	OK	

20	OK	OK	
21	OK	OK	
22	OK	OK	
23	OK	OK	
24	OK	OK	
25	OK	OK	
26	OK	OK	
27	OK	OK	Pulido
28	OK	OK	
29	OK	OK	
30	OK	OK	
31	OK	OK	
32	OK	OK	
33	OK	OK	

Elaborado por:
Alexander Canga- Carlos Beltrán
Nivel:

Firma:

Aprobado por:
Ing. Paul Pintado
Nivel: II

Firma:

Procedimiento para Ultrasonido Industrial UPS-END-004

- **Objetivo**

Establecer un procedimiento para la prueba ultrasónica en la fabricación/ montaje, después del proceso de soldadura, para asegurar que los requerimientos de calidad de las uniones soldadas son adecuadas.

- **Alcance**

Para poder aplicar este END, es necesario que los elementos soldados sean una superficie lisa, ya sea en filete (ángulo interior) o en ranura, de tal manera que el transductor pueda ser deslizado sin dificultad sobre la superficie de contacto. Los espesores que van a ser ensayados, de acuerdo a la normativa ANSI/AWS D1.1-D1.5, son desde 8mm a 200mm. Cabe recalcar que, bajo la experiencia y conocimiento del Ingeniero encargado de realizar los ensayos, se aplicara los ensayos de ultrasonido en espesores de hasta 6mm.

- **Información General**

- La información teórica acerca de la inspección por ultrasonido se encuentra especificada en código ASTM E114-10 y en los manuales del equipo Syncscan IP65
- Las superficies de los cordones a ser evaluadas estarán bajo el requerimiento de las normas AWS D1.1 y D1.5
- La superficie a ser evaluada tiene que ser lo más lisa posible de manera que el transductor haga un barrido correcto

- **Normas de referencia**
  - ASTM E - 164
  - AWS D1.1. 2015
- **Requisitos del personal**
  - El personal que realice la prueba ultrasónica debe estar calificada y certificada como nivel II.
  - El personal calificado y certificado como nivel I podrá realizar la prueba siempre y cuando sea bajo la supervisión directa de un inspector nivel II
  - La evaluación de indicaciones y el informe de resultados lo debe realizar un inspector nivel II calificado y certificado en el método ultrasónico
- **Acoplantes**

  - Excepto que se indique algo diferente solo se permitirá el empleo de los siguientes acoplantes: pasta de celulosa diluida con agua, vaselina, glicerina o aceite.
  - En caso de cambiar de acoplante durante la inspección se comprobará toda la calibración original del sistema de inspección.
  - Se debe emplear el mismo acoplante para calibrar y ajustar el instrumento para efectuar la inspección.

- **Verificación del equipo**

- La linealidad del instrumento de prueba debe ser recalificada después de 40 horas de uso en cada rango de distancia que el instrumento fue utilizado y este no debe tener una variación en el ancho de la pantalla mayor del 2%
- El control de ganancia del instrumento debe ser verificado en su calibración cada dos meses y su exactitud debe ser de 1 dB
- Las reflexiones internas máximas de cada transductor deben ser verificadas cada 40 horas de uso
- Utilizando de block IIW, cada transductor angular debe ser verificado cada 8 horas para determinar que la cara de contacto es plano, que el punto de salida del sonido es correcto.

❖ **Proceso de Inspección**

- Se identifican y marcan las zonas a donde se va a inspeccionar, las distancias X y Y (longitud y ancho de escaneo)
- Limpiar el metal base adyacente al cordón de soldadura adecuado, de tal manera que la superficie metálica sea lo más lisa posible con el fin de garantizar el suave deslizamiento del transductor
- Se coloca el líquido acoplante en la superficie del cordón a ser ensayado.
- Se realiza el barrido ultrasónico con los movimientos A, B y C (zig zag), descritos en la normativa AWS D1.1-D1.5 Fig.6.24
- Si se detecta una discontinuidad, con referencia a la curva DAC, se marca el sitio donde está dicha discontinuidad, longitud, profundidad, etc.
- Se marcan en sitio las indicaciones obtenidas en posición, longitud y características con la simbología propuesta en el informe
- Se registran dichas indicaciones en la tabla de observaciones
- Se marcan en sitio las discontinuidades que son rechazadas por el inspector del END o en base a la normativa empleada.

❖ **Normas de aceptación o rechazo**

Para los criterios de aceptación y rechazo se aplicará la normativa ANSI-AWS D1.1-D1.5

a) Reporte de inspección Ultrasonido

Todos los datos y resultados obtenidos del END por ultrasonido, serán detallados en esta tabla-informe de manera que se pueda tener mejor perspectiva de las juntas soldadas para el criterio de aceptación y rechazo, respecto al ensayo.

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA ECUADOR	**INFORME INSPECCIÓN ULTRASONIDO**	**N°. Reporte:** 1 **Fecha de inspección:** 6-10-2018 **Cliente:** Fiscalizadores del Proyecto

INFORMACIÓN GENERAL	
Empresa: UPS	**Ubicación del proyecto:** Cantón Gualaceo-sector Patul Bajo, entre las calles Hernán Cordero Cárdenas, Alfonso Río Marcos y Av. Gran Colector
Tipo de proyecto: Estructura soldada para terminal de transporte terrestre del cantón Gualaceo provincia del Azuay	**Normativas:** - ASTM E - 164 - AWS D1.1. 2015

INFORMACIÓN DE LA INSPECCIÓN	
Descripción de la pieza:	Perfil 300x19x11
Proceso de fabricación:	Soldadura de calificación de procedimiento con FCAW
Tipo de material:	ASTM A572 G50
Espesor del material:	19 [mm]
Estado del cordón de soladura:	Rugosidad normal

EQUIPOS Y MATERIALES			
ULTRASONIDO			
Marca:	Modelo:	Rango de Frecuencia:	Fuente de poder:
SIUI	SYNCSCAN	5 MHz	Batería Ión-litio
TRANSDUCTOR			
Marca:	Modelo:	Angulo nominal:	Dimensiones:
SIUI	SYNCSCAN	70°	35x18mm

PARÁMETROS DE LA INSPECCIÓN			
Campo:	Ganancia:	Velocidad de sonido:	Acoplante:
150 mm	47.90 dB	3229m/s	Solución de carboximetil celulosa

ESQUEMA DE LA JUNTA

CRITERIO DE ACEPTACIÓN Y RECHAZO

Para los criterios de aceptación y rechazo se establece la normativa AWS D1.1 tabla 6.2 de la normativa la cual se presente a continuación:

Clase de severidad de la discontinuidad	Espesor de la soldadura (*) en mm y ángulo del palpador										
	≥ 8 ≤ 19	> 20 ≤ 38	> 38 ≤ 65			> 65 ≤ 100			>100 ≤ 200		
	70°	70°	70°	60°	45°	70°	60°	45°	70°	60°	45°
Clase A	+5 y menor	+2 y menor	-2 y menor	+1 y menor	+3 y menor	-5 y menor	-2 y menor	0 y menor	-7 y menor	-4 y menor	-1 y menor
Clase B	+6	+3	-1 0	+2 +3	+4 +5	-4 -3	-1 0	+1 +2	-6 -5	-3 -2	0 +1
Clase C	+7	+4	+1 +2	+4 +5	+6 +7	-2 a +2	+1 +2	+3 +4	-4 a +2	-1 a +2	+2 +3
Clase D	+8 y mayor	+5 y mayor	+3 y mayor	+6 y mayor	+8 y mayor	+3 y mayor	+3 y mayor	+5 y mayor	+3 y mayor	+3 y mayor	+4 y mayor

Notas:

1. Las discontinuidades de Clase ***B*** deben estar separadas al menos por ***2L***, siendo ***L*** el largo de la mayor discontinuidad, excepto que cuando dos o más de tales discontinuidades no están separadas por al menos ***2L***, pero el largo combinado de las discontinuidades y su separación es igual o menor que el largo máximo admisible bajo las disposiciones de las Clases ***B*** o ***C***, la discontinuidad debe considerarse como una única discontinuidad aceptable.
2. Las discontinuidades de Clase ***B*** y ***C*** no deben comenzar a una distancia menor que ***2L*** desde los finales de las soldaduras que soportan esfuerzos de tracción principales, siendo ***L*** el largo de la discontinuidad.
3. Las discontinuidades detectadas en el área de la cara de la raíz en una soldadura con ***JPC*** con bisel doble, deben ser evaluadas usando una clasificación de la indicación ***4 dB*** más sensible, que la descripta en 6.6.11.13, cuando tales soldaduras son indicadas como "soldadura bajo tracción" en los planos (restar ***4 dB*** para el nivel de referencia "***b***")
4. Soldaduras por electro escoria o electrogas: en las discontinuidades que exceden los ***51 mm*** se debe sospechar que son porosidad vermicular y deberá ser examinada adicionalmente mediante radiografía.
5. Para indicaciones que se mantienen en el monitor, cuando el palpador se mueve, referirse a 6.3.8.1.

(*) El espesor de la soldadura se debe definir como el espesor nominal del elemento estructural de menor espesor a ser unido.

Clase A **(discontinuidades grandes)**
Cualquier indicación en esta categoría debe ser rechazada (sin tener en cuenta el largo)

Clase B **(discontinuidades medias)**
Cualquier indicación en esta categoría que tenga un largo mayor que 20 mm debe ser rechazada

Clase C **(discontinuidades pequeñas)**
Cualquier indicación en esta categoría que tenga un largo mayor que 50 mm debe ser rechazada

Clase D **(discontinuidades menores)**
Cualquier indicación en esta categoría debe ser aceptada sin tener en cuenta el largo o ubicación en la soldadura.

Niveles de barrido o exploración	
Trayectoria (**) en mm	**Referencia por encima de cero, *dB***
≤ 65	14
> 65 ≤125	19
>125 ≤ 250	29
>250 ≤380	39

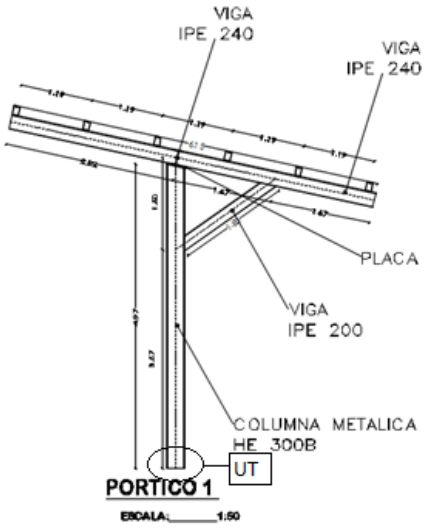
(**) Esta columna se refiere a la distancia recorrida por el haz, NO al espesor del material.

REPORTE FOTOGRÁFICO

CRITERIO PARA MUESTREO DE ULTRASONIDO

A continuación se realiza las pruebas mediante muestreo como nos indica la normativa AWS D1.1 en el anexo K

Disposición opcional	Especificación típica
Ensayos no destructivos (continuación)	**Fabricación de estructura cargada estáticamente:** Soldaduras en ranuras de tracción con conexión de momento en juntas a tope—25% de inspección ultrasónica de cada una de las cuatro primeras juntas, y desciende al 10% de cada una de las juntas restantes. Criterios de aceptación— Tabla 6.2.
	Soldaduras en filete—MT—Inspección del 10% de la longitud de cada soldadura. Criterios de aceptación— Tabla 6.1 para soldaduras no tubulares y Tabla 9.16 para soldaduras tubulares.
	Fabricación de estructura cargada cíclicamente: Empalmes a tope de tracción—100% de UT, o 100% de RT—Criterios de aceptación—UT: 6.13.2; RT: 6.12.2.
	Soldaduras de esquina de penetración completa en miembros cargados axialmente: Esfuerzos de tracción—100% de UT, patrones de escaneo D o E—Criterios de aceptación—Tabla 6.3.
	Esfuerzos de compresión—25%, UT, movimientos de escaneo A, B o C. Criterios de aceptación—Tabla 6.1.
	Soldaduras en filete—MT—Inspección del 10% de la longitud de cada soldadura—Criterios de aceptación—6.12.2.
	o
(6.15.3)	El rechazo de cualquier porción de una soldadura inspeccionada en menos del 100% requerirá la inspección del 100% de dicha soldadura.
	o
(6.15.3)	El rechazo de cualquier porción de una soldadura inspeccionada en una longitud parcial requerirá la inspección de la longitud establecida en cada lado de la discontinuidad.



PORTICO PARA ANDENES

Conforme a la normativa AWS D1.1 anexo K se relizo la inspección de las vigas selecciona, el cual fue 25 % del total de las vigas de los andenes

UT: Ultrasonido **R:** Reparado **OK**:Aprobado **PF**:Parte Frontal **PP**:Parte Posterior **X**:Reprobado

	UT-PF	UT-PP	UT-R	Observacion
1	X	OK	OK	Aprobado después de la reparación
2	OK	OK	-	
3	OK	OK		
4	OK	OK		Aprobado después de la reparación
5	OK	OK		
6	OK	OK		
7	OK	OK		

8	OK	OK		
9	OK	X	OK	Aprobado después de la reparación
10	OK	OK		
11	OK	OK		
12	OK	OK		

Elaborado por:
Alexander Canga- Carlos Beltrán
Nivel:

Firma:

Aprobado por:
Ing. Paul Pintado
Nivel: II

Firma:

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA ECUADOR

INFORME INSPECCIÓN ULTRASONIDO

N°. Reporte:
2
Fecha de inspección:
15-10-2018
Cliente:
Fiscalizadores del Proyecto

INFORMACIÓN GENERAL

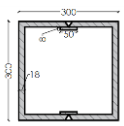
Empresa: UPS

Ubicación del proyecto: Cantón Gualaceo-sector Patul Bajo, entre las calles Hernán Cordero Cárdenas, Alfonso Río Marcos y Av. Gran Colector

Tipo de proyecto: Estructura soldada para terminal de transporte terrestre del cantón Gualaceo provincia del Azuay

Normativas:
- ASTM E - 164
- AWS D1.1. 2015

INFORMACIÓN DE LA INSPECCIÓN

Descripción de la pieza:	Perfil 300x19x11 
Proceso de fabricación:	Soldadura de calificación de procedimiento con FCAW
Tipo de material:	ASTM A572 G50
Espesor del material:	18 [mm]
Estado del cordón de soladura:	Rugosidad normal

EQUIPOS Y MATERIALES

ULTRASONIDO

Marca:	Modelo:	Rango de Frecuencia:	Fuente de poder:
SIUI	SYNCSCAN	5 MHz	Batería Ión-litio

TRANSDUCTOR

Marca:	Modelo:	Angulo nominal:	Dimensiones:
SIUI	SYNCSCAN	70°	35x18mm

PARÁMETROS DE LA INSPECCIÓN

Campo:	Ganancia:	Velocidad de sonido:	Acoplante:
150 mm	47.90 dB	3229m/s	Solución de carboximetil celulosa

ESQUEMA DE LA JUNTA

CRITERIO DE ACEPTACIÓN Y RECHAZO

Para los criterios de aceptación y rechazo se establece la normativa AWS D1.1 tabla 6.2 de la normativa la cual se presente a continuación:

Clase de severidad de la discontinuidad	Espesor de la soldadura (*) en mm y ángulo del palpador										
	≥ 8 ≤ 19	> 20 ≤ 38	> 38 ≤ 65			> 65 ≤ 100			>100 ≤ 200		
	70°	70°	70°	60°	45°	70°	60°	45°	70°	60°	45°
Clase A	+5 y menor	+2 y menor	-2 y menor	+1 y menor	+3 y menor	-5 y menor	-2 y menor	0 y menor	-7 y menor	-4 y menor	-1 y menor
Clase B	+6	+3	-1 0	+2 +3	+4 +5	-4 -3	-1 0	+1 +2	-6 -5	-3 -2	0 +1
Clase C	+7	+4	+1 +2	+4 +5	+6 +7	-2 a +2	+1 +2	+3 +4	-4 a +2	-1 a +2	+2 +3
Clase D	+8 y mayor	+5 y mayor	+3 y mayor	+6 y mayor	+8 y mayor	+3 y mayor	+3 y mayor	+5 y mayor	+3 y mayor	+3 y mayor	+4 y mayor

Notas:

1. Las discontinuidades de Clase ***B*** deben estar separadas al menos por ***2L***, siendo ***L*** el largo de la mayor discontinuidad, excepto que cuando dos o más de tales discontinuidades no están separadas por al menos ***2L***, pero el largo combinado de las discontinuidades y su separación es igual o menor que el largo máximo admisible bajo las disposiciones de las Clases ***B*** o ***C***, la discontinuidad debe considerarse como una única discontinuidad aceptable.
2. Las discontinuidades de Clase ***B*** y ***C*** no deben comenzar a una distancia menor que ***2L*** desde los finales de las soldaduras que soportan esfuerzos de tracción principales, siendo ***L*** el largo de la discontinuidad.
3. Las discontinuidades detectadas en el área de la cara de la raíz en una soldadura con ***JPC*** con bisel doble, deben ser evaluadas usando una clasificación de la indicación ***4 dB*** más sensible, que la descripta en 6.6.11.13, cuando tales soldaduras son indicadas como "soldadura bajo tracción" en los planos (restar ***4 dB*** para el nivel de referencia "***b***")
4. Soldaduras por electro escoria o electrogas: en las discontinuidades que exceden los ***51 mm*** se debe sospechar que son porosidad vermicular y deberá ser examinada adicionalmente mediante radiografía.
5. Para indicaciones que se mantienen en el monitor, cuando el palpador se mueve, referirse a 6.3.8.1.

(*) El espesor de la soldadura se debe definir como el espesor nominal del elemento estructural de menor espesor a ser unido.

Clase A **(discontinuidades grandes)**
Cualquier indicación en esta categoría debe ser rechazada (sin tener en cuenta el largo)

Clase B **(discontinuidades medias)**
Cualquier indicación en esta categoría que tenga un largo mayor que 20 mm debe ser rechazada

Clase C **(discontinuidades pequeñas)**
Cualquier indicación en esta categoría que tenga un largo mayor que 50 mm debe ser rechazada

Clase D **(discontinuidades menores)**
Cualquier indicación en esta categoría debe ser aceptada sin tener en cuenta el largo o ubicación en la soldadura.

Niveles de barrido o exploración

Trayectoria (**) en mm	Referencia por encima de cero, *dB*
≤ 65	14
> 65 ≤125	19
>125 ≤ 250	29
>250 ≤380	39

(**) Esta columna se refiere a la distancia recorrida por el haz, NO al espesor del material.

NIVEL DE DAÑO (decibeles dB)

Clase A	Clase B	Clase C	Clase D
5 dB			

EVALUACIÓN DE DISCONTINUIDAD

Tipos de discontinuidades P: **porosidad** FP: **Falta de Penetración** FF: **Falta de Fusión**

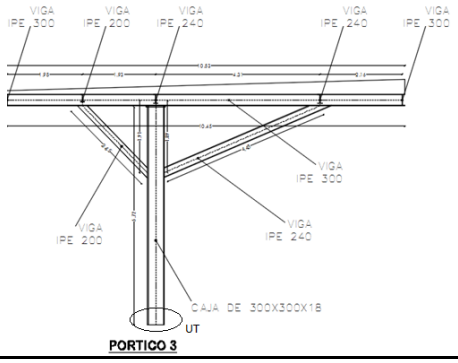
Tipo	Longitud (mm)	Profundidad (mm)	X (mm)	Y (mm)	Evaluación (aceptada o rechazada)	Observación
FP	40	12	150	25	Rechazo	Según los criterios de aceptación y rechazo expuestos en la tabla 6.2 la discontinuidad es de tipo A por ende es rechazada ya que es una discontinuidad de 5 dB

REPORTE FOTOGRÁFICO

CRITERIO PARA MUESTREO DE ULTRASONIDO

A continuación se realiza las pruebas mediante muestreo como nos indica la normativa AWS D1.1 en el anexo K

Disposición opcional	Especificación típica
Ensayos no destructivos (continuación)	**Fabricación de estructura cargada estáticamente:** Soldaduras en ranuras de tracción con conexión de momento en juntas a tope—25% de inspección ultrasónica de cada una de las cuatro primeras juntas, y desciende al 10% de cada una de las juntas restantes. Criterios de aceptación— Tabla 6.2. Soldaduras en filete—MT—Inspección del 10% de la longitud de cada soldadura. Criterios de aceptación— Tabla 6.1 para soldaduras no tubulares y Tabla 9.16 para soldaduras tubulares. **Fabricación de estructura cargada cíclicamente:** Empalmes a tope de tracción—100% de UT, o 100% de RT—Criterios de aceptación—UT: 6.13.2; RT: 6.12.2. **Soldaduras de esquina de penetración completa en miembros cargados axialmente:** Esfuerzos de tracción—100% de UT, patrones de escaneo D o E—Criterios de aceptación—Tabla 6.3. **Esfuerzos de compresión**—25%, UT, movimientos de escaneo A, B o C. Criterios de aceptación—Tabla 6.1. Soldaduras en filete—MT—Inspección del 10% de la longitud de cada soldadura—Criterios de aceptación—6.12.2. *o* (6.15.3) El rechazo de cualquier porción de una soldadura inspeccionada en menos del 100% requerirá la inspección del 100% de dicha soldadura. *o* (6.15.3) El rechazo de cualquier porción de una soldadura inspeccionada en una longitud parcial requerirá la inspección de la longitud establecida en cada lado de la discontinuidad.



Conforme a la normativa AWS D1.1 anexo K se relizo la inspección de las vigas selecciona, el cual fue 25 % del total de las vigas de los andenes

UT: Ultrasonido **R:** Reparado **OK**:Aprobado **PF**:Parte Frontal **PP**:Parte Posterior **X**:Reprobado

	UT-PF	UT-PP	UT-R	UT-PI	UT-PD	Observación
1	OK	OK	OK	OK	OK	
2	OK	OK	OK	OK	OK	
3	X	OK	OK	OK	OK	Aprobado después de la reparación
4	OK	OK	OK	OK	OK	
5	OK	OK	OK	OK	OK	

Elaborado por:
Alexander Canga- Carlos Beltrán
Nivel:

Firma:

Aprobado por:
Ing. Paul Pintado
Nivel: II

Firma:

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA ECUADOR	**INFORME INSPECCIÓN ULTRASONIDO**	**N°. Reporte:** 3 **Fecha de inspección:** 18-10-2018 **Cliente:** Fiscalizadores del Proyecto

INFORMACIÓN GENERAL

Empresa: UPS	**Ubicación del proyecto:** Cantón Gualaceo-sector Patul Bajo, entre las calles Hernán Cordero Cárdenas, Alfonso Río Marcos y Av. Gran Colector
Tipo de proyecto: Estructura soldada para terminal de transporte terrestre del cantón Gualaceo provincia del Azuay	**Normativas:** - ASTM E - 164 - AWS D1.1. 2015

INFORMACIÓN DE LA INSPECCIÓN

Descripción de la pieza:	Perfil 300x19x11
Proceso de fabricación:	Soldadura de calificación de procedimiento con FCAW
Tipo de material:	ASTM A572 G50
Espesor del material:	19 [mm]
Estado del cordón de soladura:	Rugosidad normal

EQUIPOS Y MATERIALES

ULTRASONIDO

Marca:	Modelo:	Rango de Frecuencia:	Fuente de poder:
SIUI	SYNCSCAN	5 MHz	Batería Ión-litio

TRANSDUCTOR

Marca:	Modelo:	Angulo nominal:	Dimensiones:
SIUI	SYNCSCAN	70°	35x18mm

PARÁMETROS DE LA INSPECCIÓN			
Campo:	Ganancia:	Velocidad de sonido:	Acoplante:
150 mm	47.90 dB	3229m/s	Solución de carboximetil celulosa

ESQUEMA DE LA JUNTA

CRITERIO DE ACEPTACIÓN Y RECHAZO

Para los criterios de aceptación y rechazo se establece la normativa AWS D1.1 tabla 6.2 de la normativa la cual se presente a continuación:

Clase de severidad de la discontinuidad	Espesor de la soldadura (*) en mm y ángulo del palpador											
	≥ 8 ≤ 19	> 20 ≤ 38	> 38 ≤ 65			> 65 ≤ 100			>100 ≤ 200		
	70°	70°	70°	60°	45°	70°	60°	45°	70°	60°	45°
Clase A	+5 y menor	+2 y menor	-2 y menor	+1 y menor	+3 y menor	-5 y menor	-2 y menor	0 y menor	-7 y menor	-4 y menor	-1 y menor
Clase B	+6	+3	-1 0	+2 +3	+4 +5	-4 -3	-1 0	+1 +2	-6 -5	-3 -2	0 +1
Clase C	+7	+4	+1 +2	+4 +5	+6 +7	-2 a +2	+1 +2	+3 +4	-4 a +2	-1 a +2	+2 +3
Clase D	+8 y mayor	+5 y mayor	+3 y mayor	+6 y mayor	+8 y mayor	+3 y mayor	+3 y mayor	+5 y mayor	+3 y mayor	+3 y mayor	+4 y mayor

Notas:

1. Las discontinuidades de Clase ***B*** deben estar separadas al menos por ***2L***, siendo ***L*** el largo de la mayor discontinuidad, excepto que cuando dos o más de tales discontinuidades no están separadas por al menos ***2L***, pero el largo combinado de las discontinuidades y su separación es igual o menor que el largo máximo admisible bajo las disposiciones de las Clases ***B*** o ***C***, la discontinuidad debe considerarse como una única discontinuidad aceptable.
2. Las discontinuidades de Clase ***B*** y ***C*** no deben comenzar a una distancia menor que ***2L*** desde los finales de las soldaduras que soportan esfuerzos de tracción principales, siendo ***L*** el largo de la discontinuidad.
3. Las discontinuidades detectadas en el área de la cara de la raíz en una soldadura con ***JPC*** con bisel doble, deben ser evaluadas usando una clasificación de la indicación ***4 dB*** más sensible, que la descripta en 6.6.11.13, cuando tales soldaduras son indicadas como "soldadura bajo tracción" en los planos (restar ***4 dB*** para el nivel de referencia "***b***")
4. Soldaduras por electro escoria o electrogas: en las discontinuidades que exceden los ***51 mm*** se debe sospechar que son porosidad vermicular y deberá ser examinada adicionalmente mediante radiografía.
5. Para indicaciones que se mantienen en el monitor, cuando el palpador se mueve, referirse a 6.3.8.1.

(*) El espesor de la soldadura se debe definir como el espesor nominal del elemento estructural de menor espesor a ser unido.

Clase A **(discontinuidades grandes)**
Cualquier indicación en esta categoría debe ser rechazada (sin tener en cuenta el largo)

Clase B **(discontinuidades medias)**
Cualquier indicación en esta categoría que tenga un largo mayor que 20 mm debe ser rechazada

Clase C **(discontinuidades pequeñas)**
Cualquier indicación en esta categoría que tenga un largo mayor que 50 mm debe ser rechazada

Clase D **(discontinuidades menores)**
Cualquier indicación en esta categoría debe ser aceptada sin tener en cuenta el largo o ubicación en la soldadura.

Niveles de barrido o exploración

Trayectoria (**) en mm	Referencia por encima de cero, *dB*
≤ 65	14
> 65 ≤125	19
>125 ≤ 250	29
>250 ≤380	39

(**) Esta columna se refiere a la distancia recorrida por el haz, NO al espesor del material.

NIVEL DE DAÑO (decibeles dB)

Clase A	Clase B	Clase C	Clase D
5 dB			10 dB

EVALUACIÓN DE DISCONTINUIDAD

Tipos de discontinuidades P: **porosidad** FP: **Falta de Penetración** FF: **Falta de Fusión**

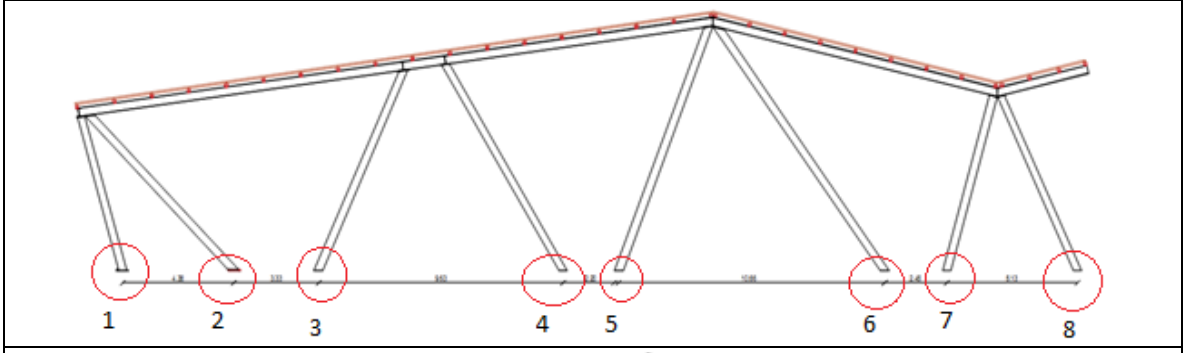
Tipo	Longitud (mm)	Profundidad (mm)	X (mm)	Y (mm)	Evaluación (aceptada o rechazada)	Observación
-	-	-	-	-	Aceptada	Según los criterios de aceptación y rechazo expuestos en la tabla 6.2 la discontinuidad es de tipo D por ende es aceptada ya que es una discontinuidad de 10 dB

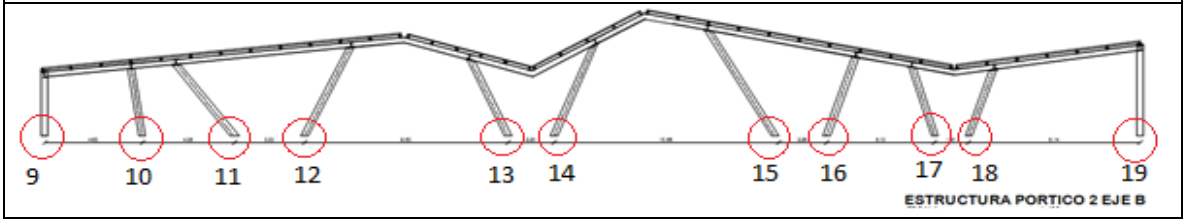
REPORTE FOTOGRÁFICO

CRITERIO PARA MUESTREO DE ULTRASONIDO

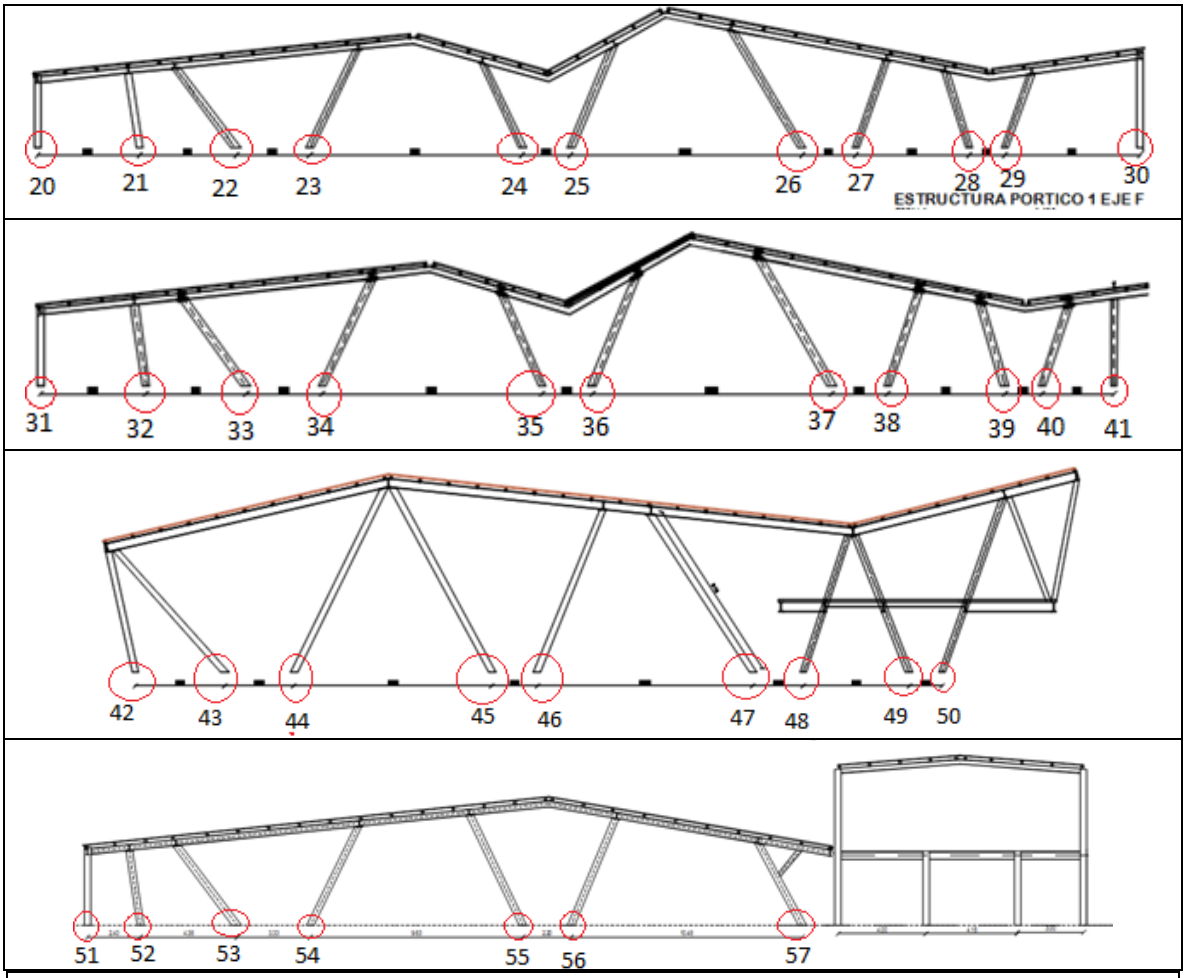
A continuación se realiza las pruebas mediante muestreo como nos indica la normativa AWS D1.1 en el anexo K

Disposición opcional	Especificación típica
Ensayos no destructivos (continuación)	**Fabricación de estructura cargada estáticamente:** Soldaduras en ranuras de tracción con conexión de momento en juntas a tope—25% de inspección ultrasónica de cada una de las cuatro primeras juntas, y desciende al 10% de cada una de las juntas restantes. Criterios de aceptación— Tabla 6.2. Soldaduras en filete—MT—Inspección del 10% de la longitud de cada soldadura. Criterios de aceptación— Tabla 6.1 para soldaduras no tubulares y Tabla 9.16 para soldaduras tubulares. **Fabricación de estructura cargada cíclicamente:** Empalmes a tope de tracción—100% de UT, o 100% de RT—Criterios de aceptación—UT: 6.13.2; RT: 6.12.2. **Soldaduras de esquina de penetración completa en miembros cargados axialmente:** Esfuerzos de tracción—100% de UT, patrones de escaneo D o E—Criterios de aceptación—Tabla 6.3. **Esfuerzos de compresión**—25%, UT, movimientos de escaneo A, B o C. Criterios de aceptación—Tabla 6.1. Soldaduras en filete—MT—Inspección del 10% de la longitud de cada soldadura—Criterios de aceptación—6.12.2. *o* El rechazo de cualquier porción de una soldadura inspeccionada en menos del 100% requerirá la inspección del 100% de dicha soldadura. (6.15.3) *o* El rechazo de cualquier porción de una soldadura inspeccionada en una longitud parcial requerirá la inspección de la longitud establecida en cada lado de la discontinuidad. (6.15.3)





ESTRUCTURA PORTICO 2 EJE B



Conforme a la normativa AWS D1.1 anexo K se relizo la inspección de las vigas selecciona, el cual fue 25 % del total de las vigas de los andenes

UT: Ultrasonido **R:** Reparado **OK**:Aprobado **PF**:Parte Frontal **PP**:Parte Posterior **X**:Reprobado

	UT-PF	UT-PP	UT-R	Observación
1	OK	OK		
2	OK	OK		
3	OK	OK		
4	OK	OK		
5	OK	OK		
6	OK	OK		
7	OK	OK		
8	OK	OK		
9	OK	OK		
10	OK	OK		
11	OK	OK		
12	OK	OK		

13	OK	OK		
14	OK	OK		
15	OK	OK		
16	OK	OK		
17	OK	OK		
18	OK	OK		
19	OK	OK		
20	OK	OK		
21	OK	OK		
22	OK	OK		
23	OK	OK		
24	OK	OK		
25	OK	OK		
26	OK	OK		
27	OK	OK		
28	OK	OK		
29	OK	OK		
30	OK	OK		
31	OK	OK		
32	OK	OK		
33	OK	OK		
34	OK	OK		
35	OK	OK		
36	OK	OK		
37	OK	OK		
38	OK	OK		
39	OK	OK		
40	OK	OK		
41	OK	OK		
42	OK	OK		
43	OK	OK		
44	OK	OK		
45	OK	OK		
46	OK	OK		
47	OK	OK		
48	OK	OK		
49	OK	OK		
50	OK	OK		
51	OK	OK		
52	OK	OK		
53	OK	OK		

54	OK	OK		
55	OK	OK		
56	OK	OK		
57	OK	OK		

Elaborado por:
Alexander Canga- Carlos Beltrán
Nivel:

Firma:

Aprobado por:
Ing. Paul Pintado
Nivel: II

Firma: