Escuela Técnica Superior de Ingenieros

INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

Proyecto Fin de Grado

RECUPERACIÓN DE UN QUEMADOR/INCINERADOR DE UN HORNO DE REACCIÓN PARA PETRONOR.

Burner/Incinerator recovery from a reaction furnace for Petronor

Para acceder al Título de

GRADUADO EN INGENIERÍA MECÁNICA

Autor: Roberto Muriedas Vallejo

Febrero – 2023

RESUMEN

Este proyecto aborda la recuperación de los elementos de un horno de reacción que más desgaste han sufrido durante su servicio. Este horno de reacción está instalado en una de las plantas de recuperación de azufre de la empresa Petróleos del Norte S.A., cuya actividad industrial se centra en el tratamiento de los crudos.

La empresa Atecsol Welding Applications S.L., con el ingeniero Roberto Muriedas Vallejo como director del proyecto, es la encargada de la realización del proyecto, tanto la parte de diseño como la parte de la fabricación.

Primero se incluye un marco del proyecto, el cual pone en situación de la función que va a realizar el equipo a recuperar y las condiciones a las que va a estar expuesto.

Se continua con el diseño geométrico mediante el software AutoCAD. Este diseño incluye todos los planos de diseño del horno de reacción que definen perfectamente las características geométricas y materiales seleccionados para cada componente del equipo.

Posteriormente se describen los cálculos realizados mediante el software PV Elite que verifican que las características geométricas y mecánicas seleccionadas para el horno de reacción van a soportar las solicitaciones a las que va a estar expuesto durante su funcionamiento.

Por último, se incluyen los ensayos finales realizados al equipo para comprobar la ausencia de defectos durante su fabricación.

ABSTRACT

This project deals with the recovery of the elements of a reaction furnace that have suffered the most wear during its service. This reaction furnace is installed in one of the sulfur recovery plants of the company Petróleos del Norte S.A., whose industrial activity is focused in the treatment of crude oil.

The company Atecsol Welding Applications S.L., with the engineer Roberto Muriedas Vallejo as project manager, oversees carrying out the project, both the design part and the manufacturing part.

First, a project framework is included, which sets out the function that the team to recover is going to perform and the conditions to which it will be exposed.

The geometric design continues through the AutoCAD software. This design includes all the design plans of the reaction furnace that perfectly define the geometric characteristics and materials selected for each component of the equipment.

Subsequently, the calculations made using the PV Elite software are described, which verify that the geometric and mechanical characteristics selected for the reaction furnace will withstand the stresses to which it will be exposed during its operation.

Finally, the final tests carried out on the equipment are included to verify the absence of defects during its manufacture.

ÍNDICE GENERAL

1. DOCUMENTO I. MEMORIA DESCRIPTIVA 6

2. DOCUMENTO II. ANEXOS 87

3. DOCUMENTO III. PLANOS 133

4. DOCUMENTO IV. PLIEGO DE CONDICIONES 144

5. DOCUMENTO V. PRESUPUESTO 152

1. DOCUMENTO I. MEMORIA DESCRIPTIVA

ÍNDICE

1. INTRODUCCION 13

2. OBJETIVOS 14

3. MARCO DEL PROYECTO 16

4. SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO 17

4.1 LUGAR DE FABRICACIÓN DE LA PIEZA SOLICITADA. 17
4.2 EMPLAZAMIENTO DEL EQUIPO DURANTE SU SERVICIO 18

5. ESTADO DEL ARTE 20

5.1 REFINERIA DE PETROLEO ¿QUE ES Y QUE HACE? 20
5.2 PROCESO DE DESTILACIÓN FRACCIONADA 20
5.3 PROCESO DE CONVERSIÓN DEL CRUDO 22
5.4 PROCESO DE TRATAMIENTO DE LOS CRUDOS 23
5.5 PARTES DE UNA REFINERIA DE PETROLEO 24
1.1.1 Almacenes de petróleo. 24
1.1.2 Antorchas 25
1.1.3 Hornos de precalentamiento. 26
1.1.4 Columna de fraccionamiento 26
1.1.5 Tanques de almacenamiento 27
1.1.6 Planta de recuperación de azufre. 27

6. CARACTERISTICAS DEL QUEMADOR A RECUPERAR 29

6.1 PARTES PRINCIPALES DEL QUEMADOR 29
6.2 IDENTIFICACIÓN DE LAS PARTES NO DAÑADAS 31
6.3 CROQUIZADO DEL QUEMADOR A RECUPERAR 33

7. DESAROLLO DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA 37

7.1 CÁMARA DE COMBUSTIÓN 37
1.1.7 Partes 37
1.1.8 Condiciones de diseño 38
1.1.9 Materiales 39
1.1.10 Cálculos 39
1.1.10.1 Verificación del espesor seleccionado mediante PV Elite 39
1.1.10.2 Cálculo de chapas planas para fabricar virolas rectas 47
1.1.10.3 Cálculo de chapas planas para fabricar virolas cónicas 48

1.1.11 Proceso de fabricación de la solución 50
1.1.11.1 Curvado del cuerpo 50
1.1.11.2 Selección y/o fabricación de Bridas 50
1.1.11.3 Corte de las Placas de separación 51
1.1.11.4 Transiciones brida-cámara 52
1.1.11.5 Fabricación de las toberas 53
1.1.11.6 Fundición del conjunto de álabes de mezclado 54
1.1.11.7 Curvado del último tramo 54
1.1.11.8 Soldaduras 55
7.2 ENVOLVENTE DE AIRE 57
1.1.12 Partes 57
1.1.13 Condiciones de diseño 58
1.1.14 Materiales 58
1.1.15 Cálculos 59
1.1.15.1 Cálculo de chapas planas para fabricar virolas rectas 59
1.1.15.2 Cálculo de chapas planas para fabricar virolas cónicas 60
1.1.16 Proceso de fabricación de la solución 61
1.1.16.1 Curvado de los tres tramos del cuerpo 61
1.1.16.2 Selección y/o fabricación de Bridas 61
1.1.16.3 Elección del carrete de tubo 62
1.1.16.4 Soldaduras 62
8. CUALIFICACIÓN PROCESOS DE SOLDEO 64
8.1 REGISTROS DE CUALIFICACIÓN DE LOS PROCEDIMIENTOS (PQR'S). 64
1.1.17 Registros de cualificación para procedimientos de soldadura a tope en chapa. 65
1.1.18 Registros de cualificación para procedimientos de soldadura a tope en tubo. 71
8.2 ESPECIFICACIONES DE LOS PROCEDIMIENTOS DE SOLDADURA (WPS'S).74
9. ENSAMBLAJE DEL CONJUNTO COMPLETO 76
10. ENSAYOS 81
10.1 ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS 81
1.1.19 Control dimensional. 81
1.1.20 Inspección visual. 83
1.1.21 Examen radiográfico de soldaduras. 83
11. TRANSPORTE DEL EQUIPO 85
12. CONCLUSIONES 86

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Emplazamiento Atecsol Soldaduras SL.. 17

Ilustración 2. Comunicaciones Atecsol Soldaduras SL. 17

Ilustración 3. Comunicaciones Atecsol Soldaduras SL. 18

Ilustración 4. Emplazamiento Petronor (Somorrostro). 18

Ilustración 5. Comunicaciones Petronor (Somorrostro). 19

Ilustración 6. Destilación fraccionada. 21

Ilustración 7. Destilación fraccionada Petronor. 22

Ilustración 8. Almacenes de petróleo. 24

Ilustración 9. Antorchas. 25

Ilustración 10. Condensador en columna de fraccionamiento. 26

Ilustración 11. Esquema proceso Claus y los componentes intervinientes en dicho proceso. 27

Ilustración 12. Esquema partes principales del quemador. 29

Ilustración 13. Primera zona afectada por la corrosión: A) Localización en el plano, B) y C) Imágenes reales del desgaste 32

Ilustración 14. Segunda zona afectada por la corrosión: A) Localización en el plano, B) y C) Imágenes reales del desgaste 33

Ilustración 15. Listado de materiales. 34

Ilustración 16. Cajetín asociado a los planos de diseño. 35

Ilustración 17. Tabla de tolerancias asociadas a los planos de diseño. 35

Ilustración 18. Pesos del equipo. 35

Ilustración 19. Tabla de códigos y normas aplicables. 35

Ilustración 20. Tabla de condiciones de diseño. 36

Ilustración 21. Esquema cámara de combustión. 37

Ilustración 22. Geometría del cuerpo de la cámara de combustión en PV Elite. 40

Ilustración 23. Longitud circunferencia. 47

Ilustración 24. Desarrollo tronco de cono. 48

Ilustración 25. Cálculo generatriz. 49

Ilustración 26. Rodillos de curvado. 50

Ilustración 27. Ejemplo de operación de oxicorte. 52

Ilustración 28. Tobera entrada de aire. 53

Ilustración 29. Anidado chapas soporte. 53

Ilustración 30. Soldaduras cámara de combustión. 55

Ilustración 31. Esquema envolvente de aire. 57

Ilustración 32. Soldaduras en la envolvente de aire. 62

Ilustración 33. Cupón de prueba para soldaduras a tope en chapa.. 65

Ilustración 34. Zonas de ensayo cupón de prueba soldaduras a tope en chapa. 65

Ilustración 35. Soldadura para PQR 157. 67

Ilustración 36. Resultados ensayo de tracción PQR 157. 68

Ilustración 37. Resultados ensayo de doblado PQR 157. 68

Ilustración 38. Resultados macrografía para PQR 157. 69

Ilustración 39. Valores de dureza máxima admisible (HV 10) segun norma.. 70

Ilustración 40. Valores de dureza obtenidos tras la primera etapa del tratamiento térmico. 70

Ilustración 41. Valores de dureza obtenidos tras la segunda etapa del tratamiento térmico. 71

Ilustración 42. Cupón de prueba para soldaduras a tope en tubo. 71

Ilustración 43. Zonas de ensayo cupón de prueba soldaduras a tope en tubo. 72

Ilustración 44. Soldadura para PQR 231.. 73

Ilustración 45. Esparrago roscado (DIN-976). 76

Ilustración 46. Tuerca hexagonal (DIN-934). 76

Ilustración 47. Perno de elevación (DIN-480). 76

Ilustración 48. Tornillo roscado (DIN-933). 76

Ilustración 49. Tuerca hexagonal ciega (DIN-1587). 77

Ilustración 50. Guide Pin. 77

Ilustración 51. Espárrago roscado (DIN 2510). 77

Ilustración 52. Tabla de propiedades de las juntas. 79

Ilustración 53. Posición de las juntas de brida para el anclaje de la envolvente de aire. 79

Ilustración 54. Medidor de espesores por ultrasonidos. 82

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Datos para cálculo de espesores. 43

Tabla 2. Datos para cálculo de MAP. 44

Tabla 3. Datos para cálculo de MAWP. 46

Tabla 4. Resultados cálculo de presiones y espesores. 46

Tabla 5. Welding List cámara de combustión 57

Tabla 6. Welding List envolvente de aire. 63

Tabla 7. Resumen de las características de la tornillería utilizada. 78

1. INTRODUCCION

Durante el proceso de destilado de los crudos llevado a cabo en las refinerías de petróleo, uno de los impactos ambientales más difíciles de controlar son las emisiones gaseosas nocivas, las cuales pueden afectar a las áreas vecinas a la refinería.

Para conseguir reducir estas emisiones a la atmosfera, las refinerías instalan plantas de recuperación de azufre que, aplicando el proceso Claus, convierten el sulfuro de hidrogeno presente en el gas ácido de amina y en el gas agrio de amoniaco, en azufre elemental (puro), además el amoniaco se combina con el aire para producir nitrógeno no-contaminante y vapor de agua.

La recuperación y conversión de gases agrios mediante el Proceso Claus, se realiza en dos etapas; etapa térmica y etapa catalítica.

Debido a las altas temperaturas que se alcanzan durante el proceso térmico en la primera etapa de recuperación del azufre, además de la corrosión que producen los gases agrios, el horno de diseño especial o horno de reacción en el que se realiza esta primera etapa de conversión es uno de los componentes de las plantas de recuperación de azufre que más desgaste sufre.

La empresa cántabra Atecsol Welding Applications [1] destinada al diseño, fabricación y/o recuperación de equipos y componentes a presión, recibe un encargo por parte de Petronor para la recuperación de uno de estos hornos de diseño especial instalado en su planta de recuperación de azufre de Somorrostro (Vizcaya).

Para la recuperación de este horno de reacción se establece el objetivo de reacondicionar los componentes del horno que se puedan aprovechar y rediseñar aquellos que presenten desgastes que puedan afectar a su servicio.

2. OBJETIVOS

Este documento se corresponde con el Proyecto Final de Grado (PFG) del alumno Roberto Muriedas Vallejo matriculado en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Telecomunicaciones e Industriales (ETSIIT) de la Universidad de Cantabria (UC) en el Grado en Ingeniería Mecánica.

El proyecto en cuestión aborda el proceso de recuperación y reacondicionamiento de un quemador/incinerador, el cual forma parte del proceso de desulfuración llevado a cabo por la petroquímica Petróleos del Norte (PETRONOR) desde una de sus plantas de recuperación de azufre en la refinería ubicada en Somorrostro (Vizcaya).

A continuación, se describe el objetivo general del proyecto, así como los objetivos específicos que se deben cumplir para llegar a este objetivo general.

El objetivo general del proyecto será:

- Reacondicionamiento de los componentes de un quemador debido al desgaste sufrido durante su servicio y rediseñar aquellos componentes que presenten más síntomas de desgaste.

Para cumplir este objetivo general, se plantean los siguientes objetivos específicos:

- Realización de una revisión visual del estado de desgaste en el que se encuentran los componentes del quemador.
- Cálculo estructural del equipo teniendo en cuenta, condiciones servicio u operación a las que va a estar expuesto el equipo, material de cada componente y sus propiedades mecánicas.
- Planificación de las distintas soldaduras que van a unir los componentes del quemador.
- Acopio de los materiales necesarios para la fabricación del equipo.
- Realización de los ensayos destructivos y no destructivos necesarios.
- Otro objetivo específico importante que se busca conseguir con la realización de este proyecto es reflejar y demostrar los conocimientos adquiridos a lo largo de la titulación,

además del aprendizaje por parte del alumno en el ámbito de la elaboración de documentos profesionales.

3. MARCO DEL PROYECTO

El alumno comienza realizando sus prácticas académicas en Atecsol Welding Applications, empresa fundada en el año 2000 por personal técnico profesional con más de 25 años de experiencia en la fabricación de equipos y bienes industriales [1].

Se estableció originalmente ofreciendo soluciones técnicas a los requisitos de fabricación de equipos para el sector nuclear. El conocimiento adquirido, junto con una fuerte apuesta por la diversificación, permitió que a partir del año 2005 se comience a ofrecer servicios y productos con unos requisitos muy exigentes de calidad para sectores energético, depuración de aguas y oil&gas [1].

Situada en el norte de España, cuenta con una red de colaboradores y distribución a nivel internacional que sitúa a Atecsol como referente en su sector.

Tras el periodo de prácticas el alumno fue contratado como director de proyectos y se le adjudicaron distintos proyectos, uno de ellos fue la recuperación de este quemador o horno de reacción.

La empresa solicitante solicito a varias empresas colaboradoras del sector una oferta para la recuperación y reacondicionamiento de este quemador de uno de sus hornos de reacción, tras valorar todas las propuestas se adjudicó a Atecsol el proyecto.

4. SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO

4.1 LUGAR DE FABRICACIÓN DE LA PIEZA SOLICITADA.

Este proyecto de diseño y fabricación del quemador se llevará a cabo tanto la parte técnica como la parte de fabricación en la sede de la empresa Atecsol Soldaduras SL. situada en el polígono de Trascueto en el término municipal de Herrera de Camargo (Cantabria).

Ilustración 1. Emplazamiento Atecsol Soldaduras SL..

Estas instalaciones de ATECSOL Soldaduras S.L. en Herrera de Camargo, están situadas, a tan solo 2 km con la carretera nacional N-623 y a 1 km de la carretera nacional N-635, además la sede se sitúa a tan solo 5 km de la Autovía Cantabria-Meseta (A-67) a través de la S-30 y a 10 km de la Autopista del Cantábrico (A-8), a través de la S-10 en su paso por Solares (Medio Cudeyo).

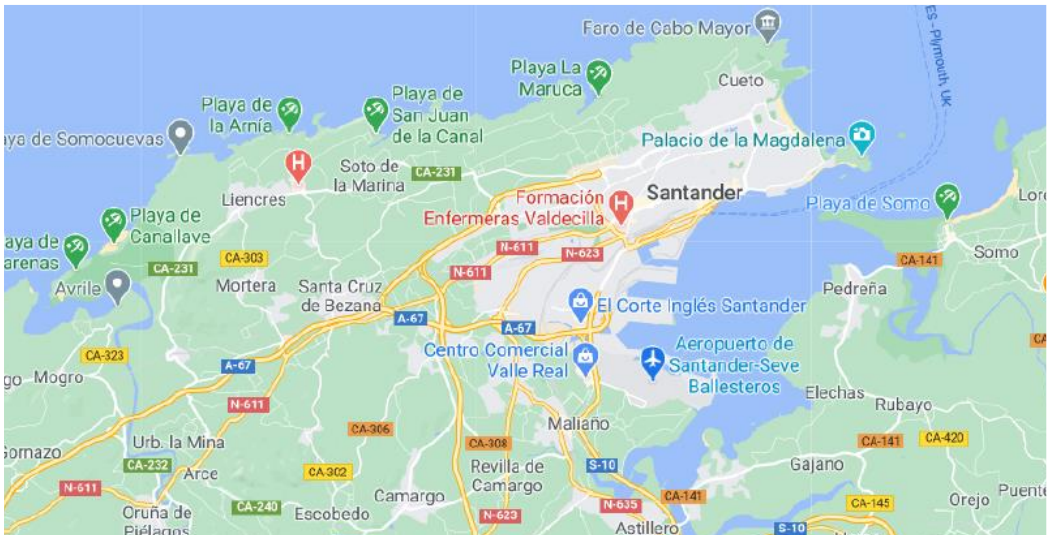


Ilustración 2. Comunicaciones Atecsol Soldaduras SL.

La sede en cuestión se sitúa también en una zona cercana tanto al Aeropuerto de Santander Severiano Ballesteros, a tan solo 4 km, como al Puerto de Santander, el cual se encuentra a 6,5 km de distancia.

Ilustración 3. Comunicaciones Atecsol Soldaduras SL.

4.2 EMPLAZAMIENTO DEL EQUIPO DURANTE SU SERVICIO

El quemador en cuestión va a ser instalado en la planta de recuperación de azufre de la empresa Petronor situada en el Valle de Somorrostro (Vizcaya) [2].

Dicha planta de recuperacion de azufre se situa a 80 kilometros de la sede de Atecsol Soldaduras S.L. en Revilla de Camargo donde se llevara a cabo la recuperacion del quemador.

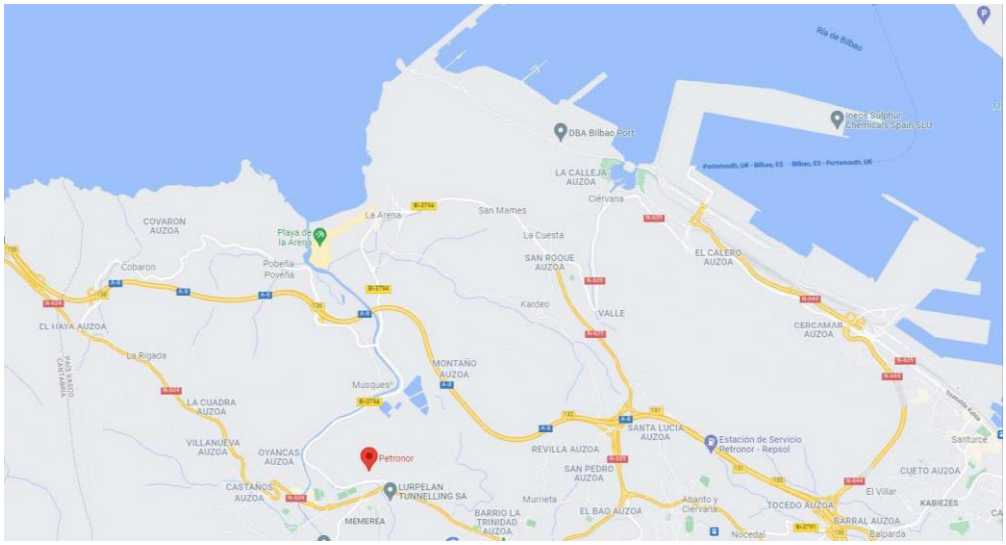


Ilustración 4. Emplazamiento Petronor (Somorrostro).

Igual que la sede de Atecsol Soldaduras SL., esta planta de recuperación de azufre se sitúa cercana a distintas vías de transporte con buenas comunicaciones a nivel nacional, a tan solo 3 km de distancia encontramos un acceso a la carretera Nacional N-634, además a 6 km encontramos el acceso más próximo a la Autopista del Cantábrico (A-8) y a tan solo 10 km de distancia tendríamos el Puerto de Bilbao (Bilbaoport).

Ilustración 5. Comunicaciones Petronor (Somorrostro).

Para este trabajo, tanto para el transporte del equipo a sustituir desde la planta de recuperación hasta la sede de Atecsol Soldaduras SL., como para el transporte final del nuevo equipo fabricado hasta la planta de recuperación de azufre en Somorrostro, como no son unas dimensiones excesivamente grandes, se hará uso de un camión de transporte especial.

5. ESTADO DEL ARTE

5.1 REFINERIA DE PETROLEO ¿QUE ES Y QUE HACE?

Hay que tener en cuenta que el petróleo, tal y como se extrae del yacimiento, no tiene una aplicación práctica si no es procesado.

La refinería es la instalación industrial en la que se transforma ese petróleo crudo en productos que sí son efectivamente útiles para las personas. A ese conjunto de operaciones que se realizan para conseguir estos productos se les denomina “procesos de refino” [3].

Dentro de una refinería, los procesos que se llevan a cabo se pueden clasificar, de forma general en destilación, conversión y tratamiento. Antes de comenzar este proceso de refino se ha de efectuar un análisis de laboratorio, puesto que no todos los crudos son iguales, ni de todos se pueden extraer los mismos productos [4].

Los derivados de crudo que se obtienen son muy diversos, y van desde los gases ligeros, como el propano y el butano, hasta las fracciones más pesadas, como el fuelóleo y los asfaltos, pasando por otros productos como las gasolinas, el gasoil y los aceites lubricantes.

El petróleo contiene todos estos productos en potencia porque está compuesto de hidrocarburos, cuyos dos elementos son el carbono y el hidrógeno, y ambos al combinarse entre sí pueden formar una infinita variedad de moléculas o cadenas de moléculas.

Los productos derivados del crudo tienen distintos puntos de ebullición, que hacen que la temperatura deba ser distinta para cada uno de ellos. Por eso se utiliza un proceso de destilación fraccionada mediante una columna de fraccionamiento. En ella, los vapores se elevan en función de su densidad, creando distintos tipos de productos derivados [5].

5.2 PROCESO DE DESTILACIÓN FRACCIONADA

En este proceso, el petróleo crudo se calienta hasta temperaturas de 400 °C y los vapores producidos son conducidos a través de la torre de destilación, donde se van refrigerando a medida que ascienden [5].

Al refrigerarse, se van condensando las distintas fracciones del petróleo, que se recogen en sucesivos platos para su aprovechamiento.

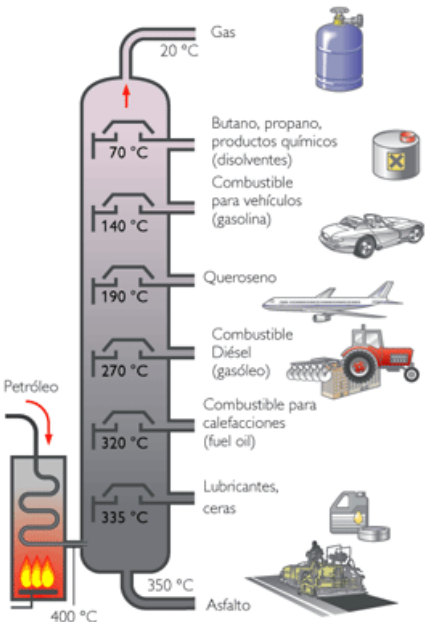


Ilustración 6. Destilación fraccionada [3].

En el caso de Petronor, en este proceso de destilación fraccionada se consiguen distintos productos derivados del petróleo [3].

- Asfaltos, conforman la parte más pesada del petróleo, la que queda en el fondo de la torre de destilación, servirá junto con grava para crear el pavimento de las carreteras.
- Fuelóleos, tienen su origen en la parte más pesada del petróleo y su fin es el de ser combustible de calderas o plantas de energía.
- Gasóleo, una vez obtenidos, pasan por un proceso de desulfuración que da como resultado el conjunto de gasóleos empleados tanto en automoción como en la calefacción doméstica.
- Queroseno, se obtiene en tercer lugar y su uso básico es el de combustible para aviones, una vez enriquecido.
- Naftas, sirven de base para elaborar materias primas con las que se elaborarán una gran variedad de productos químicos. También son la base de las gasolinas.

- GLP, lo primero que se obtiene en la destilación son los gases licuados del petróleo que originan productos como butano o propano.

Ilustración 7. Destilación fraccionada Petronor [2].

5.3 PROCESO DE CONVERSIÓN DEL CRUDO

Existen diferentes procesos de conversión posteriores a la destilación de los crudos que se realizan a las diferentes fracciones del petróleo [6].

Los procesos de conversión como el craqueo, la combinación y la rectificación, modifican el tamaño y la estructura de las moléculas de hidrocarburos para convertir las fracciones en productos de más valor, generalmente este cambio involucra reacciones químicas cuya velocidad se aumenta utilizando catalizadores.

Entonces se puede decir que los procesos de conversión son aquellos en los cuales ocurre la descomposición, arreglo o combinación de hidrocarburos mediante la aplicación de calor con o sin la ayuda de catalizadores, por tanto, existen procesos de conversión térmicos y procesos de conversión catalíticos [7].

Las principales variables involucradas en los procesos de conversión son el tipo de alimentación, tiempo, presión y temperatura.

En estos procesos, los hidrocarburos de igual peso molecular pueden listarse en orden decreciente en función de la tendencia a romperse de la siguiente manera; Parafinas , Olefinas, Diolefinas, Naftenos y Aromáticos.

5.4 PROCESO DE TRATAMIENTO DE LOS CRUDOS

La mayor parte de los productos obtenidos en las unidades antes mencionadas, no pueden ser utilizados tal como se producen [6].

Contienen, en efecto, pequeñas cantidades de compuestos indeseables especialmente productos sulfurados e hidrocarburos inestables que, por su corrosividad o su reactividad, deben ser eliminados.

Estos productos sulfurados e hidrocarburos inestables son entonces sometidos a tratamientos físicos y químicos, diferentes según su naturaleza y su destino, que cumplirán con las especificaciones comerciales establecidas [7].

A continuación, se indican una serie de ejemplos de estos tratamientos físicos y químicos:

Tratamientos físicos [8]:

- Trituración: tratamiento físico de mucho uso para diferentes tipos de residuos sólidos, se usa para reducir el tamaño de partículas como etapas previas para otro tipo de tratamiento.

- Filtración: se usa generalmente para separar dos fases de los compuestos. Un ejemplo del uso de este proceso es la eliminación de sólidos suspendidos en los aceites usados. Como en cualquier tipo de filtración, es muy importante el objeto del proceso y el diámetro de partícula para escoger el material filtrante.

Tratamientos químicos [8]:

- Separación de aceites y aguas: algunos residuos que contienen productos orgánicos pueden ser eliminados por incineración después de separarlos del agua, otros contienen productos cancerígenos (aceites lubricantes) y pueden contaminar las aguas superficiales y subterráneas.

- Recuperación de solventes y combustibles: los solventes combustibles orgánicos son frecuentemente tóxicos y sus vapores, cuando se mezclan con aire, pueden ser

explosivos. Este tipo de residuos es generalmente recuperable y si no es así, se usa la combustión como el mejor método de disposición.

5.5 PARTES DE UNA REFINERIA DE PETROLEO

1.1.1 Almacenes de petróleo.

Hasta que no se procesa, el petróleo queda acumulado en grandes tanques en las instalaciones de la refinería [2].

Ilustración 8. Almacenes de petróleo [18].

Estos tanques pueden llegar a acumular hasta 120 millones de barriles de petróleo, por medidas de seguridad se construyen de igual manera al ras del suelo, pero muy cerca de una zona marina suelo y tienen bombas que succionan el petróleo desde los oleoductos llegando a cubrir toda la capacidad del tanque.

Por otra parte, existe otro oleoducto que sale de estos tanques y se encarga de llevar el crudo a los centros de refinación.

1.1.2 Antorchas

Es el conducto por el cual se permite la salida a la atmósfera de gases resultantes de una combustión.

Ilustración 9. Antorchas [19].

Las antorchas cumplen con dos funciones:

- Son el elemento de seguridad más visible en la planta y contribuyen a asegurar la liberación de hidrocarburos en una situación de emergencia como, por ejemplo, una parada de la refinería. También constituyen un sistema de alivio de sobrepresión, en caso necesario.

- Por otro lado, son un elemento de protección medioambiental puesto que contribuyen a la quema controlada de los gases no reutilizables, tanto en situaciones de emergencia como en paradas programadas y que, en caso de no quemarse, podrían acumularse y crear una nube tóxica e inflamable.

Para cumplir con ambas funciones, las antorchas se encuentran funcionando todos los días del año y a todas horas.

Las antorchas pueden ser de dos tipos:

- Elevadas, que son las más comunes y las que más se suelen visualizar desde lejos en las refinerías

- De suelo, que presentan algunas ventajas como menor visibilidad de la llama, emisiones y ruido y también algunos inconvenientes como un mayor coste, pudiendo provocar nubes de hidrocarburos en caso de mal funcionamiento.

Dentro de las antorchas se sitúan los llamados ventiladores de tiro, su función es mantener la presión de la antorcha dentro de una estrecha banda en torno al punto de consigna para asegurar una combustión satisfactoria, así como una operación segura.

1.1.3 Hornos de precalentamiento.

Sirve para precalentar los fluidos o gases que son comúnmente calentados en etapas, en lugar de tratar de calentarlos una sola etapa desde el ambiente hasta la temperatura final.

El calentamiento en etapas incrementa la eficiencia de la planta y minimiza el choque térmico de los componentes.

Como primer paso de su tratamiento, el petróleo se calienta en un horno hasta alcanzar los 400 grados de temperatura.

Después, se deriva a la torre de destilación o columna de fraccionamiento, que es el elemento más importante de la refinería, y comienza el proceso de refino.

1.1.4 Columna de fraccionamiento

Se compone de una estructura de metal que permite realizar la destilación fraccionada.

En esta, el petróleo asciende por la columna aumentando su temperatura, obteniéndose los derivados de este en el siguiente orden: residuos sólidos, aceites y lubricantes.

Estas columnas de fraccionamiento contienen condensadores que son utilizados para refrigerar los vapores generados, en la destilación fraccionada al calentar el crudo, para así condensar las distintas fracciones del petróleo y obtener sus productos derivados con fines comerciales.

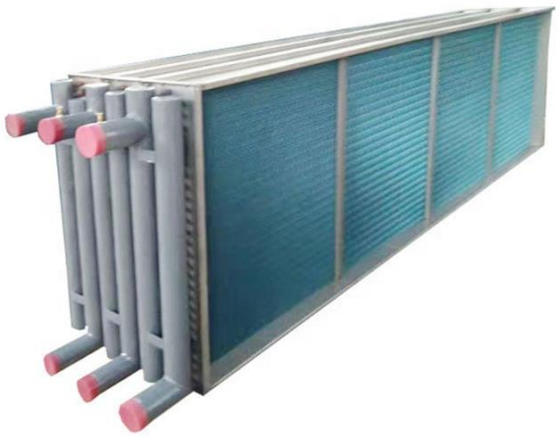


Ilustración 10. Condensador en columna de fraccionamiento [2].

1.1.5 Tanques de almacenamiento

- **Tanque de gasolina refinada**

Es el tanque usado para guardar y/o preservar el gasolina o gasoil refinado.

- **Tanque de diésel refinado**

Es el tanque usado para guardar y/o preservar el diésel refinado.

1.1.6 Planta de recuperación de azufre.

Estas plantas de recuperación de azufre además de contribuir a mejorar la calidad del aire, pues elimina la incineración del producto que actualmente se realiza a través de las antorchas de combustión de las refinerías [9].

Además, incorporan valor económico a la producción obtenida en las refinerías debido a que utilizan un proceso de combustión y catálisis que permite recuperar el 96% del azufre contenido en los gases ácidos.

Este gas ácido es una tipología particular de gas natural o cualquier otra mezcla de gases que contiene cantidades significativas de sulfuro de hidrógeno (H_2S), dióxido de carbono (CO_2) o gases ácidos similares.

La planta de recuperación de azufre sigue el llamado proceso Claus, la recuperación y conversión de gases ácidos mediante el Proceso Claus, se realiza en dos etapas: etapa térmica y etapa catalítica [10].

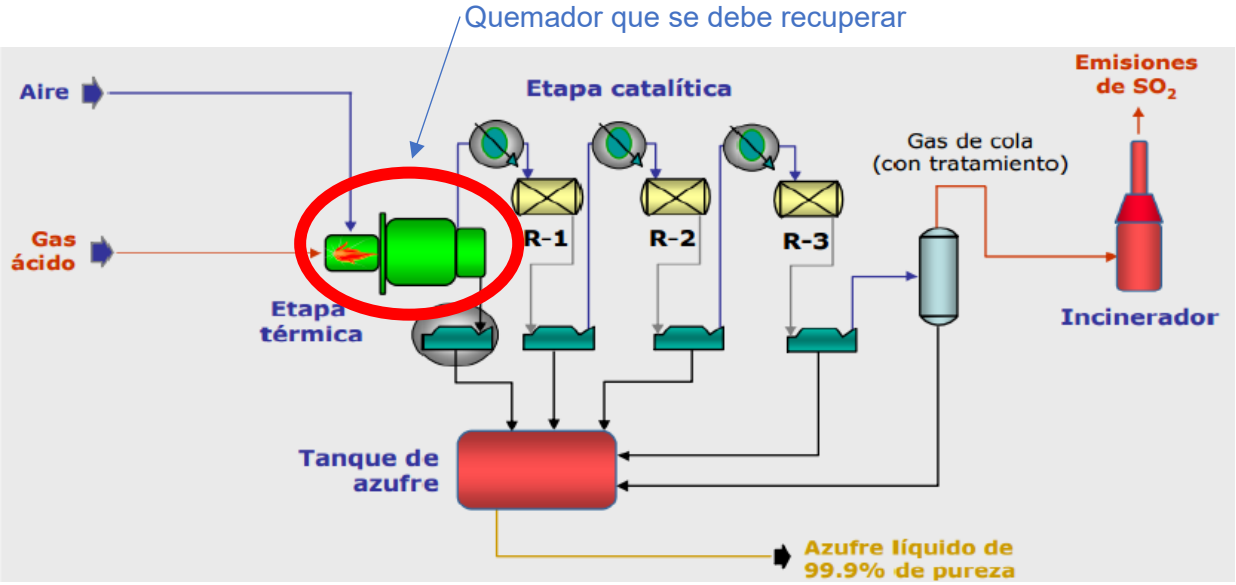


Ilustración 11. Esquema proceso Claus y los componentes intervinientes en dicho proceso [20].

- La primera etapa, o etapa térmica es un proceso térmico que se produce en un horno de diseño especial, con temperaturas que oscilan entre 900 ºC y 1300 ºC. Durante

esta primera etapa se logra una conversión de hasta el 70% del azufre contenido en los gases agrios.

El gas de alimentación, formado por los distintos gases ácidos que se producen al contaminarse el agua con los productos contaminantes del crudo, se envía a un sistema de quemador exclusivo, donde entra en combustión con aire en una relación no estequiométrica, es decir, aquella en la que la masa de los reactivos no es la misma que la masa de productos.

La mezcla resultante de sulfuro de hidrógeno y dióxido de azufre reacciona para formar azufre elemental, que después se extrae por condensación.

La conversión de H_2S a azufre se basa en una combustión controlada con aire, donde 1/3 del H_2S es oxidado a dióxido de azufre (SO_2):

$H_2S + 3/2\ O_2 \longrightarrow SO_2 + H_2O$ + Calor (COMBUSTIÓN)

El SO_2 reacciona con el H_2S restante para formar azufre y vapor de agua de acuerdo con la reacción de Claus:

$H_2S + SO_2 \longrightarrow 3\ S + 2\ H_2O$ + Calor (CONVERSIÓN)

- La segunda etapa de recuperación se logra mediante la utilización de reactores catalíticos que completan la reacción y permiten elevar la conversión a niveles superiores del 96% sobre la carga original.

Ese quemador exclusivo que produce la combustión de los gases ácidos con aire en la primera etapa térmica de la recuperación de azufre es el componente que se pretende recuperar en este proyecto.

6. CARACTERISTICAS DEL QUEMADOR A RECUPERAR

Este quemador forma parte de un horno de reacción situado en la planta de recuperación de azufre, y está formado por distintos componentes tal y como se va a ver a continuación.

6.1 PARTES PRINCIPALES DEL QUEMADOR

Este quemador se compone de un cuerpo principal llamada cámara de combustión, unida a un segundo componente principal llamado envolvente de aire.

A su vez esta envolvente de aire contiene una lanza fuel-gas y una boquilla de ignición, las cuales atraviesan esta para llegar hasta el punto final de la cámara de combustión.

También se tiene un frente de llama de mecheros el cual se sitúa en la entrada de la envolvente de aire.

A continuación, se describen cada uno de los componentes del quemador.

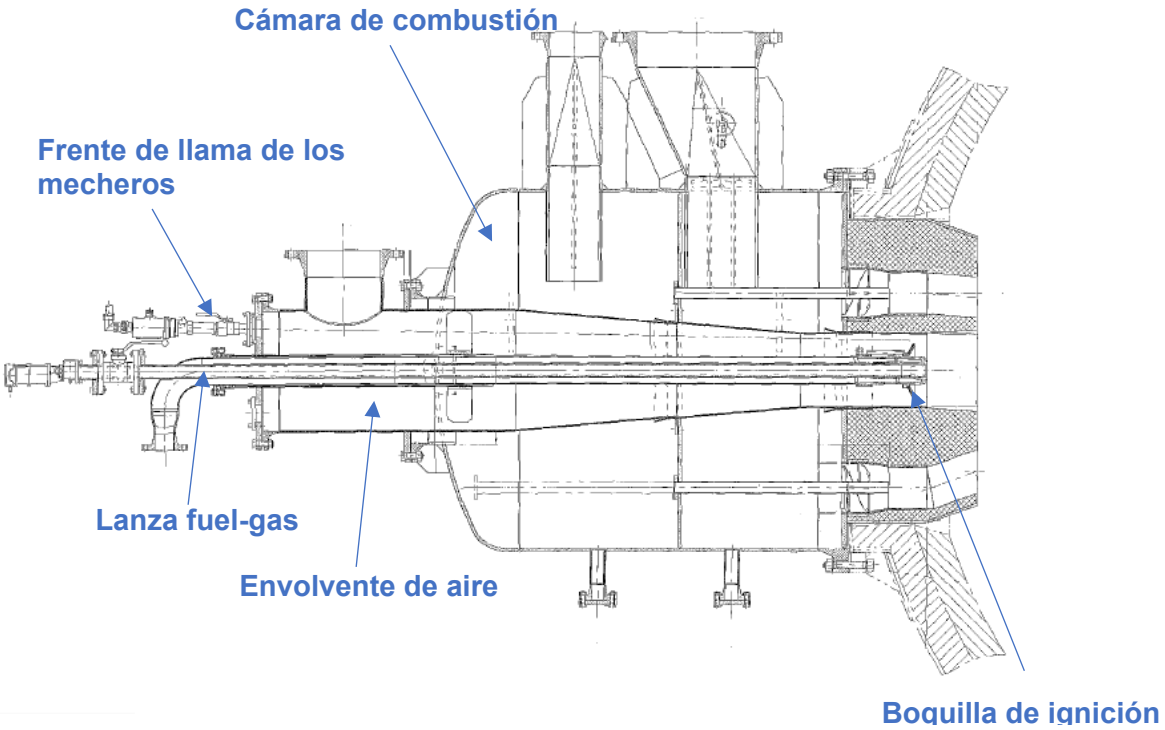


Ilustración 12. Esquema partes principales del quemador.

Cámara de combustión

La cámara de combustión es uno de los elementos más importantes del quemador, ya que se trata del cuerpo principal de este, y es el componente en el cual van a combustionar los gases ácidos para la reducción de las emisiones durante el proceso de destilación de los crudos.

Además, esta cámara de combustión contiene unos álabes de mezclado y unas toberas de entrada de aire hacia la zona donde se realizará la combustión de los gases.

Envolvente de aire

Componente del quemador mediante el cual se conduce el aire de combustión de los gases ácidos al punto final de la lanza de los mecheros, punto donde se produce la transformación de los gases ácidos mediante la reacción del aire con estos y la incorporación de una llama que produce la combustión.

Boquilla de ignición

También llamado Pilot Burner, componente del quemador encargado de generar la llama que hace que, durante la primera fase del proceso de recuperación de azufre, la corriente de gas rica en sulfuro de hidrogeno (2H2S) junto con el aire (2 0_2) combustione produciendo azufre elemental (S) y agua (H_20).

Lanza fuel gas

Componente del quemador a través del cual circula el gas combustible hasta el final del quemador con el fin producir la energía térmica necesaria para la combustión del SO_2 junto con el agua provenientes de los álabes de mezclado en el punto final del quemador.

Frente de llama de los mecheros

Componente encargado de generar la llama necesaria para producir la combustión en el punto final del quemador.

Al producir la llama se genera la combustión del gas combustible junto con el O_2 que circula por la envolvente de aire y se genera la energía térmica necesaria para que el SO_2 + H_2O provenientes de los alabes de mezclado se conviertan en azufre solido más agua.

6.2 IDENTIFICACIÓN DE LAS PARTES NO DAÑADAS

Se comienza realizando una inspección visual del estado de cada uno de estos componentes que forman el quemador y así evaluar cuales de ellos se pueden aprovechar y cuáles de ellos necesitan ser rediseñados y sustituidos.

Después de examinar el estado de todos los componentes del equipo, se deciden aprovechar:

- Boquilla de ignición.
- Frente de llama de los mecheros.
- Lanza fuel-gas.

Estos componentes del quemador no han sufrido desgastes importantes, debido a que únicamente están en contacto con el aire (O_2) cuando este circula a través de la envolvente de aire y no se ven afectados por la corrosión que producen los gases ácidos

Por otra parte, debido a los importantes desgastes producidos por las altas temperaturas y la corrosión que producen los gases ácidos en estos componentes, se deciden sustituir:

- Cámara de combustión.
- Envolvente de aire.

Además, al extraer por medio del proceso Claus el azufre elemental de los gases ácidos este queda almacenado de manera solida a la salida del quemador y algunos restos quedan depositados en las distintas partes del quemador, causando importantes daños debido a la naturaleza corrosiva de este elemento.

A continuación, se muestran unas imágenes donde se puede apreciar el desgaste sufrido por el equipo en la zona de separación de la cámara de combustión y el frente de llama de los mecheros, así como en la zona de los álabes de mezclado y la envolvente de aire, donde aún se pueden observar restos de azufre sólido el cual se ha condensado durante la etapa de recuperación de azufre elemental.

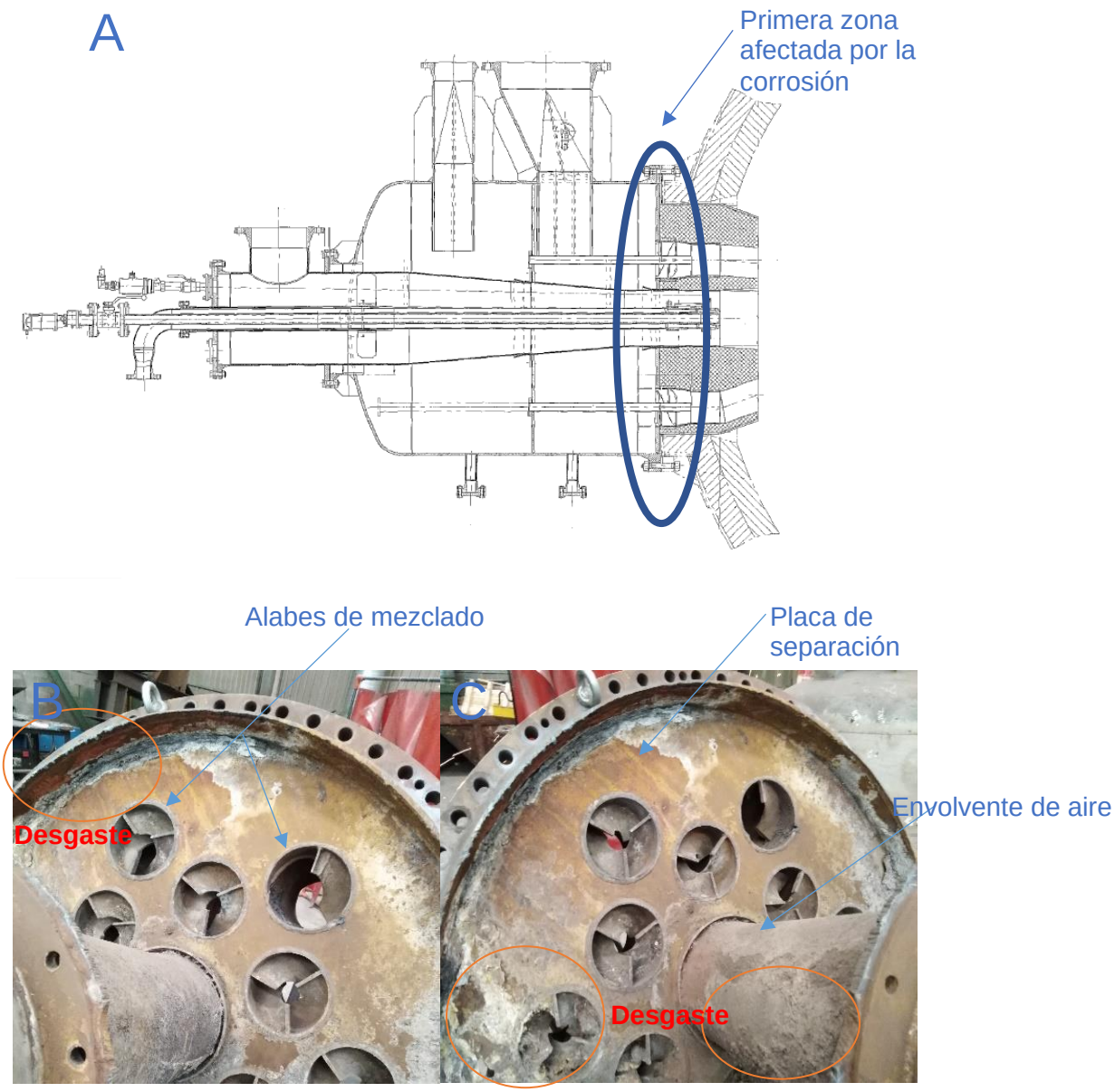


Ilustración 13. Primera zona afectada por la corrosión: A) Localización en el plano, B) y C) Imágenes reales del desgaste

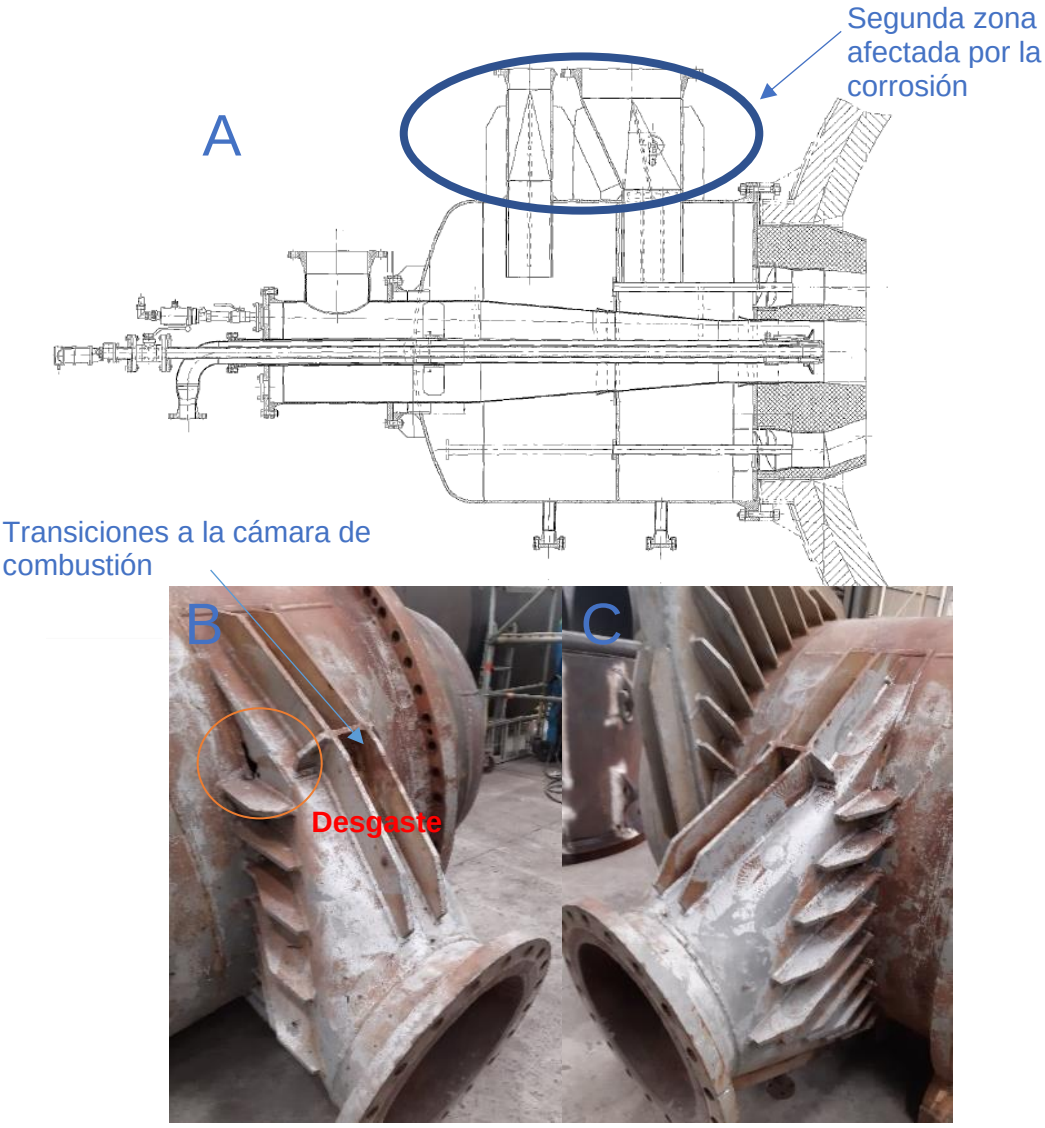


Ilustración 14. Segunda zona afectada por la corrosión: A) Localización en el plano, B) y C) Imágenes reales del desgaste

6.3 CROQUIZADO DEL QUEMADOR A RECUPERAR

Debido a la antigüedad de los planos originales del quemador que envía el cliente “Anexo, Plano, Planos cliente”, no es posible rediseñar los componentes a sustituir basándose en las cotas de estos planos, ya que apenas se pueden distinguir los caracteres numéricos, por tanto, se deben realizar unos nuevos planos de fabricación.

Para la realización de estos nuevos planos de fabricación y debido a que no se pueden apreciar las cotas indicadas en los planos enviados por el cliente, se procede al croquizado del equipo entregado por la empresa solicitante del proyecto haciendo uso de distintos instrumentos de medida como son, una cinta métrica, un calibre, y un mediador de espesores.

Una vez se tengan perfectamente definidas las geometrías de todos los componentes del equipo mediante el croquizado, se procede por medio del software AutoCAD, a la realización de los planos de fabricación del horno de reacción.

Estos planos de fabricación deben contener;

- Todas las geometrías de cada componente perfectamente acotadas.
- Posición que ocupa cada componente en el conjunto general del quemador.
- Lista de materiales donde aparezcan; las calidades de cada ítem, sus cantidades y una descripción abreviada.

Lista de materiales			
Item	Cant.	Descripcion	Material
1	1	Brida ANSI B16.5 20" 150# Sch. STD WNRF	SA-105N
2	1	Transicion	SA516 Gr.60
3	2	Transicion	SA516 Gr.60
4	1	Brida ANSI B16.5 8" 150# Sch. STD WNRF	SA-105N
5	1	Transicion	SA516 Gr.60
6	2	Transicion	SA516 Gr.60
7	2	Brida ANSI B16.5 2" 150# Sch. XS WNRF	SA-105N
8	2	Tubo de 2" Sch. XS L=149mm	SA-106 Gr.B
9	1	Brida de acuerdo a geometria detallada	SA-105N
10	1	Tubo OD=612mm e= 8mm L=116mm	SA-106 Gr.B
11	8	Refuerzo Brida 9 e=10mm	SA516 Gr.60
12	1	Brida Cuerpo	SA-105N
13	1	Fondo eliptico 2:1	SA516 Gr.60
14	1	Carcasa OD=1500mm e=12mm L=1205mm	SA516 Gr.60
15	12	Soporte de tubos	SA516 Gr.60
16	12	Tubo 11/2" 150# Sch. XS L=875mm	SA 310
17	1	Disco de OD=1500mm e=15mm	SA516 Gr.60
18	1	Disco de OD=1500mm e=20mm	SA516 Gr.60
19	1	Carcasa OD=1260mm e=10mm L=330mm	SA516 Gr.60
20	1	Tronco de cono Øi=1240mm / Øi=1094mm e=10mm L=200mm	SA516 Gr.60
21	12	Tubo OD=216mm e= 8mm L=111mm	SA 310
22	12	Tronco de cono Øi=200mm / Øi=170mm e=8mm L=76mm	SA 310
23	12	Tubo OD=186mm e= 8mm L=163mm	SA 310
24	12	Alabes	SA 310
25	1	Brida de acuerdo a geometría detallada WNRF	SA-105N
26	1	Brida ANSI B16.5 12'' 150# Sch. STD WNRF	SA-105N
27	1	Tubo 12" Sch. 30 L=313mm	SA-106 Gr.B
28	1	Soporte Øext.=755mm Øint.=510mm e=25mm	SA516 Gr.60
29	1	Tubo 20" Sch. 20 L=1021mm	SA-106 Gr.B
30	1	Tronco de cono Øi=494mm / Øi=360 mm e=5mm L=605mm	SA516 Gr.60
31	1	Tronco de cono Øi=378mm / Øi=300mm e=5mm L=352mm	SA516 Gr.60
32	1	Tubo OD=310mm e=5mm L=715mm	SA-106 Gr.B
33	1	Tubo 12" e=5mm L=131mm	SA-106 Gr.B
34	1	Tronco de cono Øi=340mm / Øi=310mm e=5mm L=50mm	SA516 Gr.60
35	1	Tronco de cono Øi=424mm / Øi=378mm e=5mm L=58mm	SA516 Gr.60
36	1	Soporte Øext.=500mm Øint.=380mm e=10mm	SA516 Gr.60
37	1	Brida ANSI B16.5 1'' 150# Sch. STD WNRF	SA-105N
38	1	Tubo 1'' Sch. STD L=147mm	SA-106 Gr.B
39	2	Brida Blind 2" RF #150	SA-105N
40	6	Orejeta	SA516 Gr.60
41	36	Refuerzos transiciones	SA516 Gr.60
42	4	Esparrago M20 (bridas N14 y N15)	SA193 B7
43	8	Tuerca M20 (bridas N14 y N15)	SA-194 Gr.2H
44	8	Arandela M20 (bridas N14 y N15)	AC
45	24	Tornillo M12 (soporte de tubos item 15)	AC-8.8
46	24	Tuerca M12 (soporte de tubos item 15)	AC-8
47	24	Arandela M12 (soporte de tubos item 15)	AC-8
48	16	Tornillo M12 (soporte de tubos item 15)	AC-8.8
49	16	Tuerca M16 (soporte item 36)	AC-8
50	16	Arandela M16 (soporte item 36)	AC-8
51	12	Refuerzo boquillas e=8mm	SA516 Gr.60

Ilustración 15. Listado de materiales.

- Cajetín que contenga la información relativa a; título del proyecto, nombre del plano, numero de revisión vigente y revisiones anteriores, formato del plano, persona autora de este, fecha de realización y otros datos de interés.

0	21/09/2020	Emitido para aprobación.	R.M.V.	R.S.H.	R.S.H.
Rev.	Date	Description	Issued	Reviewed	Approved

CLIENT:		MANUFACTURER: ATECSOL WELDING APPLICATIONS	
FORMAT: A1	PROYECTION:	ATECSOL DRAWING No: AT-5634-1 H.1/2	O.T.: 5634
PROJECT: CABEZAL QUEMADOR			REVISION: 00
TITLE: PLANO GENERAL			DATE: 21/09/2020
			SCALE: 1/10
PO NUMBER:			DRAWING: R.M.V.

Ilustración 16. Cajetín asociado a los planos de diseño.

- Tabla de tolerancias que se deben cumplir, de acuerdo con la norma fijada por el cliente en este caso la ISO 2768 Clase C.

TOLERANCIAS acc. ISO 2768. Clase c							
Permissible deviations for linear dimensions (except broken edges)							
0,5 up to 3	Over 3 up to 6	Over 6 up to 30	Over 30 up to 120	Over 120 up to 400	Over 400 up to 1000	Over 1000 up to 2000	Over 2000 up to 4000
±0.2	±0.3	±0.5	±0.8	±1.2	±2	±3	±4
Permissible deviations of angular dimensions. Permissible deviations for ranges of lengths, in mm, of the shorter side of the angle concerned.							
up to 10	Over 10 up to 50	Over 50 up to 120	Over 120 up to 400	Over 400			
±1°30'	±1°	±0°30'	±0°15'	±0°10'			

Ilustración 17. Tabla de tolerancias asociadas a los planos de diseño.

- Pesos del equipo.

PESOS (kg)	
QUEMADOR	2650 kg
BRICKWORK	750 kg
QUEMADOR Y AUXILIAR.	600 kg

Ilustración 18. Pesos del equipo.

- Tabla de codigos y normas aplicables.

CODIGOS Y ESTANDARS APLICABLES

1.– ASME SEC. VIII DIV.1: EDITION 2019
2.– ASME SEC. II PART A: EDITION 2019
3.– ASME SEC. II PART C: EDITION 2019
4.– ASME SEC. II PART D: EDITION 2019
5.– ASME B16.5 (2013): PIPE FLANGES AND FLANGED FITTINGS
6.– ASME B16.20 (2017): METALLIC GASKET FOR PIPE FLANGES SPIRALWOUND
7.– ASME B18.2.2 (2015): SQUARE AND HEX NUTS (INCH SERIES)
8.– ASME B1.1 (2003): UNIFIED INCH SCREW THREADS
9.– ASME 36.10 (2018): WELDED AND SEAMLESS WROUGHT STEEL PIPE

Ilustración 19. Tabla de códigos y normas aplicables.

- Tabla donde se recojan las condiciones de diseño del equipo a fabricar.

TABLA DE CONDICIONES DE DISEÑO			
CÓDIGO DE CONSTRUCCIÓN:	ASME SEC. VIII DIV.1 ED 1998	EFICIENCIA CONJUNTA:	1,0
CASO DE CÓDIGO:	NO APLICABLE	SERVICIO ESPECIAL:	SI (SERVICIO H2S)
PRESIÓN DE DISEÑO:	3.52 BAR	TRATAMIENTO TÉRMICO:	SI
TEMPERATURA DE DISEÑO:	350°C (burner) / 1100°C (refractory)	AISLAMIENTO TÉRMICO:	REFRACTARIO (Otros)
PRESIÓN ENSAYO HIDROEST.:	4.58 BAR	HIC:	SI, NACE MR 01 75
LIMITE SUP. ENSAYO HIDROEST.:	5.2 BAR	NACE:	SI
SERVICIO	Tailgas, Fuelgas, Wastegas	CAPACIDAD:	2.63 m3
TOLERANCIA A LA CORROSIÓN:	3mm	MEDIO DEL PROCESO (ENTRADA/SALIDA):	FUEL GAS, TAILGAS, WASTEAGS
RADIOGRAFÍA:	100% (All Butt Weld)	NUMERO DE SERIE:	5634-01 / 5634-02

Ilustración 20. Tabla de condiciones de diseño.

Tras emitir la primera versión de los planos de fabricación del equipo (AT-5634-01-REV.00), tanto el cliente como el organismo notificado, los aprueban y autorizan la fabricación de acuerdo con lo reflejado en esos planos.

7. DESAROLLO DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA

7.1 CÁMARA DE COMBUSTIÓN

1.1.7 Partes

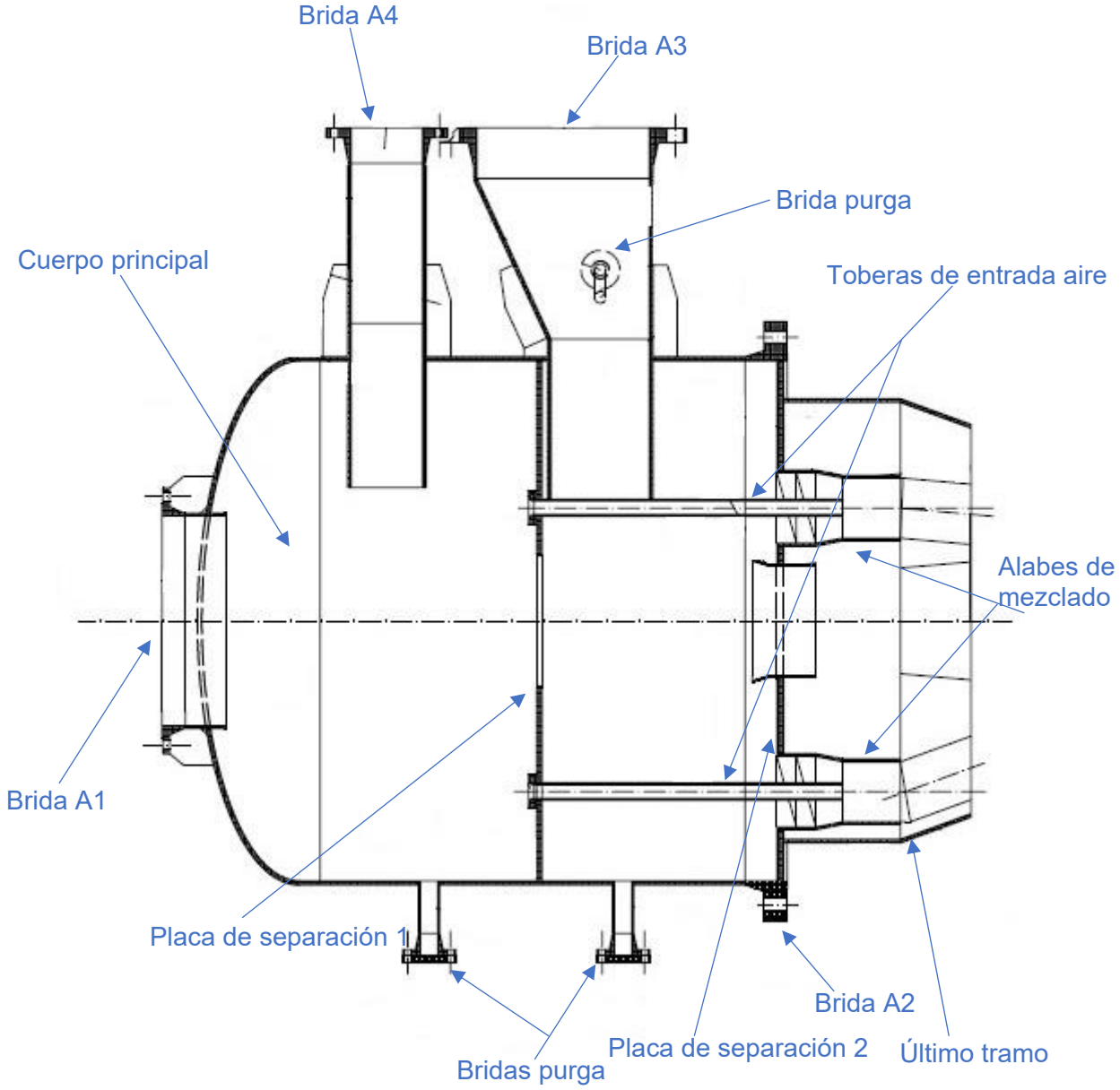


Ilustración 21. Esquema cámara de combustión.

Esta cámara de combustión está formada por un cuerpo principal el cual se compone de una virola recta, unida a un fondo elíptico de relación 2:1 y dos bridas, A1 y A2.

El cuerpo principal de la cámara de combustión está separado por una placa de separación la cual divide la cámara en dos cavidades.

Estas dos cavidades están conectadas a dos bridas, A3 y A4, a través de dos transiciones.

A través de a brida A3 se alimenta oxígeno, O_2, a una de las cavidades de la cámara de combustión y a través de la brida A1 se alimenta el agua contaminada por los gases ácidos del crudo, H_2O + H_2S.

Otros componentes de esta cámara de combustión son las doce toberas de entrada de aire que conectan la cavidad de la cámara en la que se acumula el aire, O_2 , con los doce alabes de mezclado, a través de los cuales circula el agua contaminada desde la segunda cavidad de la cámara.

Además, existe una tercera cavidad formada por una virola recta y un tronco de cono a donde llegan tanto los alabes de mezclado y las toberas de entrada de aire, además de la envolvente de aire junto con la lanza fuel gas. Esta tercera cavidad es el último tramo de la cámara de combustión, donde se produce la combustión para conseguir obtener el azufre solido de los gases ácidos del crudo y así reducir las emisiones nocivas a la atmosfera. Esta tercera cavidad o último tramo de la cámara de combustión esta comunicada con la segunda cavidad a través de la placa de separación 2 y va a servir de entrada de las toberas de entrada de aire, en este último tramo procedentes de la primera cavidad, así como también de entrada de la envolvente de aire.

Quedaría mencionar las bridas de purga que sirven de purgado de las distintas cavidades del quemador, tanto para el O_2 como para el H_2S.

1.1.8 Condiciones de diseño

Normalmente para este tipo de trabajos donde el equipo va a trabajar bajo unas condiciones marcadas, con valores tanto teóricos como prácticos conocidos, el cliente indicará tanto los valores de operación como los valores teóricos.

Los valores teóricos de estas condiciones y solicitaciones son siempre algo mayores para ponernos del lado de la seguridad.

Para la fabricación de este quemador, la empresa solicitante del trabajo fija una serie de condiciones de diseño, para el caso de la cámara de combustión las condiciones de diseño fijadas se muestran a continuación:

- Código de construcción aplicable ASME SEC. VIII Div.1 Ed.1998 [11].
- Presión de diseño: 3,52 bar.
- Temperatura de diseño: para la cámara de combustión 350 ºC y para la zona de recuperación del azufre solido 1100 ºC

- Tolerancia a la corrosión 3 mm.

Además, cabe mencionar que el cliente adjunta una lista de materiales donde fija la calidad de los materiales para cada tipo de componentes.

1.1.9 Materiales

Todas las chapas que formen cada uno de los componentes del quemador deben ser de acero al carbono, calidad SA516 Gr.60 [12].

Para el caso de las bridas que formen el quemador se impone el uso de aceros a carbono de la calidad SA 105N [12].

Por último, se tiene como condición impuesta por el cliente la calidad necesaria para todos los tubos que conformen nuestro quemador, para este caso se trataran de aceros al carbono de calidad SA106 Gr.B [12].

1.1.10 Cálculos

1.1.10.1 Verificación del espesor seleccionado mediante PV Elite

PV-Elite [13] es un programa que permite realizar diseños, cálculos mecánicos y la verificación de recipientes a presión e intercambiadores de calor de acuerdo con ASME VIII División 1 y División 2 [11]. PV-Elite está validado, contrastado y aceptado internacionalmente. Multitud de proyectos en el mundo se han realizado con éxito empleando esta tecnología y cuenta con soporte a nivel mundial. El programa verifica los diferentes componentes a medida que se definen y avisa con un mensaje de error cuando quedan fuera de la norma de cálculo.

Con el cálculo estructural a través del software PV Elite, se verifica que el espesor seleccionado para este componente en base a su geometría, la calidad de material seleccionada y las condiciones de diseño y solicitaciones del equipo es correcto.

Mediante la base de datos que incluye el software se tiene acceso a distintos componentes propios de equipos a presión como son, bridas, tubuladuras, fondos, virolas…Se procede a continuación a realizar el diseño de la cámara de combustión en 3D, representando las características geométricas y calidades del cuerpo de la cámara de combustión que se han seleccionado.

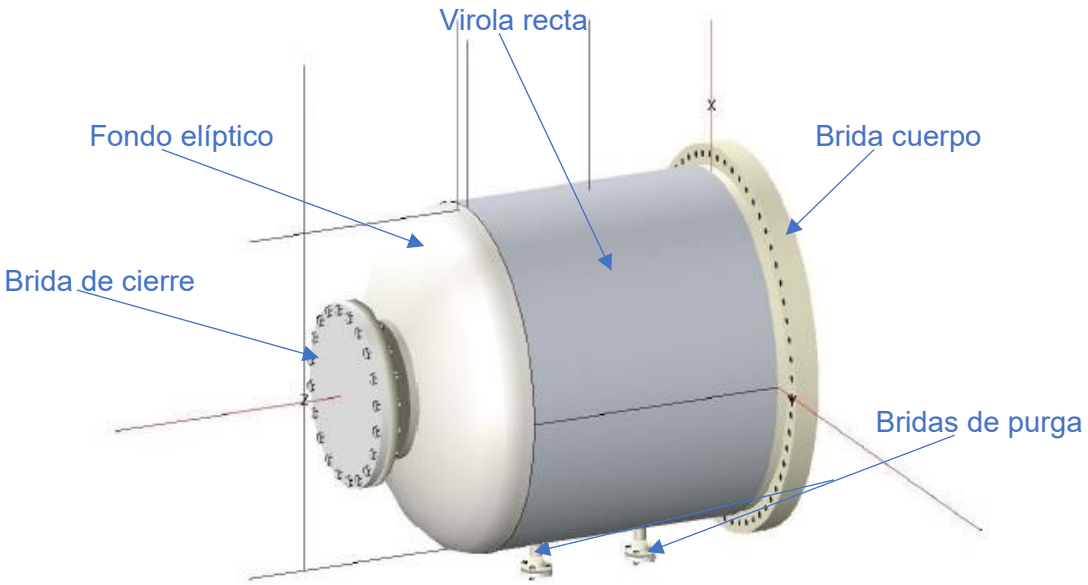


Ilustración 22. Geometría del cuerpo de la cámara de combustión en PV Elite.

Se comienza representando el cuerpo principal de la cámara de combustión. En este caso haciendo uso de la base de datos del software se selecciona una virola recta de diámetro exterior 1500 mm, una altura de 1205 mm y un espesor de 12 mm, tal y como se midió en la fase de croquizado del equipo. Además, se debe indicar la calidad del material seleccionado para la virola, en este caso acero al carbono SA516 Gr.60.

A continuación, se genera el fondo elíptico de relación 2:1; con un diámetro exterior y un espesor iguales a los del cuerpo de la cámara, 1500 mm y 12 mm, nuevamente se selecciona una calidad de acero al carbono SA516 Gr.60.

En el extremo de este fondo elíptico se coloca una brida de cierre de diámetro exterior 755 mm, diámetro interior de 592 mm, una altura de 66 mm y un espesor de 12 mm en el cuello. En este caso el material seleccionado es acero al carbono de calidad SA105-N.

En el extremo de la virola recta opuesto al fondo elíptico se sitúa una brida de diámetro exterior de 1700 mm, diámetro interior de 1476 mm, una altura de 120 mm y 15 mm de espesor en el cuello. Para esta brida se selecciona una calidad de acero al carbono SA105-N.

Por último, se colocan las bridas de purga seleccionando en la base de datos dos bridas ANSI B16.5 de 2” sch.XS de clase 150# Welding Neck Raise Face, se selecciona para estas una calidad de acero al carbono SA105 N.

Después, se deben introducir las condiciones de diseño referentes a solicitaciones y condiciones de contorno fijadas por la empresa solicitante de la recuperación.

- Presión de diseño, 3,52 bar.
- Temperatura de diseño, para la cámara de combustión 350 ºC.
- Presión para el ensayo o prueba hidrostática, 4,58 bar con un límite superior de 5,2 bar.
- Tolerancia a la corrosión 3 mm.
- Eficiencia de junta de 1,0 (estanqueidad del 100%).
- Capacidad del quemador, 2,63 metros cúbicos.

Una vez finalizada la etapa de diseño, el programa genera un informe con todos los datos obtenidos en los cálculos mecánicos.

Con este cálculo mediante PV Elite se puede verificar que el equipo cumple con los requisitos de la norma ASME VIII División 1 y División 2 [11] y que los espesores y calidades seleccionadas son válidas para que el cuerpo de la cámara resista las solicitaciones y condiciones de contorno a las que va a estar expuesto.

A continuación, se procede a justificar que los espesores y geometrías que se han seleccionado son válidas conforme a los resultados arrojados por el software.

PV Elite muestra los resultados indicando el valor del espesor mínimo que debemos elegir para el equipo en base a la presión a la que va a estar sometido durante su servicio (3,52 bar) y también nos indica para el espesor que se ha seleccionado en cada componente, en este caso 12 mm y 15 mm, cuáles son las presiones máximas admisibles (MAP) y presiones máximas de trabajo (MAWP) que van a soportar.

La presión máxima admisible (MAP), es la presión máxima para la que está diseñado el equipo teniendo en cuenta el espesor de cada componente antes de sufrir los efectos de la corrosión y la presión máxima de trabajo (MAWP), es la presión máxima a la que el punto más débil del equipo puede funcionar en este caso teniendo en cuenta que la corrosión esperada es de 3 mm sobre las paredes de cada componente.

Espesor necesario para que el equipo resista la presión de diseño de 3,52 BAR en el caso más desfavorable, corrosión (3 mm).

- Para la virola recta:

$$t = \frac{P.R}{S.E - 0{,}6.P} + corrosión$$

Siendo:

P= Presión de diseño (en bar).

R= Radio interior teniendo en cuenta los efectos de la corrosión (en mm).

S= Coeficiente de seguridad.

E= Eficiencia de la junta (adimensional).

- Para la brida situada en el fondo semielíptico:

$$t = \frac{P.R}{S.E - 0{,}6.P} + corrosión$$

Siendo:

P= Presión de diseño (en bar).

R= Radio interior teniendo en cuenta los efectos de la corrosión (en mm).

S= Coeficiente de seguridad

E= Eficiencia de la junta (adimensional).

- Para el fondo semielíptico:

$$t = \frac{P.D.k}{2.S.E - 0{,}2.P} + corrosión$$

Siendo:

P= Presión de diseño (en bar).

D= Diámetro exterior del componente teniendo en cuenta los efectos de la corrosión (en mm).

k= Factor de corrosión (adimensional).

S= Coeficiente de seguridad

E= Eficiencia de la junta (adimensional).

Tabla 1. Datos para cálculo de espesores.

	S (bar)	E	R	k con efectos de corrosión	Corrosión (mm)	P (bar)	D (mm)
Virola recta	1,08	1	753	-	3	3,52	1506
Fondo semielíptico	1,28	1	753	0,9947	3	3,52	1506
Brida recta sobre fondo semielíptico	1,28	1	753	-	3	3,52	-

Presión máxima admisible (MAP) para el espesor inicial de los componentes.

- Para la virola recta:

$$MAP = \frac{S.E.t}{R + 0{,}6.t}$$

Siendo:

S= Coeficiente de seguridad

E= Eficiencia de la junta (adimensional).

R= Radio interior teniendo después de la fabricación (en mm).

t= Espesor del componente a estudiar después de su fabricación (en mm).

- Para la brida situada en el fondo semielíptico:

$$MAP = \frac{S.E.t}{R + 0{,}6.t}$$

Siendo:

S= Coeficiente de seguridad

E= Eficiencia de la junta (adimensional).

R= Radio interior teniendo después de la fabricación (en mm).

t= Espesor del componente a estudiar después de su fabricación (en mm).

Para el fondo semielíptico:

$$MAP = \frac{2.S.E.t}{k.D + 0{,}2.t}$$

Siendo:

S= Coeficiente de seguridad

E= Eficiencia de la junta (adimensional).

k= Factor de corrosión (adimensional).

t= Espesor del componente a estudiar después de su fabricación (en mm).

D= Diámetro exterior del componente después de su fabricación (en mm).

Tabla 2. Datos para cálculo de MAP.

	S (bar)	E	R	k sin efectos de corrosión	Corrosión (mm)	P (bar)	D (mm)	t sin corrosión (mm)
Virola recta	1,08	1	753	-	3	3,52	1500	12
Fondo semielíptico	1,28	1	753	1	3	3,52	1500	12
Brida recta sobre fondo semielíptico	1,28	1	753	-	3	3,52	-	15

Presión máxima de trabajo admisible (MAWP) para el espesor de los componentes teniendo en cuenta los efectos de la corrosión (3 mm).

- Para la virola recta después de sufrir los efectos de la corrosión:

$$MAWP = \frac{S.E.t}{R + 0{,}6.t}$$

Siendo:

S= Coeficiente de seguridad

E= Eficiencia de la junta (adimensional).

R= Radio interior teniendo en cuenta los efectos de la corrosión (en mm).

t= Espesor del componente a estudiar teniendo en cuenta los efectos de la corrosión (en mm).

- Para la brida situada en el fondo semielíptico después de sufrir los efectos de la corrosión:

$$MAWP = \frac{S.E.t}{R + 0{,}6.t}$$

Siendo:

S= Coeficiente de seguridad

E= Eficiencia de la junta (adimensional).

R= Radio interior teniendo en cuenta los efectos de la corrosión (en mm).

t=Espesor del componente a estudiar teniendo en cuenta los efectos de la corrosión (en mm).

- Para el fondo semielíptico después de sufrir los efectos de la corrosión:

$$MAWP = \frac{2.S.E.t}{k.D + 0{,}2.t}$$

Siendo:

S= Coeficiente de seguridad

E= Eficiencia de la junta (adimensional).

k= Factor de corrosión (adimensional).

t= Espesor del componente a estudiar teniendo en cuenta los efectos de la corrosión (en mm).

D= Diámetro exterior del componente teniendo en cuenta los efectos de la corrosión (en mm).

Tabla 3. Datos para cálculo de MAWP.

	S (bar)	E	R	k con efectos de corrosión	Corrosión (mm)	P (bar)	Diámetro con efectos de corrosión (mm)	t con corrosión (mm)
Virola recta	1,08	1	753	-	3	3,52	1506	9
Fondo semielíptico	1,28	1	753	0,9947	3	3,52	1506	9
Brida recta sobre fondo semielíptico	1,28	1	753	-	3	3,52	-	12

Tabla 4. Resultados cálculo de presiones y espesores.

	Espesor (mm)	MAP (BAR)	MAWP (BAR)
Virola recta	5,46	18,7	12,82
Fondo semielíptico	5,06	22,04	15,36
Brida recta sobre fondo semielíptico	5,07	27,27	20,21

Como se observa en la tabla anterior (Tabla 4) las presiones máximas admisibles, y presiones de trabajo máximas permisibles que se tienen en los componentes del cuerpo de la cámara de combustión para el espesor de 12 mm que se ha fijado son superiores a los 3,52 BAR de presión de diseño fijados por la empresa solicitante del proyecto, y por tanto ninguno de los componentes tiene riesgo de fallar ante las presiones que van a sufrir.

En la tabla 2 además, se registran los resultados de espesor y se puede observar que, para el caso de la virola recta, así como el fondo semielíptico y la brida cuerpo con una presión de diseño de 3,52 BAR, el software indica un espesor de diseño mínimo de 5 mm en los tres casos para que el equipo no falle, lo cual indica que los 12 mm seleccionados para el espesor del fondo y la virola, y los 15 mm seleccionados para el espesor de cuello de la brida son válidos.

1.1.10.2 Cálculo de chapas planas para fabricar virolas rectas

Además, otros cálculos que se deben realizar son los desarrollos de las virolas cilíndricas y cónicas obtenidas a partir del curvado de chapa plana que se tienen en la cámara de combustión.

Para saber que dimensiones se tienen que dar a la chapa base para, tras el curvado, conseguir la forma de una virola recta, se debe calcular el desarrollo de esta.

Para calcular el desarrollo de una virola recta únicamente se tiene que calcular el desarrollo de una forma cilíndrica, sabiendo que la altura del desarrollo será la misma que la de la virola en cuestión y la longitud será la longitud de la circunferencia base obtenido desde el diámetro medio.

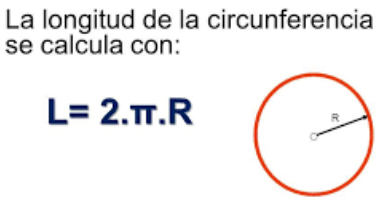


Ilustración 23. Longitud circunferencia.

En el caso de la virola recta que forma el cuerpo de la cámara de combustión, mediante el croquizado del equipo, medimos un diámetro exterior de 1500 mm, una altura de 1205 mm y un espesor de 12 mm.

Para saber que dimensiones se tienen que dar a la chapa base para, tras el curvado, conseguir la forma final de esta virola recta, se debe calcular el desarrollo de esta virola tal y como se comentaba anteriormente.

$$Longitud = 2.\pi.\mathrm{R}_{\mathrm{medio}}$$

$$Longitud = 2.\pi.744$$

$$Longitud = 4675\ mm$$

Finamente para la chapa base que formara la virola recta del cuerpo de la cámara se tiene un ancho de 1205 mm, una longitud de 4675 mm y un espesor de 12 mm.

Para el caso de la virola recta que forma junto con la virola cónica el último tramo de la envolvente de aire, se tiene una forma cilíndrica de diámetro interior 1240 mm, 320 mm de altura y un espesor de 10 mm.

Por lo tanto, se calcula el desarrollo de esta virola para saber que dimensiones se tienen que dar a la chapa base para, tras el curvado, conseguir la forma final de esta virola recta.

$$Longitud = 2.\pi.\mathrm{R}_{\mathrm{medio}}$$

$$Longitud = 2.\pi.625\ \mathrm{mm}$$

$$Longitud = 3927\ mm$$

Se adquiere una chapa de 320 mm de ancho, 3927 mm de alto y un espesor de 10 mm para fabricar esta virola recta de último tramo de la cámara mediante el curvado de chapa plana.

1.1.10.3 Cálculo de chapas planas para fabricar virolas cónicas

En el caso de la virola cónica se ha de conseguir una forma cónica de diámetro interior en la base más grande de 1240 mm, diámetro interior en la base más pequeña de 1094 mm, una altura de 200 mm y un espesor de 10 mm.

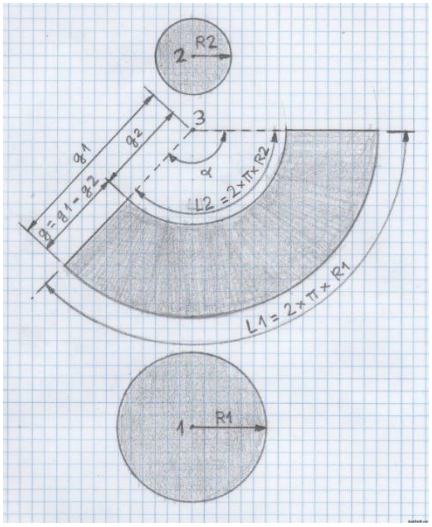


Ilustración 24. Desarrollo tronco de cono.

Para calcular el desarrollo de una virola cónica se calcula el desarrollo de un tronco de cono.

Se calcula la longitud del arco L1 sabiendo que es igual al desarrollo de la circunferencia que forma la base menor del tronco de cono desde el radio medio.

$$L1 = 2.\pi.R_{medio}$$

$$L1 = 2.\pi.625\ mm$$

$$L1 = 3927\ mm$$

A continuación, se calcula la longitud del arco L2 sabiendo que es igual al desarrollo de la circunferencia que forma la base mayor del tronco de cono desde el radio medio.

$$L2 = 2.\pi.\mathrm{R}_{\mathrm{medio}}$$

$$L2 = 2.\pi.552$$

$$L2 = 3468 \text{ mm}$$

Por último, ayudándose del software de dibujo técnico AutoCAD, se dibujan concéntricamente ambos arcos de circunferencia con las respectivas longitudes anteriormente calculadas y se fija una separación entre ambos arcos igual al valor de la generatriz del tronco cono, uniendo los extremos de cada uno de los arcos por ambos lados se obtiene la forma que debe presentar la chapa.

Para calcular el valor de esta generatriz se hace uso en el teorema de Pitágoras.

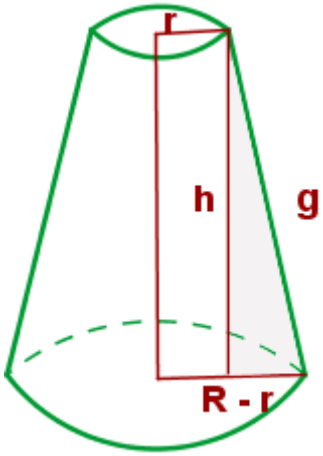


Ilustración 25. Cálculo generatriz [21].

$$g^2 = (R - r)^2 + h^2$$

$$g^2 = (625 - 552)^2 + 200^2$$

$$g = 213\ mm$$

La chapa que se debe adquirir presentara la forma calculada y un espesor de 10 mm.

1.1.11 Proceso de fabricación de la solución

1.1.11.1 Curvado del cuerpo

Para la fabricación del cuerpo de esta cámara de combustión, debido a que se trata de una virola recta, y que las dimensiones que se dan no coinciden con las dimensiones de ningún tubo comercial, se tendrá que fabricar a partir de una chapa plana, que se curvará hasta conseguir la forma final de la cámara.

Las operaciones de curvado se realizan mediante rodillos de curvado y una combinación de pasadas por estos de las chapas, cuyas dimensiones como se comentó anteriormente han sido calculadas en base al desarrollo de las formas cilíndricas y cónicas necesarias en el quemador, después de cierto número de pasadas por los cilindros de curvado las chapas obtienen las formas cilíndricas o cónicas necesarias.

Ilustración 26. Rodillos de curvado.

1.1.11.2 Selección y/o fabricación de Bridas

A continuación, se necesita obtener las bridas A1 y A2 que se unirán a esta virola recta para formar el cuerpo principal de la cámara de combustión.

En el caso de la brida A1 se tiene una brida no normalizada la cual tiene unas dimensiones concretas fijadas por nuestro cliente y se tiene que obtener mediante forja, su función es unir la cámara de combustión con la envolvente de aire.

Para el caso de la brida A2 se trata también de una brida de dimensiones no normalizadas la cual se ha de obtener mediante forja, y sirve para anclar el quemador en su punto de trabajo dentro de la planta de recuperación de azufre.

La fabricación de ambas bridas, en base a las dimensiones y calidades especificadas por el cliente, al suministrador habitual de componentes de forja Talleres Hadimek SL.

Las bridas A3 y A4 (Ilustración 15), sí que están normalizadas, y son comercializadas por varios fabricantes de componentes a presión. Por ello, se solicitan ambas al suministrador habitual de bridas el especificándose las dimensiones y clases de brida de las que se trata.

Las bridas de purga también son elementos comerciales, por lo que se solicitan al mismo suministrador.

A continuación, se resumen las características de las bridas normalizadas solicitadas [14]:

- La brida A3 se tiene una brida normalizada ANSI B16.5 de 20 pulgadas SCH. STD 150# Welding Neck Raise Face.
- La brida A4 se trata de una brida normalizada ANSI B16.5 de 6 pulgadas SCH. STD 150# Welding Neck Raise Face.
- La brida de purga de la transición que une la brida A3 con la cámara de combustión se trata de una brida normalizada ANSI B16.5 de 1 pulgadas SCH. STD 150# Welding Neck Raise Face
- Para las bridas de purga de las dos cavidades de la cámara de combustión se tienen bridas normalizadas ANSI B16.5 de 2 pulgadas SCH. XS 150# Welding Neck Raise Face

1.1.11.3 Corte de las Placas de separación

Para la fabricación de las placas de separación que dividen las cámaras en sus tres cavidades. Las chapas se envían a Calderería Cántabra SL. para su corte según las dimensiones finales deseadas., obtenidas a partir del croquizado explicado en el apartado “6.3 CROQUIZADO DEL QUEMADOR A RECUPERAR”.

Para el caso de la placa de separación 1, se comienza adquiriendo al suministrador habitual Ancoferwaldram Steel Plates BV una chapa cuadrada con dimensiones algo mayores a la forma final deseada, para este caso se adquiere una chapa de 1600 mm de lado y 15 mm de espesor.

Posteriormente se envía la chapa en cuestión a una de las empresas colaboradoras destinadas al corte de chapas para conseguir la forma final de la placa de separación 1, en este caso el corte de esta chapa se lleva a cabo por la empresa Calderería Cántabra SL.

El corte de estas chapas se realiza mediante la tecnología de corte denominada oxicorte. Mediante este proceso de corte se realiza el corte de piezas metálicas a través de la combustión local y una presencia continua de un chorro de oxígeno [15].

Ilustración 27. Ejemplo de operación de oxicorte.

Se decide usar esta tecnología de corte debido al bajo coste de operación, la capacidad para cortar grandes espesores y que es la mejor opción cuando hay operaciones secundarias, como mecanizado posterior, fresado o soldadura.

Para la placa de separación 2 se adquiere de nuevo a Ancoferwaldram Steel Plates BV una chapa cuadrada con dimensiones algo mayores a la forma final deseada, en este caso adquirimos una chapa de 1600 mm de lado y un espesor de 20 mm.

De igual manera que en el proceso anterior, se envía la chapa a Calderería Cántabra SL para la obtención, mediante corte por la técnica de oxicorte, de la placa de separación 2.

1.1.11.4 Transiciones brida-cámara

Para unir las bridas A3 y A4 con la cámara de combustión se tienen dos transiciones tal y como se ha comentado anteriormente. La fabricación de estas transiciones se subcontratará a una empresa destinada al plegado de chapas ya que no se dispone en Atecsol SL. de los medios necesarios para llevar a cabo este proceso.

Se contacta, por tanto, con Talleres Metalúrgicos Pontejos SL. para la fabricación de estas transiciones. Para ello se envían los planos del quemador junto con los requisitos de materiales impuestos por la empresa solicitante de la recuperación del quemador, tratándose en este caso de chapas de acero al carbono de calidad SA516 Gr.60.

1.1.11.5 Fabricación de las toberas

A continuación, se necesitan fabricar las toberas de entrada de aire, formadas cada una de ellas por una chapa que servirá de anclaje a la placa de separación unida a un tubo que comunicará la primera cavidad de la cámara con los alabes de mezclado.

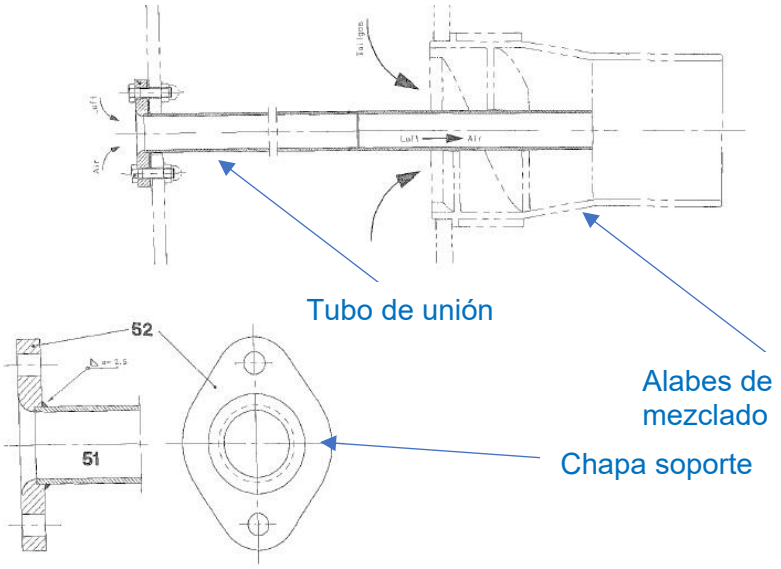


Ilustración 28. Tobera entrada de aire.

Para el caso de la chapa que servirá de soporte de las toberas con la placa de separación, se adquiere al suministrador de chapa Ancoferwaldram Steel Plates BV una chapa teniendo en cuenta que tras las operaciones de corte de esta habrá que obtener que sacar las doce chapas soporte de las toberas de entradas de aire necesarias.

Realizando un anidado de las 12 chapas soporte se obtiene que se necesita una chapa cuadrada de 400 mm de ancho, 250 mm de ato y un espesor de 25 mm, la calidad para la chapa será SA516 Gr.60 tal y como indica la empresa solicitante del trabajo.

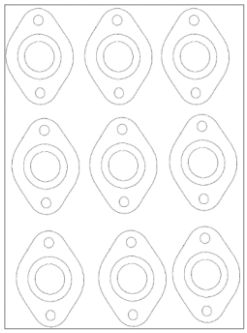


Ilustración 29. Anidado chapas soporte.

La chapa en cuestión se envía a Tirso Csa S.A. para realizar los cortes necesarios.

Debido al elevado espesor necesario en estas chapas, el corte de estas chapas se realiza mediante la tecnología de corte denominada oxicorte. Además, esta tecnología de corte permite el uso de varias antorchas simultáneamente de tal manera que puede estar cortando simultáneamente piezas similares al mismo tiempo, así que en caso de necesitar una producción acelerada y que el número de piezas sea de series muy grandes se puede aumentar bastante esta velocidad.

1.1.11.6 Fundición del conjunto de álabes de mezclado

En este punto del proyecto, se necesita subcontratar los servicios de alguna empresa especializada en fundición, que fabrique el conjunto de los alabes de mezclado.

Deben fabricarse de una pieza, ya que al tener que situar los alabes dentro de los conductos se hace imposible soldarlos en esa posición, se debe recurrir a la fabricación mediante fundición del conjunto completo.

Además, se necesitan en total doce conjuntos completos, por lo que, tras recabar información y consultar con un proveedor especializado, se estima que la forma más adecuada de fabricación del conjunto alabes-conductos es mediante fundición, empleando para ello un molde de madera. Asimismo, este molde de madera será realmente útil para la fabricación de repuestos en caso de que hiciese falta en algún momento de la vida útil de los conjuntos.

La empresa encargada de la fabricación del molde es Talleres Nocu S.L.. Y la fabricación de los doce conjuntos a partir de este molde de madera se encarga a la empresa Fundiciones López Gala S.L.

1.1.11.7 Curvado del último tramo

Finamente, antes de empezar con el ensamblaje de todos estos componentes para formar la cámara de combustión queda hablar sobre la fabricación del último tramo que forma esta cámara de combustión.

Este último tramo está formado por una virola recta y una virola cónica.

A igual que con la virola recta que forma el cuerpo principal de la cámara se debe obtener estas virolas mediante el uso de rodillos de curvado y una serie de pasadas de los desarrollos planos de estas por los rodillos.

1.1.11.8 Soldaduras

A continuación, se necesitan definir las soldaduras necesarias para ensamblar los componentes anteriormente comentados y así formar la cámara de combustión, la ubicación de las soldaduras se muestra en la ilustración 24.

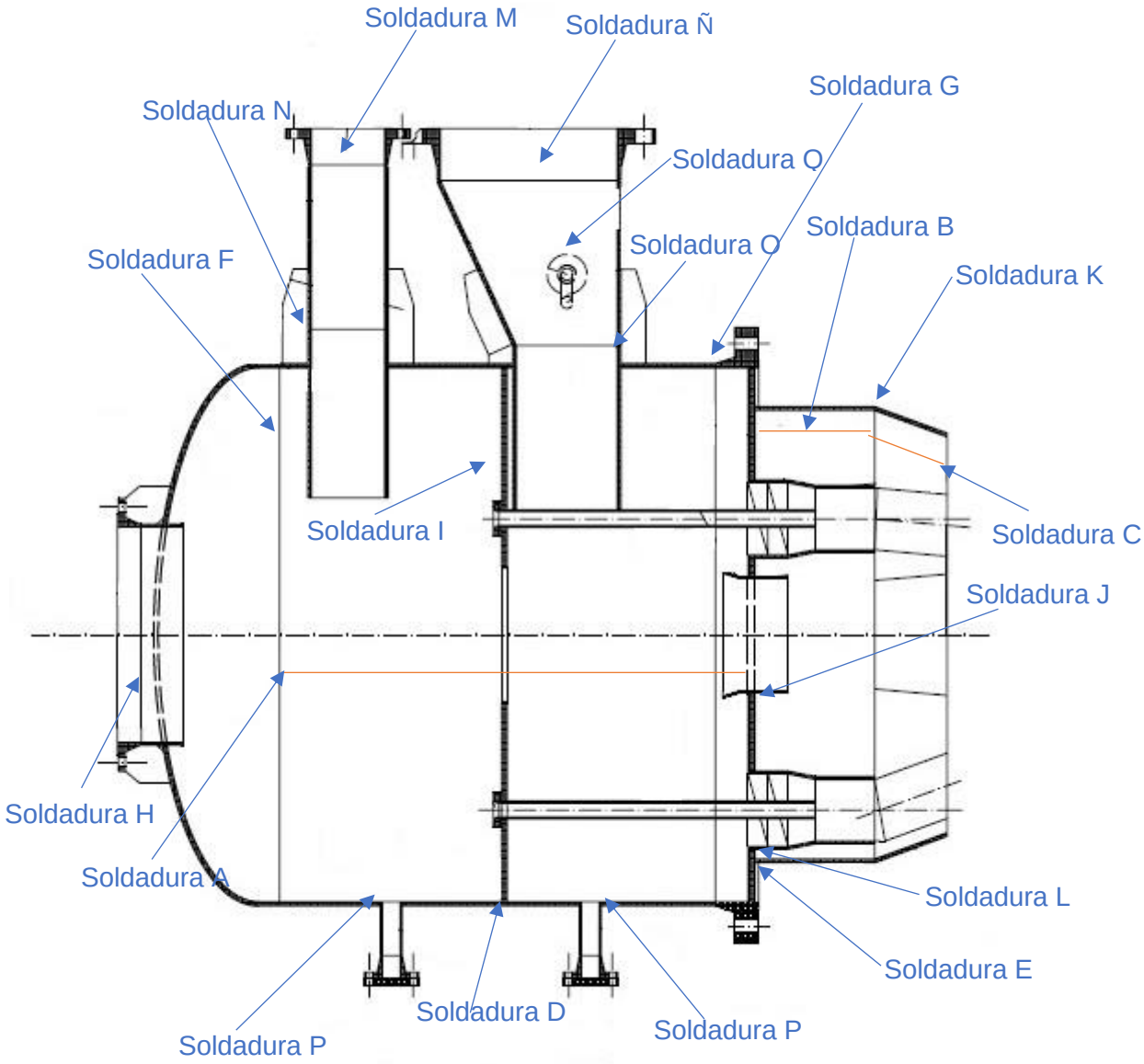


Ilustración 30. Soldaduras cámara de combustión.

Previamente a la ejecución de las soldaduras, se debe realizar lo que se llama una Cualificación de los procesos de soldeo, cuyo objetivo es demostrar que el proceso de unión propuesto para la construcción es capaz de producir uniones que posean las propiedades mecánicas requeridas para la aplicación prevista.

Esta cualificación da como resultado 2 tipos de documentos: Estos documentos son;

WPS (Especificación de procedimiento de soldadura).

Una especificación de procedimiento de soldadura, o WPS, es un documento que sirve como guía para la creación efectiva de una soldadura que cumpla con todos los requisitos de código [16] y estándares de producción aplicables.

Incluye información como el grado del metal base, la clasificación del metal de aporte, el rango de amperaje, la composición del gas protector y las temperaturas de precalentamiento y de paso. La idea es que, si un grupo de soldadores se adhiere a todos los detalles en una WPS, cada uno debería ser capaz de producir soldaduras con propiedades mecánicas razonablemente similares.

PQR (Registro de aplicación del procedimiento de soldadura).

Antes de que se pueda redactar una WPS, se debe establecer un conjunto preliminar de procedimientos y materiales. Este procedimiento inicial se utiliza para crear una serie de soldaduras, que luego se prueban mecánicamente para garantizar que cumplan con todos los requisitos aplicables [16].

Si los resultados de la prueba son aceptables, el PQR se aprueba y puede servir como base sobre la que se redactan uno o más WPS. Un PQR sirve como evidencia de que un WPS dado puede usarse para producir una soldadura aceptable.

En función de las calidades del material de las chapas a soldar, así como sus espesores, se tienen distintos WPS´s y PQR´s.

Para poder clasificar las soldaduras se recogen todas en una tabla denominada Welding List en la cual se definen para cada soldadura;

- Materiales que se sueldan.
- Espesores que se sueldan.
- Material de aporte.
- WPS que aplica.
- PQR que aplica.

Tabla 5. Welding List cámara de combustión

Soldadura	Material 1	Material 2	Espesor 1	Espesor 2	Material de aporte	WPS	PQR
Soldadura A	SA516 Gr.60	SA516 Gr.60	12 mm	12 mm	ER70S6	5634/01	204
Soldadura B	SA240	SA240	10 mm	10 mm	ER310	5634/05	231
Soldadura C	SA240	SA240	10 mm	10 mm	ER310	5634/05	231
Soldadura D	SA516 Gr.60	SA516 Gr.60	15 mm	12 mm	ER70S6	5634/02	204
Soldadura E	SA516 Gr.60	SA105 N	20 mm	12 mm	ER70S6	5634/02	204
Soldadura F	SA516 Gr.60	SA516 Gr.60	12 mm	12 mm	ER70S6	5634/01	204
Soldadura G	SA516 Gr.60	SA105 N	12 mm	12 mm	ER70S6	5634/01	204
Soldadura H	SA516 Gr.60	SA516 Gr.60	10 mm	12 mm	ER70S6	5634/02	204
Soldadura I	SA516 Gr.60	SA516 Gr.60	25 mm	10 mm	ER70S6	5634/02	204
Soldadura J	SS	SA516 Gr.60	10 mm	20 mm	ER7018	5634/04	204
Soldadura K	SA240	SA240	10 mm	10 mm	ER310	5634/07	275
Soldadura L	SA240	SA516 Gr.60	10 mm	20 mm	E309L	5634/06	268
Soldadura M	SA105 N	SA516 Gr.60	8,18 mm	10 mm	ER70S6	5634/02	204
Soldadura N	SA516 Gr.60	SA516 Gr.60	10 mm	10 mm	ER70S6	5634/02	204
Soldadura Ñ	SA516 Gr.60	SA516 Gr.60	10 mm	10 mm	ER70S6	5634/02	204
Soldadura O	SA516 Gr.60	SA516 Gr.60	10 mm	10 mm	ER70S6	5634/02	204
Soldadura P	SA106 Gr.B	SA516 Gr.60	5,54 mm	12 mm	ER70S6	5634/02	204
Soldadura Q	SA106 Gr.B	SA516 Gr.60	3,38 mm	10 mm	ER70S6	5634/02	204

Estos documentos se tratarán de forma más detallada en el apartado “8. CUALIFICACIÓN PROCESOS DE SOLDEO.”

7.2 ENVOLVENTE DE AIRE

Debido a los defectos que presentaba la envolvente de aire del horno a recuperar, se decidió volver a fabricarla.

1.1.12 Partes

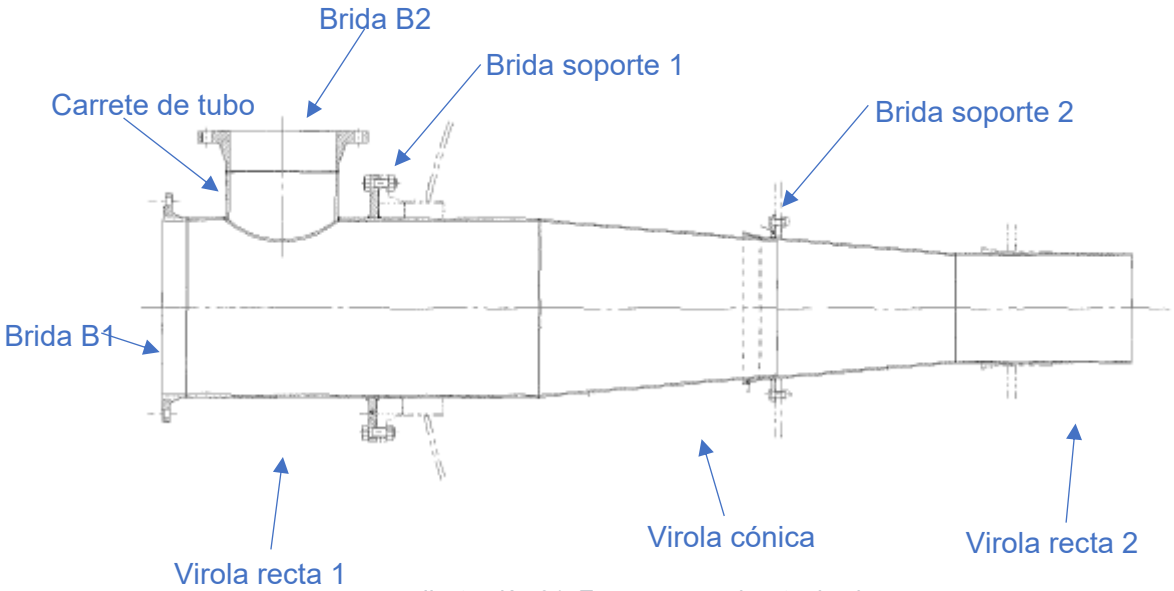


Ilustración 31. Esquema envolvente de aire.

Esta envolvente de aire está formada por dos virolas rectas, virola recta 1 y virola recta 2, unidas por una virola cónica. Este conjunto de virolas forma el cuerpo principal de la envolvente de aire.

Además, se incluye una brida B1 que, junto con una tapa plana sirve de entrada de la lanza fuel gas y el frente de llama de los mecheros en nuestra envolvente de aire.

Otro componente de la envolvente de aire es la brida B2, por donde se alimentará el aire al quemador, unida al cuerpo principal por un carrete de tubo recto.

Se incluyen también dos bridas planas las cuales sirven para fijar y conectar la envolvente de aire al cuerpo del quemador.

La Brida soporte 1 realiza la función de unir la envolvente de aire a la brida de entrada de la cámara de combustión y otra brida soporte 2 une la envolvente a la placa de separación de la cámara de combustión.

1.1.13 Condiciones de diseño

La empresa solicitante del trabajo fija una serie de condiciones de diseño, para el caso de la envolvente de aire las condiciones de diseño fijadas se muestran a continuación:

- Código de construcción aplicable ASME SEC. VIII Div.1 Ed.1998.
- Presión de diseño, 3,52 bar.
- Temperatura de diseño, para la cámara de combustión 350 ºC y para la de recuperación del azufre solido 1100 ºC.
- Tolerancia a la corrosión 3 mm.

Además, cabe mencionar que el cliente adjunta una lista de materiales donde fija la calidad de los materiales para cada tipo de componentes.

1.1.14 Materiales

Para la correcta elección de la calidad del cuerpo de esta envolvente de aire, se debe atender a los requisitos especificados por la norma de fabricación aplicable, ASME SECC. II Materiales y las especificaciones de material propias del cliente [12].

Así, todas las chapas que formen cada uno de los componentes del quemador deben ser de acero al carbono, calidad SA516 Gr.50.

Para el caso de las bridas que formen el quemador se impone el uso de aceros a carbono de la calidad SA 105N.

Por último, se tiene como condición impuesta por el cliente la calidad necesaria para todos los tubos que conformen el quemador, para este caso se trataran de aceros al carbono de calidad SA106 Gr.B.

1.1.15 Cálculos

1.1.15.1 Cálculo de chapas planas para fabricar virolas rectas

Debido a que se va a fabricar el cuerpo de la envolvente de aire a partir de chapa se deben calcular los desarrollos de cada una de las secciones que lo forman, para posteriormente hacerlas pasar por unos rodillos de curvado y generar la forma final necesaria.

El cálculo de los desarrollos de la virola se realiza de la misma forma que para la camara de combustión (Ilustracion 17), y está descrito en el apartado 7.1.4.

El primer tramo que forma la envolvente es una virola recta, con un diámetro interior 494 mm, una altura de 1021 mm y un espesor de 10 mm.

$$Longitud = 2.\pi.\mathrm{R}_{\mathrm{medio}}$$

$$Longitud = 2.\pi.252$$

$$Longitud = 1584\ mm$$

Por lo tanto, se adquiere una chapa plana de dimensiones 1021 mm de ancho, 1584 mm de alto y un espesor de 10 mm.

La segunda virola recta o virola recta 2 presenta una forma cilíndrica de diámetro interior 300 mm, una altura de 656 mm y un espesor de 5 mm. La longitud necesaria se obtiene según el siguiente cálculo.

$$Longitud = 2.\pi.\mathrm{R}_{\mathrm{medio}}$$

$$Longitud = 2.\pi.152{,}5$$

$$Longitud = 958\ mm$$

Se necesita adquirir una chapa plana de 656 mm de ancho, 958 mm de alto y 5 mm de espesor para tras las operaciones de curvado obtener la forma final de esta segunda virola recta.

1.1.15.2 Cálculo de chapas planas para fabricar virolas cónicas

En el caso de la virola cónica se tiene que conseguir una forma cónica de diámetro interior en la base más grande de 494 mm, diámetro interior en la base más pequeña de 300 mm, una altura de 1074 mm y un espesor de 10 mm.

Al igual que en el cálculo de la virola cónica que se tiene en la cámara de combustión, se calcula la longitud del arco L1 sabiendo que es igual al desarrollo de la circunferencia que forma la base menor del tronco de cono desde el radio medio.

$$L1 = 2.\pi.\mathrm{R}_{\mathrm{medio}}$$

$$L1 = 2.\pi.252$$

$$L1 = 1583\ mm$$

A continuación, se calcula la longitud del arco L2 sabiendo que es igual al desarrollo de la circunferencia que forma la base mayor del tronco de cono desde el radio medio.

$$L2 = 2.\pi.\mathrm{R}_{\mathrm{medio}}$$

$$L2 = 2.\pi.155$$

$$L2 = 974\ \mathrm{mm}$$

Siguiendo el método de cálculo descrito en el anterior apartado donde se describe el cálculo de la virola cónica en la cámara de combustión, se fija una separación entre ambos arcos igual al valor de la generatriz del tronco cono.

Para calcular el valor de esta generatriz nos apoyamos en el teorema de Pitágoras.

$$g^2 = (R - r)^2 + h^2$$

$$g^2 = (252 - 155)^2 + 1074^2$$

$$g = 1148{,}5\ mm$$

La chapa que se debe adquirir presentara la forma calculada y un espesor de 10 mm.

1.1.16 Proceso de fabricación de la solución

En total se tienen tres tramos que forman el cuerpo de la envolvente de aire, dos virolas rectas y un tramo de reducción.

1.1.16.1 Curvado de los tres tramos del cuerpo

Se decide fabricar el cuerpo de la envolvente en chapa, debido a que no existen tubos comerciales con ese diámetro y espesor. Se debe hacerlas pasar por unos rodillos de curvado y generar la forma final necesaria.

Estas tres chapas son suministradas por el proveedor de chapa habitual Ancoferwaldram Steel Plates BV.

1.1.16.2 Selección y/o fabricación de Bridas

La brida B2 supone la entrada del aire de combustión de los gases ácidos a la envolvente de aire.

En cuanto a las dimensiones de esta brida, se observa en el documento “DOCUMENTO II. PLANOS, Planos de diseño.”, AT-5634-1 h.1-2 que se trata de una brida comercial según ANSI/ASME B16.5 del tipo Welding Neck Raise Face de 12’’ SCH. STD y clase 150 libras, por lo tanto, se adquiere al proveedor de bridas habitual Talleres Hadimek S.L

La envolvente de aire contiene otra brida B1, la cual, uniéndose con una brida ciega, constituye la entrada de la lanza del mechero en la envolvente, el punto de entrada de la boquilla de ignición en la cámara de combustión y la entrada del gas acido en el horno de reacción.

En el caso de esta brida B1, se observa en el “Anexo, Planos de diseño, Plano general AT-5634-1 h.1-2” que no se trata de una brida comercial, por lo tanto, se obtiene esta tubuladura mediante un proceso de forja. Para ello, se contacta con la empresa Talleres Hadimek S.L., especializados en la fabricación de piezas forjadas con diferentes tipos de configuraciones a medida. Se debe generar un croquis donde se especifiquen las dimensiones de la brida, obtenidas de plano general AT-5634-1 h.1-2, y se indique la calidad necesaria al fabricante.

Se define también el diseño y la fabricación de las dos bridas soporte que servirán de anclaje de la evolvente de aire en la cámara de combustión.

Como ambas bridas no son elementos normalizados se fabrican mediante el corte de chapas planas en base a las geometrías finales necesarias.

Se comienza adquiriendo chapa de la calidad SA 516 Gr.60 de 25 mm y 10 mm de espesor al proveedor Ancoferwaldram Steel Plates BV y posteriormente se envían a Calderería Cántabra SL. para realizar el corte según las dimensiones y geometrías especificadas, ara este caso debido a los espesores necesarios en las bridas soporte se decide de nuevo usar el método de oxicorte ara obtener las normas finales necesarias, las cuales se especifican en el “Anexo, Planos, Plano general AT-5634-1 h.2-2”.

1.1.16.3 Elección del carrete de tubo

Por último, se define el carrete de tubo que forma la unión de la brida de alimentación del aire de combustión con la propia envolvente de aire.

Del plano general generado a partir del croquizado del equipo a sustituir se sabe que se trata de un tubo de dimensiones comerciales 12’’ SCH. STD.

1.1.16.4 Soldaduras

A continuación, se definen y ubican las soldaduras necesarias para el ensamblaje de los componentes anteriormente comentados y así formar la envolvente de aire.

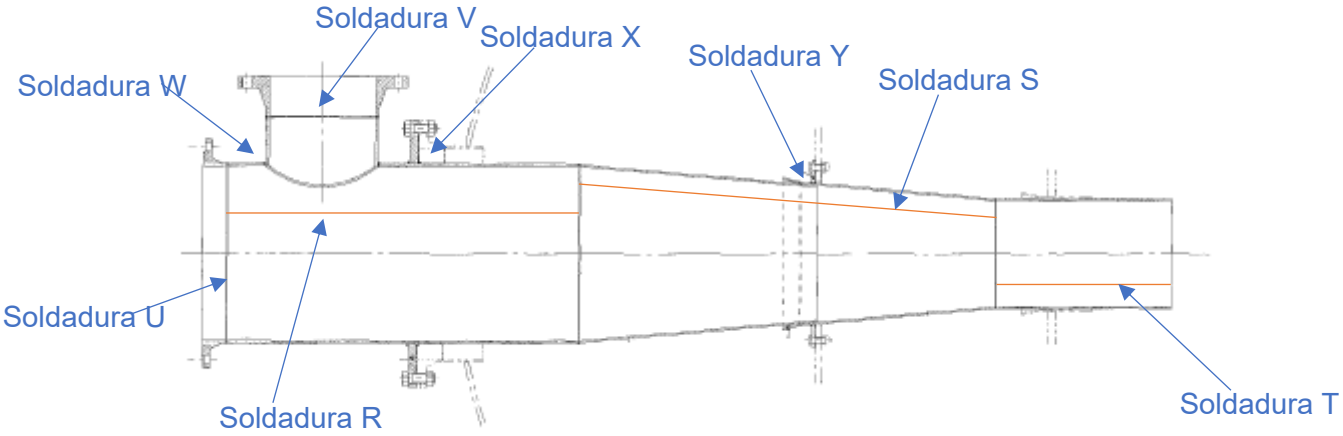


Ilustración 32. Soldaduras en la envolvente de aire.

Las soldaduras, al igual que para el componente anteriormente descrito, han de ser previamente ensayadas y probadas, recogiéndose de igual manera en los documentos ya enunciados WPS y PQR.

Al igual que para el caso de la cámara de combustión se tiene un Welding List para clasificar las soldaduras presentes en la envolvente de aire.

Tabla 6. Welding List envolvente de aire.

Soldadura	Material 1	Material 2	Espesor 1	Espesor 2	Material de aporte	WPS	PQR
Soldadura R	SA105 N	SA106 Gr.B	5,54 mm	5,54 mm	ER70S6	5634/03	157
Soldadura S	SA516 Gr.60	SA516 Gr.60	10 mm	10 mm	ER70S6	5634/02	204
Soldadura T	SA240	SA240	5 mm	5 mm	ER310	5634/05	231
Soldadura U	SA105 N	SA516 Gr.60	15 mm	12 mm	ER70S6	5634/02	204
Soldadura V	SA105 N	SA106 Gr.B	9,53 mm	9,53 mm	ER70S6	5634/02	204
Soldadura W	SA106 Gr.B	SA516 Gr.60	5,54 mm	12 mm	ER70S6	5634/02	204
Soldadura X	SA516 Gr.60	SA516 Gr.60	25 mm	10 mm	ER70S6	5634/02	204
Soldadura Y	SA516 Gr.60	SA240	10 mm	5 mm	ER309L	5634/06	268

8. CUALIFICACIÓN PROCESOS DE SOLDEO

Cada vez es más habitual y casi obligatorio en todo proceso productivo de calidad en el que se emplean soldaduras, el exigir homologaciones y de los procedimientos empleados en las mismas.

Estas homologaciones de procedimientos de soldadura se pueden realizar a cualquier proceso de soldeo, en cualquier material metálico, en las distintas posiciones de ejecución y para los diferentes diseños de unión, ya sean a tope, en ángulo, a solape, etc.

Como se ha visto en los apartados referentes a las soldaduras de cada componente esta cualificación se basa en 2 tipos de documentos: PQR's y WPS's.

8.1 REGISTROS DE CUALIFICACIÓN DE LOS PROCEDIMIENTOS (PQR'S).

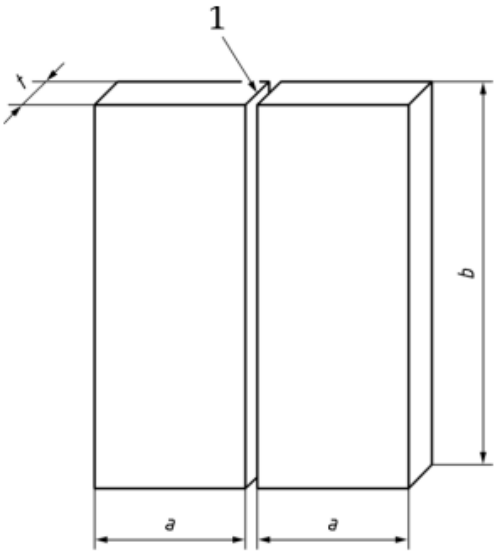
Este procedimiento inicial se utiliza para crear una serie de soldaduras, que luego se prueban mecánicamente para garantizar que cumplan con todos los requisitos aplicables [16].

La unión soldada correspondiente al procedimiento de soldeo que se está cualificando debe estar representada mediante la realización de uno o varios cupones de ensayo normalizados. La longitud del cupón de prueba, o el número de ellos, debe ser suficiente para permitir que se realicen todos los ensayos requeridos.

Si los resultados de la prueba son aceptables, el PQR se aprueba y puede servir como base sobre la que se redactan uno o más WPS. Un PQR sirve como evidencia de que un WPS dado puede usarse para producir una soldadura aceptable.

1.1.17 Registros de cualificación para procedimientos de soldadura a tope en chapa.

Para el caso de una soldadura a tope en chapa se necesita generar un cupón de prueba según la forma que se describe en la siguiente imagen.



Leyenda

1 Unión preparada y ensamblada según se detalla en la especificación del procedimiento de soldeo preliminar (pWPS)

a Medida mínima de 150 mm

b Medida mínima de 350 mm

t Espesor del material

Ilustración 33. Cupón de prueba para soldaduras a tope en chapa [16].

Lo primero que se debe hacer en lo referente a las soldaduras es establecer un conjunto de procedimientos el cual se utiliza para crear una soldadura tipo, que después se ensayara mecánicamente para garantizar que cumple con los requisitos aplicables [16].

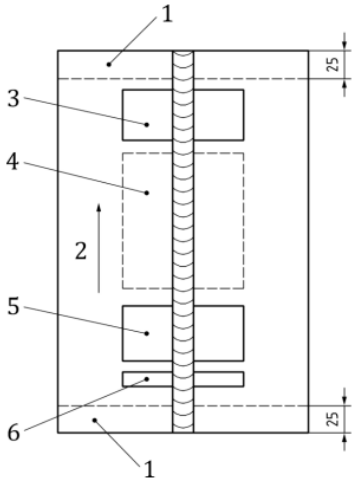


Ilustración 34. Zonas de ensayo cupón de prueba soldaduras a tope en chapa [16].

1. Se descartan 25 mm del cupón desde los bordes de este cupón debido a que no es una zona que nos proporcione buenos resultados en nuestra unión.

2. Dirección de soldeo seguida para la realización del cupón.

3. Zona ideal para la realización de una probeta de tracción y probetas de doblado.

4. Zona ideal para la realización de probetas de impacto y ensayos adicionales, si se requieren.

5. Zona ideal para la realización de una probeta de tracción y probetas de doblado.

6. Zona ideal para la realización de una probeta macrográfica y una probeta de dureza.

Todos estos ensayos que se realizan a las probetas obtenidas del cupón de prueba y sus resultados se recogen en el anexo “V.II. INFORMES, PQR’s”.

Para la soldadura del quemador se tienen en total cuatro registros de cualificación para procedimientos de soldadura a tope en chapa.

- PQR 157.
- PQR 204.
- PQR 268.
- PQR 275.

En el siguiente apartado se explicará detalladamente el proceso de cualificación de soldadura correspondiente al PQR 157. El resto de las cualificaciones de soldadura a tope en chapa siguen el mismo procedimiento, y se pueden encontrar en el “Anexo, PQR’s”.

PQR 157

Características de la soldadura a verificar

1. Para esta cualificación de soldadura se definen dos tipos de soldadura, una para el punto de intersección de la soldadura con el metal base o raíz de la soldadura (WS1) y otra para el cordón final de la soldadura (WS2, WS3).

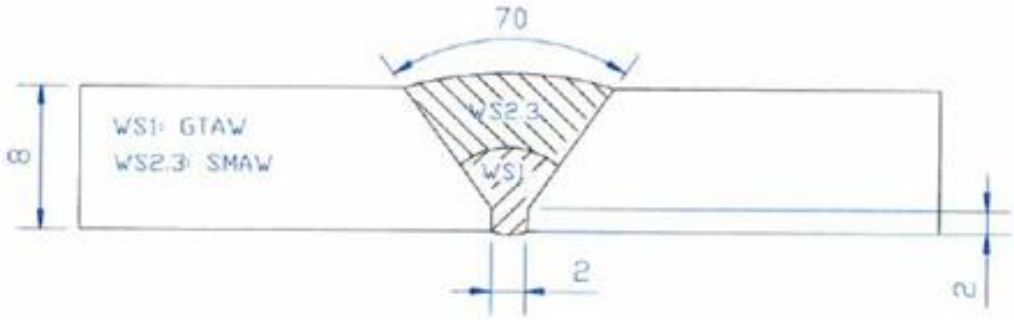


Ilustración 35. Soldadura para PQR 157.

En el caso de la WS1 se tiene una soldadura GTAW (soldadura por arco de tungsteno con gas) y para la WS2, WS3 se tiene una soldadura SMAW (soldadura por arco metálico protegido).

2. Los materiales bases a soldar para este caso son aceros al carbono ambos de la misma calidad SA516 Gr.60.

3. El material de aportación usado para la WS1 es un ER70S6 y para la WS2, WS3 un E7018.

4. Para la soldadura WS1 no se necesita respaldo, pero para la WS2, WS3 sí que se necesita respaldo.

5. El espesor del cupón de prueba son 8 mm.

6. El gas de protección usado para la soldadura WS1 es Argón.

7. En cuanto a la velocidad de soldadura empleada se tiene para el caso de la WS1 un rango de velocidad entre 36,40 mm/min y 72,50 mm/min y para la WS2, WS3 de entre 207 mm/min y 231 mm/min.

8. Para ambas soldaduras se utiliza corriente DC.

9. En el caso de la soldadura por arco metálico protegido (WS2, WS3) se tiene un voltaje de entre 22 y 25 voltios.

10. El electrodo de tungsteno empleado para la realización de la soldadura por arco de tungsteno con gas (WS1), se tiene un electrodo de 2,4 mm de diámetro y un 2% de Th.

Resultados de los ensayos

Tal y como se muestra en la figura 29, se extraen probetas de tracción, doblado, macrografías y dureza, cuyos resultados se comentan a continuación.

Tracción:

Tras realizar los ensayos de tracción tal y como indica la norma, se obtiene como resultado que la rotura se produce en la zona del metal base y por tanto la soldadura es valida.

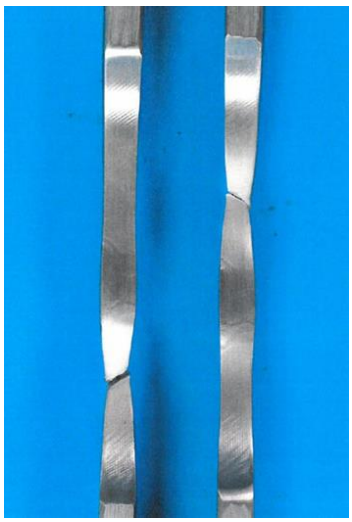


Ilustración 36. Resultados ensayo de tracción PQR 157.

Doblado:

Se realiza el ensayo de doblado en dos direcciones, y no se observan ni roturas ni grietas, excepto en un caso en el cual se producen grietas, pero en ningún caso superan los 3 mm, por tanto, la soldadura es válida.

Ilustración 37. Resultados ensayo de doblado PQR 157.

Macrografías:

En el caso de la macrografía se observa fusión completa, penetración completa y no se observa ningún defecto, por tanto, la soldadura es válida.

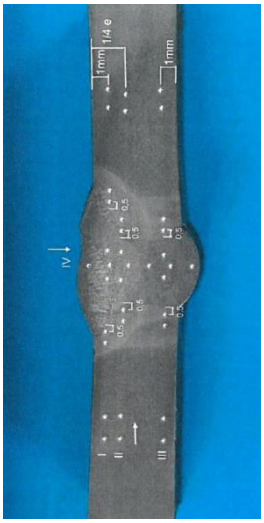


Ilustración 38. Resultados macrografía para PQR 157.

Dureza:

Se realiza un tratamiento térmico postsoldadura para reducir las tensiones residuales, recocer la Zona Afectada Térmicamente (ZAT) y difundir el Hidrógeno de la zona soldada después de que la unión se ha realizado.

Este tratamiento térmico postsoldadura se realiza a un rango de temperaturas de hasta 610 ºC y en dos etapas una primera de 2,5 horas y una segunda de 4 horas.

Los ensayos de dureza se realizan a una probeta extraída del cupón de prueba después de la primera etapa de tratamiento térmico y después de la segunda etapa.

- Tras la primera etapa del tratamiento, el ensayo de dureza indica que todos los valores de dureza obtenidos tanto en el metal base, como en la zona afectada térmicamente, y en la propia soldadura están dentro de los valores limite que indica la norma.

Grupos de acero CR ISO 15608	Sin tratamiento térmico	Con tratamiento térmico
1[a], 2[b]	380	320
3[b]	450	380
4, 5	380[c]	350[c]
6	–	350
9.1	350	300
9.2	450	350
9.3	450	350

a Si se requieren ensayos de dureza.
b Para aceros con R_{eH} > 890 N/mm² se deben especificar valores especiales.
c Para ciertos materiales, se pueden aceptar valores superiores, si se especifica antes del ensayo del procedimiento de soldeo.

Ilustración 39. Valores de dureza máxima admisible (HV 10) segun norma [16].

Para este caso al requerirse ensayo de dureza y tener tratamiento térmico nunca deben superarse valores de dureza superiores a 320.

Sequence	Vickers hardness test (After 1st treatment)									
	HV10									
	Base metal		HAZ		Welding		HAZ		Base metal	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
I	128	125	140	163	173	180	166	138	129	128
II	130	126	155	151	159	168	158	138	126	125
III	122	121	131	144	128	127	139	132	123	124

Sequence	Vickers hardness test (After 1st treatment)					
	HV10					
	1	2	3	4	5	6
IV (Welding)	179	181	166	145	133	128

Ilustración 40. Valores de dureza obtenidos tras la primera etapa del tratamiento térmico

- Tras la segunda etapa del tratamiento, el ensayo de dureza indica que todos los valores de dureza obtenidos están dentro de los valores limite que indica la norma.

Al igual que para el primer ensayo de dureza realizado el valor imite que indica la norma es de 320, por tanto, los resultados de la prueba son satisfactorios.

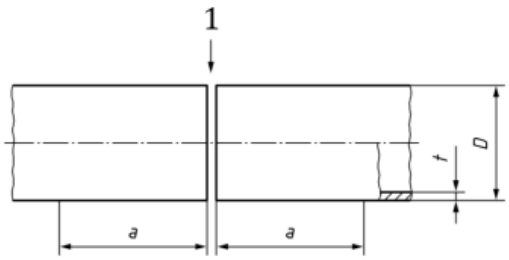
Sequence	Vickers hardness test (After 2nd treatment)									
	HV10									
	Base metal		HAZ		Welding		HAZ		Base metal	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
I	123	124	134	154	174	165	162	152	125	122
II	121	121	140	138	160	154	141	146	122	124
III	121	122	126	140	135	135	140	132	122	120

Sequence	Vickers hardness test (After 2nd treatment)					
	HV10					
	1	2	3	4	5	6
IV (Welding)	174	174	158	130	135	162

Ilustración 41. Valores de dureza obtenidos tras la segunda etapa del tratamiento térmico.

1.1.18 Registros de cualificación para procedimientos de soldadura a tope en tubo.

Para el caso de una soldadura a tope en tubo se necesita generar un cupón de prueba según la forma que se describe en la siguiente imagen.



Leyenda
1 Unión preparada y ensamblada según se detalla en la especificación del procedimiento de soldeo preliminar (pWPS)
a Medida mínima de 150 mm
D Diámetro exterior del tubo
t Espesor del material

Ilustración 42. Cupón de prueba para soldaduras a tope en tubo [16].

Se procede a continuación a generar una serie de probetas extraídas de este cupón de prueba para realizar los ensayos necesarios y garantizar que cumple con los requisitos aplicables.

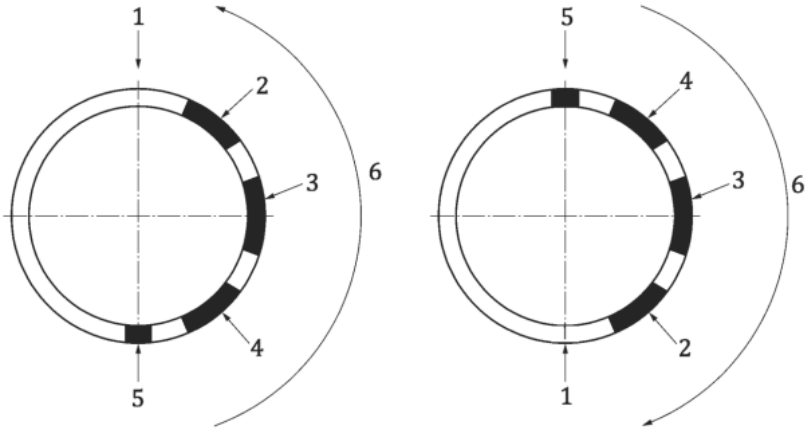


Ilustración 43. Zonas de ensayo cupón de prueba soldaduras a tope en tubo [16].

1. Final de la soldadura.

2. Zona ideal para la realización de una probeta de tracción y probetas de doblado.

3. Zona ideal para la realización de probetas de impacto y ensayos adicionales, si se requieren.

4. Zona ideal para la realización de una probeta de tracción y probetas de doblado.

5. Final de la soldadura y zona ideal para la realización de una probeta macrográfica y una probeta de dureza.

6. Dirección de soldeo.

Todos estos ensayos que se realizan a las probetas obtenidas del cupón de prueba y sus resultados se recogen en el anexo “V.II. INFORMES, PQR’s”.

Para la soldadura del quemador se tiene un registro de cualificación para procedimientos de soldadura a tope en tubo.

- PQR 231.

En el siguiente apartado se explicará detalladamente el proceso de cualificación de soldadura correspondiente al PQR 231.

PQR 231

Características de la soldadura a verificar

1. Para esta cualificación de soldadura se define un tipo de soldadura GTAW (soldadura por arco de tungsteno con gas).

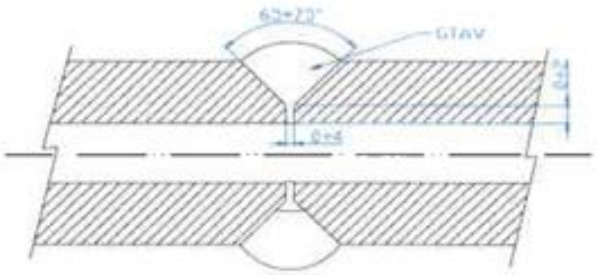


Ilustración 44. Soldadura para PQR 231..

2. Los materiales bases a soldar para este caso son aceros al carbono ambos de la misma calidad SA240.

3. El material de aportación usado es un ER316 L.

4. Para esta soldadura no se necesita respaldo.

5. Para este cupón de prueba se tiene un espesor de 5,5 mm y un diámetro de 88,9 mm.

6. El gas de protección usado para la soldadura es Argón.

7. En cuanto a la velocidad de soldadura empleada se tiene un rango de velocidad entre 9,3 cm/min y 12,2 cm/min.

8. Para esta soldadura se utiliza corriente DC.

9. El voltaje utilizado en este caso son 12 voltios.

10. El electrodo de tungsteno empleado para la realización de la soldadura tiene un diámetro de 2,4 mm y un 2% de Th.

Resultados de los ensayos

Tal y como se muestra en la Figura 34, se extraen probetas de tracción, doblado, macrografías y dureza, cuyos resultados se comentan a continuación.

Tracción:

Tras realizar los ensayos de tracción tal y como indica la norma, se obtiene como resultado que la rotura se produce en la zona del metal base y por tanto la soldadura es válida.

Doblado:

Se realiza el ensayo de doblado en dos direcciones, y no se observan ni roturas ni grietas, por tanto, la soldadura es válida.

Macrografías:

En el caso de la macrografía nuevamente se observa fusión completa, penetración completa y no se observa ningún defecto, por tanto, la soldadura es válida.

Otros ensayos:

Se realizan también una inspección visual, un ensayo de líquidos penetrantes y un ensayo de radiografías para garantizar que la soldadura no presenta defectos, para los tres ensayos los resultados son satisfactorios.

8.2 ESPECIFICACIONES DE LOS PROCEDIMIENTOS DE SOLDADURA (WPS'S).

Estas especificaciones de los procedimientos de soldadura o WPS's son documentos que sirven como guía para la ejecución por parte del soldador de una soldadura de manera que esta cumpla con todos los requisitos del código, en este caso ASME SECCION IX. Soldadura.

A diferencia de los registros de cualificación de los procedimientos o PQR's, las WPS's son documentos meramente informativos sobre las características de las soldaduras que los aplican, y no contienen ninguna información sobre las pruebas realizadas a las probetas que se extraen de los cupones de prueba y que definen la aptitud del procedimiento de soldadura seguido frente a la norma.

Estas WPS's contienen los detalles necesarios para crear la soldadura deseada, estos detalles contenidos en las WPS's son los siguientes;

- Aplicación de la soldadura.
- PQR que la soporta.
- Proceso de soldadura utilizado.
- Modo de ejecución de la soldadura, si se realiza de manera manual por un operario o por medio de máquinas automáticas.

- Información sobre la junta de soldadura, en concreto se especifica; diseño de la junta, si tiene respaldo o no, si tiene embridamiento o no, material usado para el respaldo y para el embridamiento en caso de darse.
- Material base, material de las piezas a soldar.
- Material de aporte de las soldaduras.
- Rango de amperaje usado para la ejecución de la soldadura.
- Composición del gas protector.
- Temperaturas de precalentamiento de las piezas a soldar.

De esta manera elaborando una WPS propia para la realización de una soldadura, haciendo dos soldadores la misma soldadura se debieran conseguir propiedades mecánicas muy similares.

Para el trabajo en cuestión se definen siete WPS diferentes;

- WPS 5634-01.
- WPS 5634-02.
- WPS 5634-03.
- WPS 5634-04.
- WPS 5634-05.
- WPS 5634-06.
- WPS 5634-07.

Todos estos documentos se adjuntan en el anexo “V.II. INFORMES, WPS’s”.

9. ENSAMBLAJE DEL CONJUNTO COMPLETO

Para el correcto ensamblaje de todos los componentes del quemador es necesario unir varios de sus componentes mediante espárragos roscados, tuercas y arandelas.

Entre la tornillería de esta obra se encuentran cada uno de los tipos indicados a continuación;

- Espárrago roscado (DIN-976).

Ilustración 45. Esparrago roscado (DIN-976).

- Tuerca hexagonal (DIN-934).

Ilustración 46. Tuerca hexagonal (DIN-934).

- Tornillo roscado (DIN-933).

Ilustración 47. Tornillo roscado (DIN-933).

- Perno de elevación (DIN-480).

Ilustración 48. Perno de elevación (DIN-480).

- Tuerca hexagonal ciega (DIN-1587).

Ilustración 49. Tuerca hexagonal ciega (DIN-1587).

- Guide Pin.

Ilustración 50. Guide Pin.

- Espárrago roscado (DIN 2510).

Ilustración 51. Espárrago roscado (DIN 2510).

Debido a que todas las posiciones de tornillería necesarias en el equipo en cuestión son elementos comerciales, únicamente se necesita adquirir a un proveedor cada una de estas posiciones bajo los requisitos de calidad del cliente y los requerimientos de la norma ASME SECC. II. Materiales [12].

- Calidad necesaria en las chapas, SA516 Gr.60.
- Calidad necesaria para las bridas, SA105 N.
- Calidad necesaria para tubos, SA106 Gr.B o SA310.
- Calidad necesaria para la tornillería, acero al carbono calidad 8.8.

Todas estas posiciones de tornillería necesarias serán suministradas por el proveedor Sumaser, SA. Todas las posiciones se adquieren de material acero al carbono, el cliente especifica que se tiene que usar una calidad de C35 acero al carbono estructural de alta calidad para el caso de las tuercas y arandelas, y para el caso de todos los tornillos, espárragos y pernos se tiene que usar una calidad de acero al carbono de 24CrMo5.

A continuación, se adjunta un listado con todas las posiciones de tornillería, cantidades y calidades.

Tabla 7. Resumen de las características de la tornillería utilizada.

ITEM	CANTIDAD	CALIDAD
Esparrago roscado DIN-976 M20	4	24CrMo5
Tuerca DIN-934 M20	8	C35
Arandela DIN-933 M20	8	C35
Tornillo DIN-933 M12	24	24CrMo5
Tuerca DIN-1587 M12	24	C35
Arandela DIN-933 M12	24	C35
Tornillo DIN-933 M16	16	24CrMo5
Tuerca DIN-1587 M16	16	C35
Arandela DIN-933 M16	16	C35

Para comenzar el ensamblaje final del quemador, se comienza introduciendo la envolvente de aire en la cámara de combustión hasta posicionarla en su lugar de operación.

Es importante colocar en este momento del ensamblaje las juntas necesarias en las bridas soporte 1 y 2 (Ilustración 25). Las juntas de brida se usan para sellar el paso de fluidos (líquidos o gases) entre dos bridas inmóviles que forman parte de un montaje mecánico y así evitar la fuga de estos. Debido a que estas bridas soporte de la envolvente de aire no son de dimensiones normalizadas se debe especificar al proveedor la geometría de estas juntas para que mediante distintas operaciones de corte consiga a forma final deseada en estas.

Para el caso del material elegido para las juntas se decide optar una solución de grafito de calidad LATTYgraf, de 2 mm de espesor con un contenido en grafito del 99,8 % y un 0,02% restante de cenizas.

A continuación, se detallan en la tabla adjunta las propiedades mecánicas además de otros factores de composición y comportamiento en servicio de este tipo de juntas según su calidad y espesor.

Densidad del grafito	1,1
Compresibilidad segúnASTM F 36	30 à 40 %
Recuperación según ASTM F 36	15 à 20 %
Relajación en caliente según DIN 52913	≥ 48 MPa
Nivel de cloro extraible	< 30 ppm
Contenido total de azufre	< 600 ppm
Temperatura y presión de servicio máximas, en función de las condiciones de montaje y del fluido.	~ 650 ° C. / 650 bar (no asociadas)
Factores de estanqueidad según ASME	m = 2,5 y = ~ 30 MPa
Caracterización según DIN 28090 Factores de compresión • Compresión a 20° C. • Recuperación elástica • Fluencia a 300° C. • Recuperación elástica	 bajo 35 N/mm² : 30 à 40 % de 35 a 1 N/mm² : 4 à 6 % bajo 50 N/mm² : 2 à 3 % de 50 a1 N/mm² : 3 à 5 %
Factores de estanqueidad (junta de pared 10 mm / 20 mm) σ_{Vu} : esfuerzo mínimo de montaje σ_{VO} : esfuerzo máximo en frío $\sigma_{BO/300° C.}$: esfuerzo máximo a 300°C. σ_{BO} : esfuerzo mínimo en servicio $\sigma_{BO/400° C.}$: esfuerzo máximo a 400° C.	10 mm ~ 20 N/mm² >300 N/mm² >250 N/mm² P x m (m = 1,3) >200 N/mm²
Permeabilidad a los gases según DIN 28090	~0,016 $mgs^{-1}m^{-1}$

Ilustración 52. Tabla de propiedades de las juntas.

Una vez se tenga la envolvente junto con las juntas colocada en su lugar de operación dentro de la cámara de combustión, se debe atornillar cada una de las dos bridas soporte comentadas.

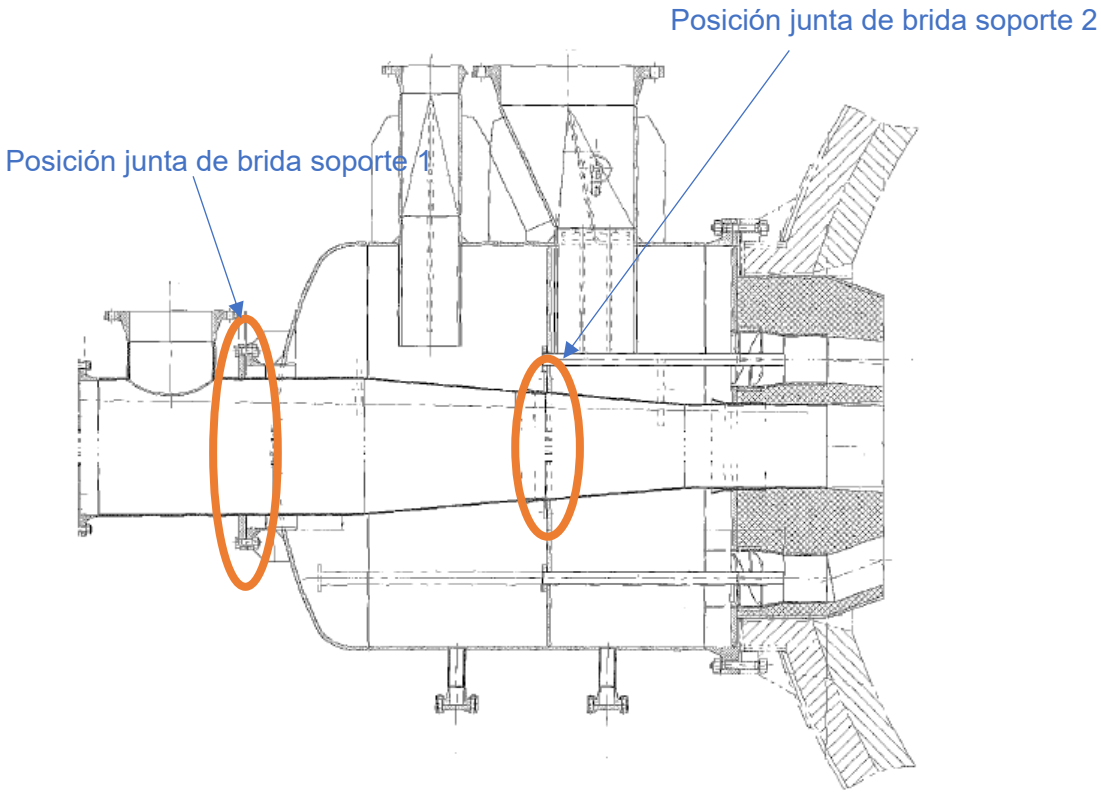


Ilustración 53. Posición de las juntas de brida para el anclaje de la envolvente de aire.

Cuando se tenga la envolvente de aire correctamente colocada y fijada mediante la tornillería comentada dentro de la cámara de combustión, quedaría introducir en el conjunto del quemador la lanza fuel gas y el frente de llama de los mecheros

Finalmente se coloca la tapa de la brida B1 junto con la junta necesaria y se atornilla.

Esta tapa servirá de entrada y soporte para el frente de llama de los mecheros y la lanza fuel gas.

Las posiciones de cada uno de los tornillos y ensambles que se utilizan para el montaje final del horno de reacción se detallan en el “Anexo, Planos, Plano general AT-5634-1 h.2-2”.

10. ENSAYOS

Para garantizar que tanto la geometría final del quemador es la deseada, como que los materiales elegidos son correctos, además de que todas las soldaduras han sido realizadas de manera correcta y no van a fallar durante la vida útil del quemador, se realizan una serie de ensayos no destructivos antes de entregar el equipo a nuestro cliente.

10.1 ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS

Los métodos de ensayo no destructivos se utilizan en la industria para evaluar la integridad y las propiedades de materiales o componentes sin dañar el objeto que se esté investigando.

1.1.19 Control dimensional.

El Control Dimensional es un método de verificación y validación de características geométricas de objetos, equipamientos o estructuras.

Para verificar que después del proceso de fabricación las dimensiones del quemador se corresponden con las dimensiones teóricas fijadas en los planos de fabricación, se tomaran distintas medidas con diversos instrumentos comparando así los resultados obtenidos.

No hace falta comparar todas las cotas de nuestro quemador para verificar que se cumple con el control dimensional, se fijan una serie de puntos de medida en sitios críticos que serán las que se comparen con los valores teóricos.

Para realizar este ensayo no es necesario contactar con ninguna empresa externa, ya que únicamente se necesite que cualquier miembro del departamento técnico de Atecsol Soldaduras SL. realice las mediciones necesarias en el quemador y que el responsable del departamento de calidad de la empresa compare las mediciones tomadas con los valores teóricos fijados para así verificar si se cumple con el control dimensional o no.

A continuación, se describen los instrumentos de medición utilizados para realizar las mediciones en el quemador durante el control dimensional.

Cinta métrica

Una cinta métrica, un flexómetro o simplemente metro es un instrumento de medida que consiste en una cinta flexible graduada y que se puede enrollar, haciendo que el trabajo sea más fácil. También con ella se pueden medir líneas y superficies curvas.

Pie de rey

El pie de rey o calibre es un instrumento de medición, principalmente de diámetros exteriores, interiores y profundidades, utilizado en el ámbito industrial. El vernier es una escala auxiliar que se desliza a lo largo de una escala principal para permitir en ella lecturas fraccionales exactas de la mínima división.

Medidor de espesores por ultrasonidos

El medidor de espesores por ultrasonidos sirve para determinar el espesor de materiales metálicos homogéneos por comparación.

Los medidores de espesor por ultrasonidos son ideales para medir los efectos de la corrosión o la erosión en depósitos, tuberías o cualquier estructura cuyo acceso esté limitado a un lado.

Ilustración 54. Medidor de espesores por ultrasonidos.

Para este trabajo en concreto se usa este medidor de espesores para verificar en el control dimensional que los espesores finales que se tienen en todos los elementos de nuestro quemador son los mismos que en los planos de diseño.

El funcionamiento de un medidor de espesores está basado en la determinación del denominado “tiempo de vuelo”.

Este concepto se refiere al tiempo que hace el pulso de sonido generado en atravesar la pieza y regresar al dispositivo.

Manteniendo el cabezal del dispositivo sobre el objeto a medir en la pantalla aparecerá el valor de medición, es decir el espesor que se tienen en el objeto a medir.

Resultados obtenidos del control dimensional:

Tras realizar todas las mediciones fijadas previamente y comparar los resultados obtenidos con los teóricos que indican los planos de diseño se obtienen valores muy cercanos que en ningún caso se alejan más de 0,5 mm, por tanto, el control dimensional es satisfactorio.

1.1.20 Inspección visual.

La inspección visual es el método de ensayo no destructivo más versátil que se utiliza con más frecuencia en las inspecciones de superficies expuestas o accesibles de cuerpos, ensambles o productos terminados, para determinar el estado de integridad general de una parte o componente y para la detección de objetos extraños en el interior de equipos que puedan afectar a su función.

En esta actividad, se emplea como instrumento principal, el ojo humano, el cual es complementado con instrumentos de magnificación, iluminación y medición, como, por ejemplo, vibroscopios, baroscopios, lupas y espejos.

Para la realización de este ensayo se necesita contactar con una empresa externa la cuál cuente con inspectores cualificados para que realicen y den el visto bueno a esta inspección visual. En este caso se contacta con la empresa colaboradora habitual para este tipo de trabajos Eurocontrol, empresa que cuenta con una amplia experiencia en el control y la garantía de calidad de todo tipo de materiales, equipos, componentes, servicios, instalaciones y plantas industriales en sectores como industria, infraestructuras, construcción, energía, transporte, telecomunicaciones, administraciones públicas, etc.

<u>Resultados obtenidos de la inspección visual:</u>

Desde Eurocontrol realizan el examen visual usando la iluminación natural y ayudándose también de una linterna LED con una potencia de 3 W desde una distancia de 150 mm, el inspector acreditado examina todas las soldaduras en base a los criterios fijados en la norma aplicable, ASME VII: Div. 1 2019 Edition.

Después de analizar visualmente todas las soldaduras del quemador se genera un informe en el cual Eurocontrol indica que no se ha registrado ningún defecto, y por tanto el resultado de la inspección visual es satisfactorio.

1.1.21 Examen radiográfico de soldaduras.

La técnica radiográfica es un ensayo no destructivo que permite observar discontinuidades que están a un nivel más allá del superficial en las soldaduras.

Por su naturaleza, al ser un ensayo no destructivo, no provoca ningún tipo de daño o alteración en la pieza que se inspecciona. Una vez realizada la inspección la pieza que ha sido tratada mantendrá sus mismas cualidades físicas sin ningún tipo de alteración. En los

ensayos de radiografía industrial se proyectan haces de radiación electromagnética ionizante. Estos haces pueden ser tanto de rayos gamma como de rayos X.

Se trata de un método de absorción diferenciada de la radiación por parte de la pieza que se está ensayando. La radiación será absorbida por el material en mayor o menor medida en función de la existencia o no de discontinuidades internas en la pieza.

Por ejemplo, si en una pieza existen poros, la radiografía, se observará más oscura dónde existen estos defectos; por el contrario, si existe sobre espesor, en la radiografía se podrá observar una zona más clara.

En función principalmente de la densidad del material (aunque también afecta el espesor), será necesario aplicar una técnica u otra para que los rayos traspasen el material.

Una vez que la radiación atraviesa la pieza, el resultado se queda como registro en una película radiográfica.

Al igual que para el caso de la inspección visual se necesita contactar con Eurocontrol para que envíe a uno de sus inspectores cualificados para realizar este examen de radiografías a las soldaduras a tope del quemador.

Resultados obtenidos del examen radiográfico de soldaduras:

Desde Eurocontrol hacen llegar un informe con los resultados obtenidos del examen radiográfico de las soldaduras a tope del quemador.

En este caso indican que en ninguna de las radiografías realizadas se han observado poros, falta de fusión, grietas, mordeduras ni rechupes y por tanto el resultado del examen es satisfactorio.

11. TRANSPORTE DEL EQUIPO

Para el transporte del quemador, tanto como para la ida a la empresa encargada de recuperarlo como para el transporte una vez finalizado el trabajo a su lugar de servicio, se decide juntamente con la empresa solicitante del trabajo transportarlo mediante carretera por medio de un camión con una plataforma convencional.

No se necesita una plataforma más grande que estas porque el volumen y el peso del quemador son relativamente pequeños para lo habitual en estas piezas industriales, el volumen total del quemador es de 3,5 m^3 y el peso de 2250 kg.

Además, para el transporte final se decide realizar el transporte del quemador en una caja de madera con tratamiento contra lluvias para que el equipo no sufra demasiado durante su transporte.

12. CONCLUSIONES

Tras la realización de este trabajo se puede llegar a la conclusión de que estas plantas de recuperación de azufre instaladas en las refinerías de petróleo son un elemento importantísimo para garantizar la calidad de vida de las personas que viven en las áreas vecinas a estas, así como para la conservación del planeta ya que sin ellas, las emisiones producidas durante los distintos procesos de tratamiento de los crudos serian catastróficas tanto para planeta como para las personas que lo habitan.

Sin estas plantas de recuperación de azufre y en concreto sin los hornos de reacción en los que se encuentran quemadores similares al que se ha recuperado en este proyecto sería imposible que se pudiese realizar la actividad normal de las refinerías, y por tanto no se podría obtener combustibles y otros derivados del petróleo.

Personalmente este proyecto me ha servido para adquirir mucha experiencia en el ámbito de la ingeniería aplicada y también para darme cuenta de lo importante que puede llegar a ser el trabajo del departamento técnico de multitud de empresas, a veces incluso vecinas a nuestras áreas de residencia, en nuestro día a día y en la mejora de la calidad de vida de las personas.

2. DOCUMENTO II. ANEXOS

ÍNDICE ANEXOS

1. PQR´S 89

1.1 PQR 157 90
1.2 PQR 204 94
1.3 PQR 231 99
1.4 PQR 268 102
1.5 PQR 275 106

2. WPS´S 111

2.1 WPS 5634-01 112
2.2 WPS 5634-02 115
2.3 WPS 5634-03 118
2.4 WPS 5634-04 121
2.5 WPS 5634-05 124
2.6 WPS 5634-06 127
2.7 WPS 5634-07 130

1. PQR´S

1.1 PQR 157

PQR 157

EXHIBIT 8-3

ATECSOL S.L. WELDING APPLICATIONS

REGISTRO DE CUALIFICACIÓN DEL PROCEDIMIENTO
Procedure Qualification Record
PQR

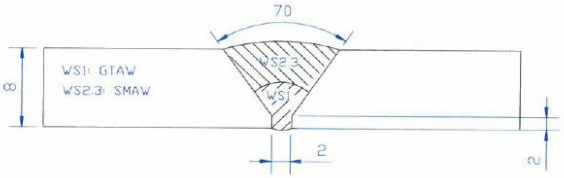
PQR - 157
Hoja: 1 De 3
Sheet Of

Empresa: **ATECSOL SOLDADURAS S.L.** Fecha: **21/04/2015**
Company name Date:
Especificacion el procedimiento (WPS) Nº: **3096/07** Rev.
Welding Procedure Specification (wps) Nº Rev.
Proceso(s) de Soldadura: **GTAW+SMAW** Tipo: **MANUAL**
Welding Process(es) Type

JUNTA (QW-402)
JOINT

	WS2,3		WS1	
Respaldo: Backing	X	SI Yes	X	NO
Embridamiento: Splice		SI Yes	X	NO

Material de Respaldo: **weld deposit**
Backing Material



MATERIALES BASE (QW-403)
BASE METALS
P Nº: 1 Gr Nº: 1 A P Nº: 1 Gr Nº: 1
To
Especificación: **SA - 516 Gr 60** a **SA - 516 Gr 60**
Specification to
Espesor de cupón: **8 mm** mm Inch
Thickness of Test Coupon
Diámetro del cupón: **N.A.**
Diameter of test Cupon
Otros: **N.A.**
Others

POSICION (QW-405)
POSITION
Posición de Junta: **1G**
Position of Groove
Progresión 3G/3F: **N.A.**
Welding Progression
Otros: **N.A.**
Others **N.A.**

PRECALENTAMIENTO (QW406)
PREHEAT
Temp. Precalentamiento: **99** ºC
Preheat Temp ºF
Temp. Entre Pasadas: **150 Max** ºC
Interpass Temp ºF
Otros: **N.A.**
Others

MATERIAL DE APORTACION (QW-404)
FILLER METAL
Nº Especifi. SFA : **WS1: A5.1** AWS Nº: **WS1: ER 70S6**
Specification Nº SFA **WS2,3: A5.18** **WS2,3: E 7018**
F Nº: **WS1: 4** A Nº: **1**
WS2,3: 6
Tamaño del Material de Aportación: **WS1: Ø2,4 WS2,3: Ø3,2** mm
Size of Filler Metal
Espesor del Metal Depositado: **WS1: 2,5, WS2,3: 3,5** mm
Weld Metal Thickness
Otros: **FOR GTAW CHANGED FILLER METAL CLASSIFICATION IS NOT PERMITTED**
Others **FOR GTAW FILLER METAL PRODUCT FORM: SOLID**
FOR GTAW ADDITION OR DELETION OF FILLER METAL IS NOT PERMITTED
FOR GTAW ADDITION OR DELETION OF CONSUM. INSERT IS NOT PERMITTED
FOR GTAW ADDITION OR DELETION OF FLUX IS NOT PERMITTED
FOR SMAW CHANGED FILLER METAL CLASSIFICATION IS NOT PERMITTED
FILLER METAL TRADE MARK: OERLIKON

TRATAMIENTO TERMICO (QW407)
POST WELD HEAT TREATMENT
Rango de Temperatura: **610** ºC
Temperature Range ºF
Tiempo: **1er ciclo de 2,5h // 2º ciclo de 5h**
Time Range
Otros: **N.A.**
Others **N.A.**

GAS (QW408)

GAS	Gas	Mezcla Mixture	Caudal Flow Rate
Protección: Shielding	WS1: ARGON	99,99% Ar	10
Adicional: Trailing Shield	N.A.	N.A.	N.A.
Respaldo: Backing	N.A.	N.A.	N.A.

Otros: **N.A.**
Others

TECNICA (QW410)
TECHNIQUE
Velocidad de Trabajo: **WS1: 36,40÷72,50** **WS2,3: 207÷231** mm/min
Travel Speed
Progresión Lineal o Zigzag: **STRING**
String or Weave Bead
Oscilación: **N.A.** Max
Oscilation
Pasadas por Lado: **MULTIPASS**
Pass per Side
Electrodo Simple o Multiple: **WS1: SINGLE**
Single or Multiple Electrode
Otros: **WS1 CLOSED TO OUT CHAMBER: N.A.**
Others
WS1÷3: USE OF THERMAL PROCESSES N.A.

CARACTERISTICAS ELECTRICAS (QW409)
ELECTRIC CHARACTERISTIC
Corriente: **WS1,2,3: DC** Polaridad: **WS1: EN, WS2,3: EP**
Current **WS1: 80÷135** Polarity **WS1: 10÷12**
Intensidad (A): **WS2,3: 100÷145** Voltaje (V): **WS2,3: 22÷25**
Intensity Voltage
Electrodo Tungsteno: **WS1: 2%Th, Ø2,4 mm**
Tungsten Electrode
Otros: **Addition or deletion of pulsing I. is not permitted**
Others
Heat input: WS1: 1648; WS2,3: 941 J/mm Max.

PQR 157

ATECSOL S.L.
WELDING APPLICATIONS

REGISTRO DE CUALIFICACIÓN DEL PROCEDIMIENTO
Procedure Qualification Record
PQR

PQR - 157
Hoja: 2 De 3
Sheet Of

ENSAYO DE TRACCION
TENSILE TEST

Specimen No.	Transverse Tensile Test		
	Dimensions (mm)	T.S. (Mpa)	Breaking zone
1	19,05 x 7,50	464	Base Metal
2	19,05 x 7,50	465	Base Metal

ENSAYO DE DOBLADO
GUIDED BEND TEST

Bending test			
Specimen No	Test	Bending angle	Result
1	Transverse Face	180°	No indications are noticed
2			Indication lower than 3 mm
3	Transverse Root		No indications are noticed
4			No indications are noticed

ENSAYO MACROGRAFICO
MACROGRAPHIC TEST

The macroscopic aspect of the inspected test specimen is satisfactory. The filler metal area and both transition areas corresponding to the base materials are observed; the test specimen shows complete fusion and penetration and his layout is acceptable

No macroscopic defects (macroinclusion dross, porosity, etc.) are observed on the inspected test specimen. The macroscopic aspect is satisfactory.

ENSAYO DE DUREZA
HARDNESS TEST

Sequence	Vickers hardness test (After 1st treatment) HV10									
	Base metal		HAZ		Welding		HAZ		Base metal	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
I	128	125	140	163	173	180	166	138	129	128
II	130	126	155	151	159	168	158	138	126	125
III	122	121	131	144	128	127	139	132	123	124

Sequence	Vickers hardness test (After 1st treatment) HV10					
	1	2	3	4	5	6
IV (Welding)	179	181	166	145	133	128

PQR 157

ATECSOL S.L.
WELDING APPLICATIONS

REGISTRO DE CUALIFICACIÓN DEL PROCEDIMIENTO
Procedure Qualification Record
PQR

PQR - 157
Hoja: 3 De 3
Sheet Of

ENSAYO DE DUREZA
HARDNESS TEST

Sequence	Vickers hardness test (After 2nd treatment) HV10									
	Base metal		HAZ		Welding		HAZ		Base metal	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
I	123	124	134	154	174	165	162	152	125	122
II	121	121	140	138	160	154	141	146	122	124
III	121	122	126	140	135	135	140	132	122	120

Sequence	Vickers hardness test (After 2nd treatment) HV10					
	1	2	3	4	5	6
IV (Welding)	174	174	158	130	135	162

Nombre del Soldador: Welder`s Name: **Juan Carlos Alonso**
Marca Nº: Marks Nº: **AW4**
Sello Nº: Stamp Nº:

Ensayos dirigidos por: Test Conducted By: **RAQUEL OSLE- ATECSOL SOLDADURAS S.L.**
Ensayo de Laboratorio Nº: Laboratory Test Nº: **AZTERLAN 310063M RT-15.022.0014.0097**

Certificamos la autenticidad de los datos en este documento y que las Soldaduras prueba fueron preparadas, realizadas y controladas de acuerdo con los requerimientos establecidos en la Sección IX del Código ASME. Ultima edición.

We certify that the statements in this record are correct and that the test welds were prepared, welded, and tested in accordance with the requeriments of Section IX of the ASME Code. Lates Edition.

Fecha: Date **27.04.15**

Jefe de Garantia de Calidad / Q.A. Manager

Fecha: Date 1/06/2015

ORGANISMO NOTIFICADO ATISAE ON 0053

Antonio Lainz

1.2 PQR 204

EXHIBIT 8-3

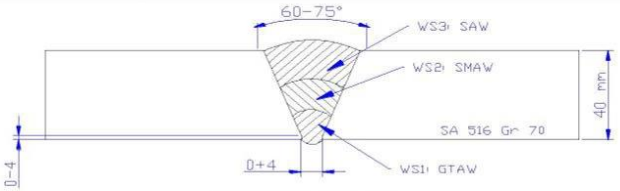
ATECSOL WELDING APPLICATIONS

REGISTRO DE CUALIFICACIÓN DEL PROCEDIMIENTO
Procedure Qualification Record
PQR

PQR - 204
Hoja / Sheet: 1 De / Of: 3

Empresa / Company name: **ATECSOL SOLDADURAS S.L.**
Fecha / Date: **18.07.17**
Especificacion el procedimiento (WPS) Nº / Welding Procedure Specification (wps) Nº: **pWPS 3804/01**
Rev. / Rev.: **00**
Proceso(s) de Soldadura / Welding Process(es): **GTAW+SMAW+SAW**
Tipo / Type: **MANUAL+MACHINE**

JUNTA (QW-402)
JOINT



MATERIALES BASE (QW-403)
BASE METALS
P Nº: 1 Gr Nº: 2 A / To P Nº: 1 Gr Nº: 2
Especificación / Specification: **SA 516 Gr 70** a / to **SA 516 Gr 70**
Espesor de cupón / Thickness of Test Coupon: **40** mm
Diámetro del cupón / Diameter of test Cupon: **N.A.**
Otros / Others:

POSICION (QW-405)
POSITION
Posición de Junta / Position of Groove: **1G**
Progresión 3G/3F / Welding Progression: **N.A.**
Otros / Others:

PRECALENTAMIENTO (QW406)
PREHEAT
Temp. Precalentamiento / Preheat Temp: **75** º C
Temp. Entre Pasadas / Interpass Temp: **WS1: 99, WS2: 100, WS3: 220 Max.** º C
Otros / Others:

MATERIAL DE APORTACION (QW-404)
FILLER METAL
Nº Especificación SFA / Specification Nº SFA: **WS1: 5.18 WS2: 5.1 WS3: 5.17**
AWS Nº: **WS1: ER70S6, WS2:E7018, WS3: EM12K**
F Nº: **WS1,3:6, WS2: 4**
A Nº: **1**
Tamaño del Material de Aportación / Size of Filler Metal: **WS1: Ø2-2,4, WS2: Ø4, WS3: Ø2,4-4 mm**
Espesor del Metal Depositado / Weld Metal Thickness: **WS1: 6,5, WS2:10, WS3:23,5** mm
Otros / Others: **WS3: FLUX F7A4-EM12K (LINCOLN 860)**

TRATAMIENTO TERMICO (QW407)
POST WELD HEAT TREATMENT
Rango de Temperatura / Temperature Range: **610 ±10** º C
Tiempo / Time Range: **1h 40 min**
Otros / Others:

GAS (QW408)
GAS

	Gas	Mezcla / Mixture	Caudal / Flow Rate
Protección / Shielding:	**WS1: ARGON**	**99,99%Ar**	**7-8 l/min**
Adicional / Trailing Shield:			
Respaldo / Backing:			

Otros / Others:

TECNICA (QW410)
TECHNIQUE
Velocidad de Trabajo / Travel Speed: **WS1: 1,6-9, WS2: 13-13,3, WS3: 30-36** Cm/min
Progresión Lineal o Zigzag / String or Weave Bead: **STRING**
Oscilación / Oscilation: **NO** Max
Pasadas por Lado / Pass per Side: **MULTIPASS**
Electrodo Simple o Multiple / Single or Multiple Electrode: **WS3: SINGLE**
Otros / Others:

CARACTERISTICAS ELECTRICAS (QW409)
ELECTRIC CHARACTERISTIC
Corriente / Current: **DC**
Polaridad / Polarity: **WS1: EN, WS2,3: EP**
Intensidad (A) / Intensity: **WS1: 80-220, WS2: 180-200, WS3: 357-530**
Voltaje (V) / Voltage: **WS1: 9,5-18, WS2: 22-23, WS3: 30,6-33,1**
Electrodo Tungsteno / Tungsten Electrode: **WS1: 2%Th, Ø2,4 mm**
Otros / Others: **Max. Heat Input WS1: 7518, WS2: 2123, WS3: 3498 J/mm**

ORGANISMO NOTIFICADO TÜV SÜD ATISAE 0053

ATECSOL WELDING APPLICATIONS	HOMOLOGACIÓN DE PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA Procedure Qualification Record PQR	PQR - 204
		Hoja: Sheet 2 De Of 3

ENSAYOS DE TRACCION TRANSVERSALES
TRANSVERSE TENSILE TEST

Specimen No.	Transverse Tensile Test		
	Dimensions (mm)	T.S. (Mpa)	Breaking zone
1	**19,20 x 40,20**	**510**	**Welding**
2	**19,15 x 40,30**	**513**	**Welding**

ENSAYO DE DOBLADO
BENDING TEST

Bending test			
Specimen No.	Test	Bending angle	Result
1	**Transverse Side**	**180°**	**No indications are noticed**
2			**No indications are noticed**
3			**Indication lower than 3 mm**
4			**No indications are noticed**

ENSAYO DE FLEXION POR CHOQUE
CHARPY IMPACT TEST

Notch location	Charpy impact test		
	Absorbed energy, Charpy V-notch at -46ºC (Joules)		
	Specimen 1	Specimen 2	Specimen 3
HAZ	**49**	**105**	**53**
Welding	**57**	**58**	**57**

INSPECCION MACROSCOPICA
MACRO EXAMINATION

ORGANISMO NOTIFICADO TÜV SÜD ATISAE 0052

Result
The **macroscopic** aspect of the **inspected** test **specimen** is **satisfactory.** The filler metal area and both **transition** areas **corresponding** to the base **materials** are **observed;** the test **specimen** shows **complete** fusion and **penetration** and his layout is **acceptable.**
No **macroscopic** defects **(macroinclusions** dross, **porosity,** etc.) are **observed** on the **inspected** test **specimen.**
The **macroscopic** aspect is **satisfactory.**

ATECSOL WELDING APPLICATIONS	HOMOLOGACIÓN DE PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA Procedure Qualification Record PQR	PQR - 204 Hoja: 3 De 3 Sheet Of

CONTROL DE DUREZA
HARDNESS CONTROL

Sequence	Vickers hardness test														
	HV10														
	Base metal			HAZ			Welding			HAZ			Base metal		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
I	150	149	148	147	159	180	156	157	161	196	186	156	147	149	147
II	150	154	156	167	169	162	147	149	151	199	187	169	154	156	156
III	147	153	152	154	162	190	173	178	182	187	161	148	153	144	151
IV	152	163	160	169	176	199	167	162	167	198	192	158	158	159	158

OTROS ENSAYOS:
OTHER TEST:

Otros: **RADIOGRAPHIC EXAMINATION: SATISFACTORY**
Others:

Otros: **VISUAL EXAMINATION: SATISFACTORY**
Others:

Otros: **LIQUID PENETRANT EXAMINATION: SATISFACTORY**
Others:

Nombre del Soldador: **WS1,2: JUAN CARLOS ALONSO** Marca Nº: **AW4** Sello Nº:
Welder`s Name: **WS3: JOSE LUIS PATRON** Marks Nº: **AW2** Stamp Nº:

Ensayos dirigidos por: **RAQUEL OSLE - ATECSOL SOLDADURAS S.L.** Ensayo de Laboratorio Nº: **IK4-ZTERLAN 357084AM**
Test Conducted By: Laboratory Test Nº: **2471/0000/2470**
RX 1926.1

Certificamos la autenticidad de los datos en este documento y que las Soldaduras prueba fueron preparadas, relizadas y controladas de acuerdo con los requerimientos establecidos en la Sección IX del Código ASME. Ultima edición. Los ensayos se realizaron s/ Asme última Ed.

We certify that the statements in this record are correct and that the test welds were prepared, welded, and tested in accordance with the requeriments of Section IX of the ASME Code. Lates Edition. The test were done according Asme IX Code lates Ed.

Fecha: **22.09.17** Date	Fecha: 26.09.2017 Date Lauro J. Alonso Inspector
Jefe de Control de Calidad / Q.C. Manager	

ORGANISMO NOTIFICADO TÜV SÜD ATISAE 0055

IK4 AZTERLAN
Research Alliance

METALURGIA IKERKETA ZENTROA
CENTRO DE INVESTIGACION METALURGICA
METALLURGY RESEARCH CENTRE

CIF - R4800502I ALIENDALDE AUZUNEA Nº6
E-48200 DURANGO (BIZKAIA) TEL. +34 94 6215470

INFORME
REPORT **357084AM**

REGISTROS FOTOGRÁFICOS
GRAPHICS

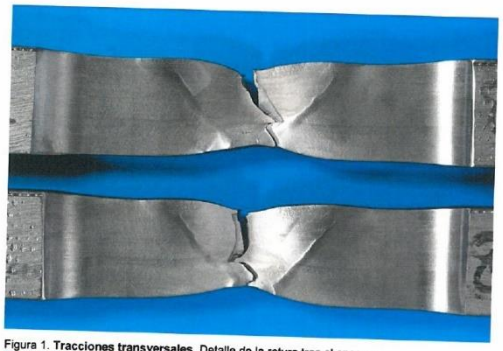


Figura 1. Tracciones transversales. Detalle de la rotura tras el ensayo.
Figure 1. **Transverse Tensile**. Detail of the fracture after the test.

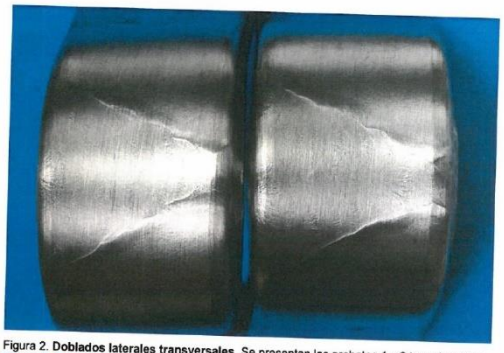


Figura 2. Doblados laterales transversales. Se presentan las probetas 1 y 2 tras el ensayo.
Figure 2. **Transverse Side bending**. Image of the test specimens 1 and 2 once the test is finished.

ilac-MRA ENAC ENSAYOS Nº 59/LE069 Nº 59/LE1439

8/9

IK4 AZTERLAN
Research Alliance

METALURGIA IKERKETA ZENTROA
CENTRO DE INVESTIGACION METALURGICA
METALLURGY RESEARCH CENTRE

CIF - R4800502I ALIENDALDE AUZUNEA Nº6
E-48200 DURANGO (BIZKAIA) TEL. +34 94 6215470

INFORME
REPORT **357084AM**

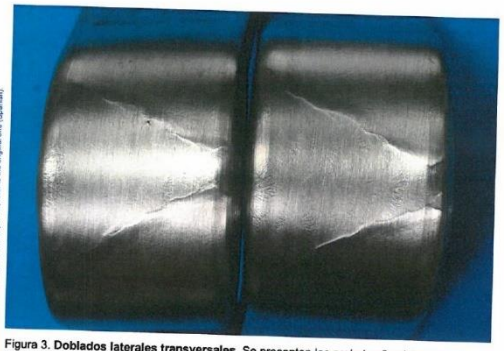


Figura 3. Doblados laterales transversales. Se presentan las probetas 3 y 4 tras el ensayo.
Figure 3. **Transverse side bending**. Image of the test specimens 3 and 4 once the test is finished.

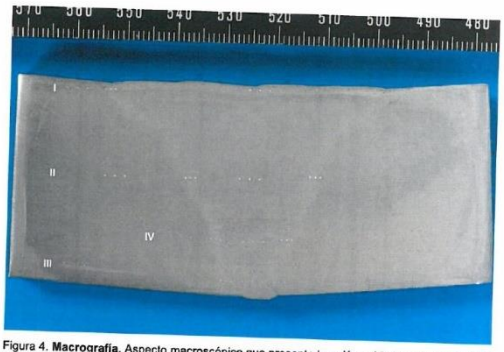


Figura 4. Macrografía. Aspecto macroscópico que presenta la unión soldada. La flecha indica el sentido de ejecución de las cadenas de dureza.
Figure 4. **Macrograph**. Macroscopic aspect of the welded joint. The arrow points at the direction of the hardness sequence.

Este informe anula y sustituye al 357084A.
Los resultados de este informe solo afectan a las muestras ensayadas.
Está prohibida la reproducción parcial de este informe, sólo autorización por escrito de IK4 AZTERLAN.
El informe original de este ensayo queda en poder de IK4 AZTERLAN.
This report cancels and replaces the 357084A.
The results of this report only refer to the samples that have been tested.
The partial reproduction of this report only is allowed with the written permission of IK4 AZTERLAN.
The original report is the one which is sent and filed in IK4 AZTERLAN.
The English version is a translation. In case of doubt, please refer to the original one (Spanish).

ilac-MRA ENAC ENSAYOS Nº 59/LE069 Nº 59/LE1439

Urko Uribe
Responsable Área de Ensayos Físicos
Head of the mechanical testing department

Carmelo Santamarina
Responsable Área de END
Head of the NDT department

9/9

1.3 PQR 231

EXHIBIT 8-3

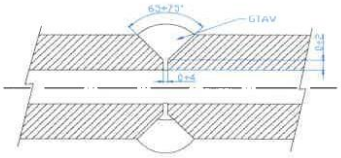
ATECSOL WELDING APPLICATIONS

REGISTRO DE CUALIFICACIÓN DEL PROCEDIMIENTO
Procedure Qualification Record
PQR

PQR - 231
Hoja: 1 De 2
Sheet Of

Empresa: **ATECSOL SOLDADURAS S.L.** Fecha: **06.03.2019**
Company name Date:
Especificacion el procedimiento (WPS) Nº: **pWPS 4760/01** Rev. **00**
Welding Procedure Specification (wps) Nº Rev.
Proceso(s) de Soldadura: **GTAW** Tipo: **MANUAL**
Welding Process(es) Type

JUNTA (QW-402)
JOINT



MATERIALES BASE (QW-403)
BASE METALS
P Nº: **8** Gr Nº: **1** A To P Nº: **8** Gr Nº: **1**
Especificación: **SA 312 Tp 316L** a to **SA 312 Tp 316L**
Specification
Espesor de cupón: **5,5 mm** mm
Thickness of Test Coupon
Diámetro del cupón: **Ø88,9 mm**
Diameter of test Cupon
Otros:
Others

MATERIAL DE APORTACION (QW-404)
FILLER METAL
Nº Especificación SFA : **5.9** AWS Nº: **ER 316L**
Specification Nº SFA
F Nº: **6** A Nº: **8**
Tamaño del Material de Aportación: **Ø2,4 mm**
Size of Filler Metal
Espesor del Metal Depositado: **5,5 mm** mm
Weld Metal Thickness
Otros: **FILLER METAL PRODUCT FORM: SOLID**
Others
CONSUM. INSERT: NO

POSICION (QW-405)
POSITION
Posición de Junta: **1G Rot**
Position of Groove
Progresión 3G/3F: **N.A.**
Welding Progression
Otros:
Others

PRECALENTAMIENTO (QW406)
PREHEAT
Temp. Precalentamiento: **15 Min** ° C
Preheat Temp
Temp. Entre Pasadas: **175 Max.** ° C
Interpass Temp
Otros:
Others

TRATAMIENTO TERMICO (QW407)
POST WELD HEAT TREATMENT
Rango de Temperatura: **NO** ° C
Temperature Range
Tiempo: **NO**
Time Range
Otros:
Others

GAS (QW408)
GAS

	Gas	Mezcla Mixture	Caudal Flow Rate
Protección: Shielding	ARGON	99,99%Ar	10 l/min
Adicional: Trailing Shield			
Respaldo: Backing	ARGON	99,99%Ar	7-8,5 l/min

Otros:
Others

CARACTERISTICAS ELECTRICAS (QW409)
ELECTRIC CHARACTERISTIC
Corriente: **DC** Polaridad: **EN**
Current Polarity
Intensidad (A): **WS1: 79-80** Voltaje (V): **WS1÷4: 12**
Intensity **WS2÷4: 100-110** Voltage
Electrodo Tungsteno: **2%Th, Ø2,4 mm**
Tungsten Electrode
Otros: **PULSING I.: NO**
Others

TECNICA (QW410)
TECHNIQUE
Velocidad de Trabajo: **WS1: 4-5,3, WS2-4: 9,3-11,2** Cm/min
Travel Speed
Progresión Lineal o Zigzag: **STRING**
String or Weave Bead
Oscilación: **NO** Max
Oscilation
Pasadas por Lado: **MULTIPASS**
Pass per Side
Electrodo Simple o Multiple: **SINGLE**
Single or Multiple Electrode
Otros: **CLOSED TO OUT CHAMBER: N.A.**
Others
USED OF THERMAL PROCESSES: N.A.

ATECSOL WELDING APPLICATIONS	HOMOLOGACIÓN DE PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA Procedure Qualification Record PQR	PQR - 231 Hoja: 2 De 2 Sheet Of

ENSAYO DE TRACCION TRANSVERSALES
TRANSVERSE TENSILE TEST

Specimen No	Transverse Tensile Test		
	Dimensions (mm)	T.S. (Mpa)	Breaking zone
1	19,15 x 4,95	603	Metal Base
2	19,15 x 4,95	582	Metal Base

ENSAYO DE DOBLADO
BENDING TEST

Bending Test			
Specimen No.	Test	Bending angle	Result
1	Transverse Face	180º	No indications are noticed
2			No indications are noticed
3	Transverse Root		No indications are noticed
4			No indications are noticed

INSPECCION MACROSCOPICA
MACRO EXAMINATION

Result
The macroscopic aspect of the inspected test specimen is satisfactory. The filler metal area and transition area and both transition areas corresponding to the base materials are observed; the test specimen shows complete fusion and penetration and his layout is acceptable. **No macroscopic defects (macroinclusions dross, porosity, etc,) ar observed on the inspected test specimen.** **The macroscopic aspect is satisfactory.**

OTROS ENSAYOS:
OTHER TEST:

Otros: **VISUAL INSPECTION: SATISFACTORY**
Others:

Otros: **DYE PENETRANT TEST: SATISFACTORY**
Others:

Otros: **RADIOGRAPHIC TEST: SATISFACTORY**
Others:

Nombre del Soldador: **FCO. JAVIER GARCIA** Marca Nº: **AW7**
Welder`s Name: Marks Nº:

Ensayos dirigidos por: **RAQUEL OSLE-ATECSOL SOLDADURAS S.L.** Ensayo de Laboratorio Nº: **1837/0000/1836**
Test Conducted By: Laboratory Test Nº: **1838/0000/1837**
1839/0000/1838
IK4-AZTERLAN 388976

Certificamos la autenticidad de los datos en este documento y que las Soldaduras prueba fueron preparadas, relizadas y controladas de acuerdo con los requerimientos establecidos en la Sección IX del Código ASME Ultima edición y en " Rules on Materials and Welding for the Classification of Marine Units (NR216)" January 2018. Los ensayos se realizaron s/ Asme última Ed.

We certify that the statements in this record are correct and that the test welds were prepared, welded, and tested in accordance with the requerments of Section IX of the ASME Code Lates Edition and " Rules on Materials and Welding for the Classification of Marine Units (NR216)" January 2018. The test were done according Asme IX Code lates Ed.

Fecha: **01.04.19** Date	Fecha: 04/04/2019 Date
Jefe de Control de Calidad / Q.C. Manager	BUREAU VERITAS SURVEYORS AND REGISTRIS 1828 SANTANDER REGISTRE INTERNATIONAL

1.4 PQR 268

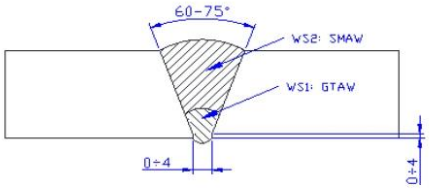
ATECSOL WELDING APPLICATIONS

REGISTRO DE CUALIFICACIÓN DEL PROCEDIMIENTO
Procedure Qualification Record
PQR

PQR - 268
Hoja: 1 De 2
Sheet Of

Empresa: **ATECSOL SOLDADURAS S.L.** Fecha: **24.03.2020**
Company name Date:
Especificacion el procedimiento (WPS) Nº: **pWPS 5255/01** Rev. **00**
Welding Procedure Specification (wps) Nº Rev.
Proceso(s) de Soldadura: **GTAW+SMAW** Tipo: **MANUAL**
Welding Process(es) Type

JUNTA (QW-402)
JOINT



MATERIALES BASE (QW-403)
BASE METALS
P Nº: **8** Gr Nº: **1** A P Nº: **1** Gr Nº: **2**
To
Especificación: **SA 240 Tp 304L** a **SA 516 Gr.70**
Specification to
Espesor de cupón: **25** mm
Thickness of Test Coupon
Diámetro del cupón: **N.A.**
Diameter of test Cupon
Otros: **FOR SMAW ANY PASS <13 mm**
Others

POSICION (QW-405)
POSITION
Posición de Junta: **1G**
Position of Groove
Progresión 3G/3F: **N.A.**
Welding Progression
Otros:
Others

MATERIAL DE APORTACION (QW-404)
FILLER METAL
Nº Especificación SFA : **WS1: 5.9** AWS Nº: **WS1: ER309L**
Specification Nº SFA **WS2,3: 5.4** **WS2,3: E309L**
F Nº: **WS1: 6, WS2,3: 4** A Nº: **8**

Tamaño del Material de Aportación: **WS1: Ø2,4, WS2,3: Ø3,25 mm**
Size of Filler Metal
Espesor del Metal Depositado: **WS1: 7, WS2,3: 18** mm
Weld Metal Thickness
Otros: **FOR GTAW FILLER METAL PRODUCT FORM: SOLID**
Others **FOR GTAW DELETION OF FILLER METAL IS NOT PERM**
FOR GTAW ADDITION OF FLUX/CONSUM. INSERT IS NOT PERMITTED
FOR SMAW CHANGE CLASSIFICATION IS NOT PERMITTED

PRECALENTAMIENTO (QW406)
PREHEAT
Temp. Precalentamiento: **15** º C
Preheat Temp
Temp. Entre Pasadas: **115 Max.** º C
Interpass Temp
Otros:
Others

TRATAMIENTO TERMICO (QW407)
POST WELD HEAT TREATMENT
Rango de Temperatura: **610** º C
Temperature Range
Tiempo: **1h 40 Min.**
Time Range
Otros:
Others

GAS (QW408)
GAS

	Gas	Mezcla Mixture	Caudal Flow Rate
Protección: Shielding	**WS1: ARGON**	**99,997%Ar**	**12 l/min**
Adicional: Trailing Shield			
Respaldo: Backing	**WS1: ARGON**	**99,997%Ar**	**10-11 l/min**

Otros:
Others

CARACTERISTICAS ELECTRICAS (QW409)
ELECTRIC CHARACTERISTIC
Corriente: **DC** Polaridad: **WS1: EN, WS2,3: EP**
Current Polarity
Intensidad (A): **WS1: 112-225** Voltaje (V): **WS1: 10,4-18,6**
Intensity **WS2,3: 98-140** Voltage **WS2: 24,5-30**
Electrodo Tungsteno: **WS1 WLa15 Ø2,4 mm**
Tungsten Electrode
Otros: **Max. Heat Input WS1: 2185, WS2,3: 1073 J/mm.**
Others

TECNICA (QW410)
TECHNIQUE
Velocidad de Trabajo: **WS1: 3,5-19,6, WS2,3: 15-29,3** Cm/min
Travel Speed
Progresión Lineal o Zigzag: **STRING**
String or Weave Bead
Oscilación: **NO** Max
Oscilation
Pasadas por Lado: **MULTIPASS**
Pass per Side
Electrodo Simple o Multiple: **N.A.**
Single or Multiple Electrode
Otros: **WS1: CLOSED TO OUT CHAMBER: N.A.**
Others
WS1÷3: USE OF THERMAL PROCESSES: N.A.

ORGANISMO NOTIFICADO TÜV SÜD AENAE 0053

ATECSOL WELDING APPLICATIONS	HOMOLOGACIÓN DE PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA Procedure Qualification Record PQR	PQR - 268 Hoja: 2 De 2 Sheet Of

ENSAYO DE TRACCION
TENSILE TEST

Specimen No	Dimensions (mm)	T.S. (Mpa)	Breaking zone
1	19,10x25,10	536	C Base Metal
2	19,10x25,00	548	C Base Metal

ENSAYO DE DOBLADO
GUIDED BEND TEST

Bending Test			
Specimen No.	Test	Bending angle	Result
1	Transverse Side	180º	No indications are noticed
2			No indications are noticed
3			No indications are noticed
4			No indications are noticed

ENSAYO DE FLEXION POR CHOQUE
CHARPY IMPACT TEST

Notch Location	Charpy Impact Test Absorved energy, Charpy V-notch at -46ºC (Joules)		
	Specimen 1	Specimen 2	Specimen 3
Base matel SA 240	37	59	72
HAZ SA 240	72	55	80
Welding	52	39	46
HAZ SA 516	48	46	49
Base metal SA516	230	212	192

CONTROL DE DUREZA
HARDNESS CONTROL

Sequence	Vickers Hardness Test HV10														
	Base Metal SA516			HAZ			Welding			HAZ			Base Metal SA240		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
I	143	147	149	182	202	208	206	193	192	206	204	200	181	178	181
II	144	145	146	149	159	168	201	200	202	190	191	206	177	177	191

OTROS ENSAYOS:
OTHER TEST:

Otros: **VISUAL EXAMINATION: SATISFACTORY**
Others:

Otros: **DYE PENETRANT TEST: SATISFACTORY**
Others:

Otros: **RADIOGRAPHIC TEST: SATISFACTORY**
Others:

Otros: **MACRO EXAMINATION: SATISFACTORY**
Others:

Nombre del Soldador: **FCO. JAVIER GARCIA** Marca Nº: **AW7** Sello Nº:
Welder`s Name: Marks Nº: Stamp Nº:

Ensayos dirigidos por: **RAQUEL OSLE-ATECSOL SOLDADURAS S.L.** Ensayo de Laboratorio Nº: **AZTERLAN 409281M**
Test Conducted By: Laboratory Test Nº: **RX 5121.0**

Certificamos la autenticidad de los datos en este documento y que las Soldaduras prueba fueron preparadas, relizadas y controladas de acuerdo con los requerimientos establecidos en la Sección IX del Código ASME. Ultima edición. Los ensayos se realizaron s/ Asme última Ed.

We certify that the statements in this record are correct and that the test welds were prepared, welded, and tested in accordance with the requeriments of Section IX of the ASME Code. Lates Edition. The test were done according Asme IX Code lates Ed.

Fecha: **29.05.2020**
Date

Jefe de Control de Calidad / Q.C. Manager

Fecha: **01.06.2020**
Date

José L. Gómez
Inspector Mecánico
TÜV SÜD ATISAE S.A.U. 0053
C/OTR/003449

Firmado digitalmente por JOSE LUIS GOMEZ ORTIZ
DN: cn=JOSE LUIS GOMEZ ORTIZ, c=ES, o=TÜV SÜD ATISAE, S.A.U. / ATISAE /, ou=INDUSTRIA, email=JoseLuis.Gomez@tuv-su...

ORGANISMO ACREDITADO TÜV SÜD ATISAE 0053

AZTERLAN
TECHNOLOGICAL SERVICES

CIF-R4800502I ALIENDALDE AUZUNEA Nº6
E-48200 DURANGO (BIZKAIA) TEL. +34 94 621 54 70

METALURGIA IKERKETA ZENTROA
CENTRO DE INVESTIGACIÓN METALÚRGICA
METALLURGY RESEARCH CENTRE

INFORME
REPORT **409281M**

REGISTROS FOTOGRÁFICOS
GRAPHICS

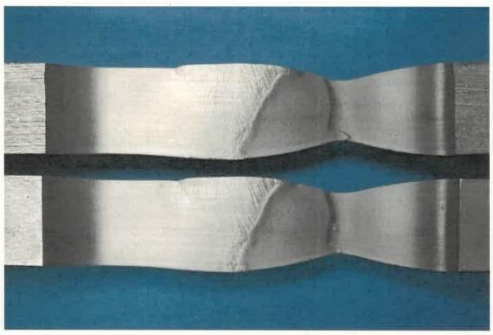


Figura 1. **Tracciones transversales.** Detalle de la rotura tras el ensayo.
Figure 1. **Transverse Tensile.** Detail of the fracture after the test.

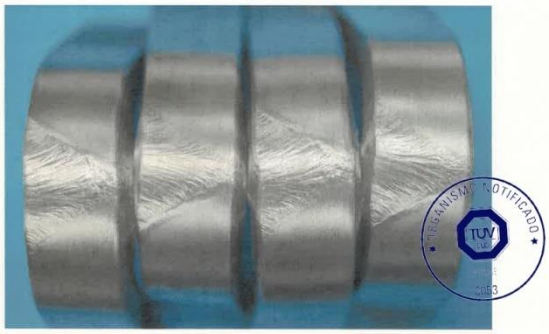


Figura 2. **Doblados laterales transversales.** Se presentan las probetas 1, 2, 3 y 4 tras el ensayo.
Figure 2. **Transverse Side bending.** Image of the test specimens 1, 2, 3 and 4 once the test is finished.

ENAC ENSAYOS Nº 59 / LE069

AZTERLAN
TECHNOLOGICAL SERVICES

CIF-R4800502I ALIENDALDE AUZUNEA Nº6
E-48200 DURANGO (BIZKAIA) TEL. +34 94 621 54 70

METALURGIA IKERKETA ZENTROA
CENTRO DE INVESTIGACIÓN METALÚRGICA
METALLURGY RESEARCH CENTRE

INFORME
REPORT **409281M**

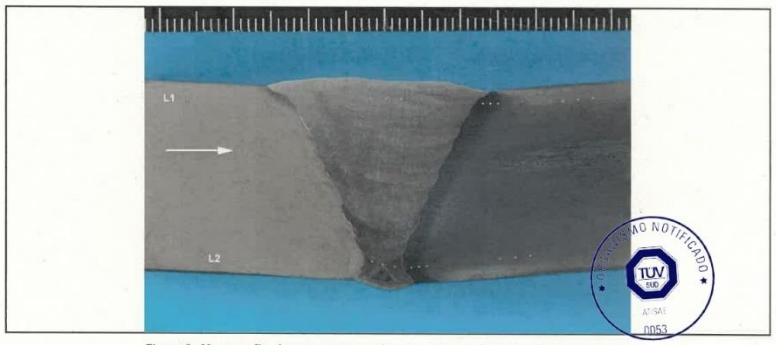


Figura 3. **Macrografía.** Aspecto macroscópico que presenta la unión soldada. La flecha indica el sentido de ejecución de las cadenas de dureza.
Figure 3. **Macrograph.** Macroscopic aspect of the welded joint. The arrow points at the direction of the hardness sequence..

ENAC ENSAYOS Nº 59 / LE069

Ekain Uriarte
Inspector de END
NDT inspector

Urko Uribe
Responsable Técnico del Informe
Technical Manager of the Report

1.5 PQR 275

PQR 275

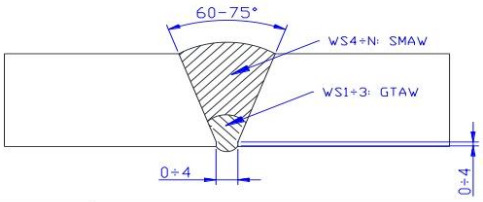
ATECSOL WELDING APPLICATIONS

REGISTRO DE CUALIFICACIÓN DEL PROCEDIMIENTO
Procedure Qualification Record
PQR

PQR - 275
Hoja: 1 De 2
Sheet Of

Empresa: **ATECSOL SOLDADURAS S.L.** Fecha: **27.05.2020**
Company name Date:
Especificacion el procedimiento (WPS) Nº: **pPWS4895/02** Rev. **00**
Welding Procedure Specification (wps) Nº Rev.
Proceso(s) de Soldadura: **GTAW+SMAW** Tipo: **MANUAL**
Welding Process(es) Type

JUNTA (QW-402)
JOINT



MATERIALES BASE (QW-403)
BASE METALS
P Nº: **8** Gr Nº: **1** A P Nº: **8** Gr Nº: **1**
To
Especificación: **SA 240 Tp 321** a **SA 240 Tp 321**
Specification to
Espesor de cupón: **10** mm
Thickness of Test Coupon
Diámetro del cupón: **N.A.**
Diameter of test Cupon
Otros:
Others

POSICION (QW-405)
POSITION
Posición de Junta: **1G**
Position of Groove
Progresión 3G/3F: **N.A.**
Welding Progression
Otros:
Others

PRECALENTAMIENTO (QW406)
PREHEAT
Temp. Precalentamiento: **15** º C
Preheat Temp
Temp. Entre Pasadas: **175** º C
Interpass Temp
Otros:
Others

MATERIAL DE APORTACION (QW-404)
FILLER METAL
Nº Especificación SFA : **WS1÷3: 5.9** AWS Nº: **WS1÷3: ER347**
Specification Nº SFA **WS4÷N: 5.4** **WS4÷N: E347-16**
F Nº: **WS1÷3: 6, WS4÷N: 5** A Nº: **8**

Tamaño del Material de Aportación: **WS1÷3: Ø2,4, WS4÷N: Ø3,2 mm**
Size of Filler Metal
Espesor del Metal Depositado: **WS1÷3: 4, WS4÷N: 6** mm
Weld Metal Thickness
Otros: **FOR GTAW FILLER METAL PRODUCT FORM: SOLID**
Others **FOR GTAW DFELETION OF FILLER METAL IS NOT PERMITTED**
FOR GTAW ADDITION OF FUX/CONSUM. INSERT IS NOT PERMITTED

TRATAMIENTO TERMICO (QW407)
POST WELD HEAT TREATMENT
Rango de Temperatura: **610** º C
Temperature Range
Tiempo: **1h**
Time Range
Otros:
Others

GAS (QW408)
GAS

	Gas	Mezcla Mixture	Caudal Flow Rate
Protección: Shielding	**WS1÷3: ARGON**	**99,997%Ar**	**12 L/Min.**
Adicional: Trailing Shield			
Respaldo: Backing	**WS1÷3: ARGON**	**99,997%Ar**	**10-18 L/Min.**

Otros:
Others

TECNICA (QW410)
TECHNIQUE
Velocidad de Trabajo: **WS1÷3: 5,3-15,4** Cm/min
Travel Speed **WS4÷N: 26,6-32**
Progresión Lineal o Zigzag: **STRING**
String or Weave Bead
Oscilación: **NO** Max
Oscilation
Pasadas por Lado: **MULTIPASS**
Pass per Side
Electrodo Simple o Multiple: **N.A.**
Single or Multiple Electrode
Otros: **WS1÷3: CLOSED TO OUT CHAMBER: N.A.**
Others
USE OF THERMAL PROCESSES: N.A.

CARACTERISTICAS ELECTRICAS (QW409)
ELECTRIC CHARACTERISTIC
Corriente: **DC** Polaridad: **WS1÷3: EN**
Current Polarity **WS4÷N: EP**
Intensidad (A): **WS1÷3: 102-180** Voltaje (V): **WS1÷3: 11-15**
Intensity **WS4÷N: 105** Voltage **WS4÷N: 30**
Electrodo Tungsteno: **WS1÷3: WLa15 Ø2,4 mm**
Tungsten Electrode
Otros: **FOR GTAW PULSING I.: NO**
Others

ORGANISMO NOTIFICADO TÜV SÜD ATISAE 0053

PQR 275

ATECSOL WELDING APPLICATIONS	REGISTRO DE CUALIFICACIÓN DEL PROCEDIMIENTO Procedure Qualification Record PQR	PQR - 275 Hoja: 2 De 2 Sheet Of

ENSAYO DE TRACCION
TRANSVERSE TENSILE TEST

Specimen No	Transverse Tensile Test		
	Dimensions (mm)	T.S. (Mpa)	Breaking zone
1	25,05 x 10	**612**	**Base Metal**
2	25,05 x 10	**611**	**Base Metal**

ENSAYO DE DOBLADO
BENDING TEST

Bending Test			
Specimen No.	Test	Bending angle	Result
1	**Transverse Face**	**180º**	**No indications are noticed**
2			**No indications are noticed**
3	**Transverse Root**		**No indications are noticed**
4			**No indications are noticed**

ENSAYO DE DOBLADOCONTROL DE DUREZA
HARDNESS CONTROL

Sequence	Vickers hardness test HV 10														
	Base metal			HAZ			Welding			HAZ			Base metal		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
I	**175**	**173**	**177**	**193**	**187**	**189**	**230**	**241**	**227**	**185**	**193**	**183**	**174**	**168**	**168**
II	**165**	**165**	**164**	**196**	**208**	**209**	**210**	**218**	**207**	**209**	**207**	**208**	**162**	**161**	**157**
III	**176**	**174**	**180**	**201**	**203**	**197**	**198**	**215**	**193**	**201**	**201**	**199**	**176**	**173**	**170**

OTROS ENSAYOS:
OTHER TEST:

Otros: **VISUAL TEST: SATISFACTORY**
Others:

Otros: **LIQUID PENETRANT EXAMINATION: SATISFACTORY**
Others:

Otros: **RADIOGRAPHIC TEST: SATISFACTORY**
Others:

Otros: **MACRO EXAMINATION: SATISFACTORY**
Others:

Nombre del Soldador: **FCO. JAVIER GARCIA** Marca Nº: **AW7** Sello Nº:
Welder`s Name: Marks Nº: Stamp Nº:

Ensayos dirigidos por: **RAQUEL OSLE- ATECSOL SOLDADURAS S.L.** Ensayo de Laboratorio Nº: **RX5374.0**
Test Conducted By: Laboratory Test Nº: **412649**

Certificamos la autenticidad de los datos en este documento y que las Soldaduras prueba fueron preparadas, realizadas y controladas de acuerdo con los requerimientos establecidos en la Sección IX del Código ASME. Ultima edición.
We certify that the statements in this record are correct and that the test welds were prepared, welded, and tested in accordance with the requeriments of Section IX of the ASME Code. Lates Edition.

Fecha: **08.07.2020**
Date

Jefe de Garantia de Calidad / Q.A. Manager

Fecha: **08.07.2020**
Date

José L. Gómez
TÜV SÜD ATISAE, S.A.U.
NOTIFY BODY 0053
C/OTR/003586

ORGANISMO NOTIFICADO TÜV SÜD ATISAE 0053

Firmado digitalmente por JOSE LUIS GOMEZ ORTIZ
DN: cn=JOSE LUIS GOMEZ ORTIZ, c=ES, o=TÜV SÜD ATISAE, S.A.U. / ATISAE /, ou=INDUSTRIA, email=JoseLuis.Gomez@tuv-sud.es
Fecha: 2020.07.08 15:23:02 +02'00'

AZTERLAN
TECHNOLOGICAL SERVICES

CIF-R4800502I ALIENDALDE AUZUNEA Nº6
E-48200 DURANGO (BIZKAIA) TEL. +34 94 621 54 70

METALURGIA IKERKETA ZENTROA
CENTRO DE INVESTIGACIÓN METALÚRGICA
METALLURGY RESEARCH CENTRE

INFORME 412649
REPORT

REGISTROS FOTOGRÁFICOS
GRAPHICS

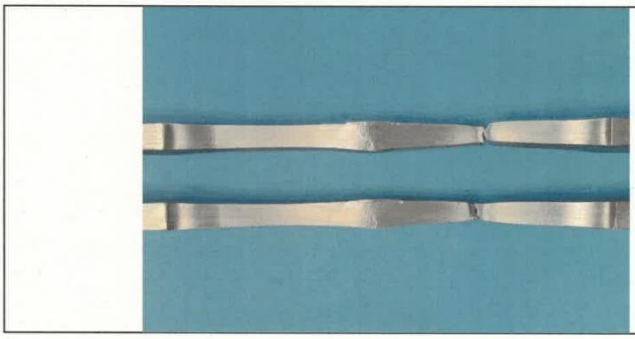


Figura 1. **Tracciones transversales.** Detalle de la rotura tras el ensayo.
Figure 1. **Transverse Tensile.** Detail of the fracture after the test.

ORGANISMO NOTIFICADO TÜV SÜD ATISAE 0053

ENAC Nº 59 / LE069

6/9

AZTERLAN
TECHNOLOGICAL SERVICES

CIF-R4800502I ALIENDALDE AUZUNEA Nº6
E-48200 DURANGO (BIZKAIA) TEL. +34 94 621 54 70

METALURGIA IKERKETA ZENTROA
CENTRO DE INVESTIGACIÓN METALÚRGICA
METALLURGY RESEARCH CENTRE

INFORME 412649
REPORT

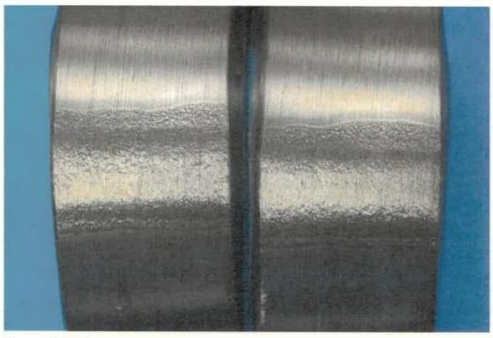


Figura 2. **Doblados de cara transversales.** Se presentan las probetas 1 y 2 tras el ensayo.
Figure 2. **Transverse face bending.** Image of the test specimens 1 and 2 once the test is finished.

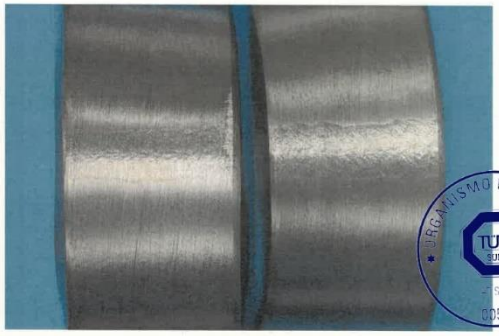


Figura 3. **Doblados de raíz transversales.** Se presentan las probetas 3 y 4 tras el ensayo
Figure 3. **Transverse root bending.** Image of the test specimens 3 and 4 once the test is finished.

ORGANISMO NOTIFICADO TÜV SÜD ATISAE 0053

ENAC Nº 59 / LE069

7/9

AZTERLAN
TECHNOLOGICAL SERVICES

CIF-R4800502I ALIENDALDE AUZUNEA Nº6
E-48200 DURANGO (BIZKAIA) TEL. +34 94 621 54 70

METALURGIA IKERKETA ZENTROA
CENTRO DE INVESTIGACIÓN METALÚRGICA
METALLURGY RESEARCH CENTRE

INFORME
REPORT **412649**

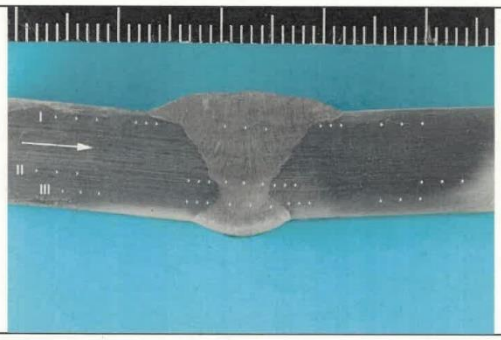


Figura 4. **Macrografía.** Aspecto macroscópico que presenta la unión soldada. La flecha indica el sentido de ejecución de las cadenas de dureza.
Figure 4. **Macrograph.** Macroscopic aspect of the welded joint. The arrow points at the direction of the hardness sequence.

ORGANISMO NOTIFICADO
TÜV SÜD
ATISAE
0053

ENAC
ENSAYOS
Nº 59 / LE069

Ekain Uriarte
Inspector de END
NDT inspector

Urko Uribe
Responsable Técnico del Informe
Technical Manager of the Report

8/9

2. WPS´S

2.1 WPS 5634-01

WPS 5634-01

ATECSOL WELDING APPLICATIONS	ESPECIFICACION DE PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA Welding Procedure Specification **WPS**	WPS - 5634/01 Rev. 00 Hoja 1 De 2 Sheet Of

Proyecto: Project	**FABRICACION DE CABEZAL DE QUEMADOR**			O. T.: Work Order	**5634**
Cliente: Customer	**PETRONOR**	Ref. Cliente: Customer Ref.	**B.194022**	Aplicación: Aplication	**Manufacturing**
Nº PQR soporte: Supporting PQR Nº	**204**	Proceso(s) de Soldadura: Welding Process(es)	**GTAW+SAW**	Tipo: Type	**MANUAL+MACHINE**

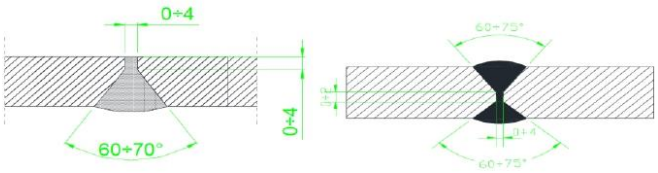
JUNTA (QW-402)
JOINT

Diseño de Junta: Joint Design — See sketch

	WS2,3		WS1	
Respaldo: Backing	X	SI Yes	X	NO
Embridamiento: Retainer		SI Yes	X	NO

Material de Respaldo: Backing Material — **Filer metal**

Material Embridamiento: Retainer Material — **NO**



MATERIALES BASE (QW-403)
BASE MATERIALS

P Nº: **1** Gr Nº: **1** A P Nº: **1** Gr Nº: **1**
To S Nº:

Especificación: Specification — **SA 516 Gr 60 to SA 516 Gr 60**

Gama de Espesores M. Base: Thickness Range Base Metal — **5** a **80** mm (to)

Cualquier Pasada: Any Pass — X <1/2" SAW ☐

Otros: Others

POSICION (QW-405).
POSITION

Posición(es) de Junta: Position(s) of Groove — **1G / 1G Rot**

Progresión 3G/3F: Welding Progression — **N.A.**

Posición(es) en Angulo: Position(s) of Fillet — **N.A.**

Otros: Others

MATERIAL DE APORTACION (QW-404)
FILLER METALS

Nº Especifi. SFA : Specification Nº SFA — **WS1: 5.18, WS2,3: 5.17**

AWS Nº: **WS1: ER70S6, WS2,3: EM12K**

F Nº: **6** A Nº: **Non Assigned**

Otros: Others

Tamaño del Material de Aportación: Size of Filler Material — **WS1: Ø1,6-2-2,4, WS2,3: Ø2,4-3,2-4 mm**

Gama de Espesores M. Soldadura: Thickness Range Welded Material — **WS1÷3: 20 mm**

Tipo Flux (Clase): Electrode Flux Class — **WS2,3: F7A4-EM12K**

Nombre Comercia Flux: Flux Trade Name — **WS2,3: LINCOLN 860**

Otros: Others
- **For GTAW filler metal product form: solid**
- **For GTAW deletion of filler metal is not permitted**
- **For GTAW addtion of flux is not permitted**
- **For SAW recrused slag is not permitted**
- **For SAW change flux type/alloy flux/alloy elements is not permitted**

PRECALENTAMIENTO (QW406)
PREHEAT

Temp. Precalentamiento: Preheat Temp — **20 Min** º C

Temp. Entre Pasadas: Interpass Temp — **220 Max** º C

Mantenimiento Precal.: Maintenace Preheat — **NO**

Condiciones Especiales: Specials Conditions — **NO**

Otros: Others

TRATAMIENTO TERMICO (QW407)
POSTWELD HEAT TRATAMENT

Rango de Temperatura: Temperature Range — **610 ±10** º C

Tiempo: Time Range — **1h**

WPS 5634-01

ATECSOL WELDING APPLICATIONS	ESPECIFICACION DE PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA Welding Procedure Specification WPS	WPS - 5634/01 Rev. 00 Hoja: 2 De 2 Sheet Of

GAS (QW408)
GAS

Gas de Protección: **WS1: ARGON** Caudal: **8-18** Lts/min.
Shielding Gas Flow Rate

Composición % Mezcla: **99,997% Ar**
Percent Mixture

Gas de Respaldo: **-** Caudal: **-** Lts/min.
Backing Gas Flow Rate

Composición % Mezcla: **-**
Percent Mixture

Gas Protección Adicional: **-**
Trailing Shield Gas

CARACTERISTICAS ELECTRICAS (QW409)
ELECTRIC CHARACTERISTIC

Corriente: **WS1,2,3: DC** Polaridad: **WS1; EN, WS2,3: EP**
Current Polarity

Intensidad: **WS1: 80-200, WS2,3: 250÷400** Voltaje: **WS1: 10-15, WS2,3: 28÷33**
Intensity Voltage:

Electrodo Tungsteno: **WS1 WLa15 Ø2,4 mm**
Tungsten Electrode

Modo de Transferencia: **N.A.**
Mode of Metal Transfer

Velocidad del Hilo: **-** m/min
Wire Speed Range

Corriente Pulsada: **N.A.**
Pulsating Currente

Max. Aporte Térmico: **N.A.**
Max. Heat Input

Otros: **FOR GTAW PULSING I. : NO**
Others

TECNICA (QW410)
TECHNIQUE

Cordón: [X] Estrecho 3G/3F [ ] Ancho
Bead String Weave

Orificio o T. Boquilla Gas: **WS1 <20** mm.
Orifice or Gas Cup Size

Limpieza Inicial: **BRUSHING-GRINDING**
Initial Cleaning

Limpieza Entre Pasadas: **BRUSHING-GRINDING**
Interpass Cleaning

Resanado: **NO**
Back Gouging

Oscilación: **NO**
Oscilation

Separación Boquilla: **-**
Contact Tube to Work Distance

Pasadas por Lado: **MULTIPASS**
Pass per Side

Electrodo: **WS2,3: SINGLE**
Electrode

Velocidad de Trabajo: **WS1: 3 Min, WS2,3: 30 Min.** Cm/min
Travel Speed

Martilleado: [ ] SI [X] NO
Peening Yes

Otros: **WS1 CLOSED TO OUT CHAMBER: N.A.**
Others **USE OF THERMAL PROCESSES: N.A.**

PARAMETROS DE SOLDADURA / WELDING PARAMETERS

Secuencia Sequence	Proceso Process	M. Aportación / Filler Metal: Clase Class	M. Aportación / Filler Metal: Diámetro Diameter	Corriente / Current: Polaridad Polarity	Corriente / Current: Intensidad Intensity	Corriente / Current: Voltaje Voltage	Velocidad Cm / min Speed	Observaciones Remarks
WS1	**GTAW**	**ER70S6**	**1,6-2-2,4**	**EN**	**80-200**	**10-15**	**3 Min**	
WS2,3	**SAW**	**EM12K**	**2,4-3,2-4**	**EP**	**250-400**	**28-33**	**30 Min**	

Notas:
Notes

REV. Rev.	FECHA Date	PREPARADO Performed by	APROBADO Approved by	MOTIVO DE LAS REVISIONES Reason of Revisions
00	**21.10.2020**	**Ramon Salas**	**Raquel Oslé**	**Initial edition**

Jefe de Calidad Quality Manager	CLIENTE Customer	Agencia de Inspección Inspection Agency
Firma y Fecha: **21.10.2020** Signature and Date	Firma y Fecha: Signature and Date	Firma y Fecha: Signature and Date

2.2 WPS 5634-02

WPS 5634-02

ATECSOL WELDING APPLICATIONS	ESPECIFICACION DE PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA Welding Procedure Specification **WPS**	WPS - 5634/02 Rev. 00 Hoja 1 De 2 Sheet Of

Proyecto: Project	**FABRICACION DE CABEZAL DE QUEMADOR**			O. T.: Work Order	**5634**
Cliente: Customer	**PETRONOR**	Ref. Cliente: Customer Ref.	**B.194022**	Aplicación: Aplication	**Manufacturing**
Nº PQR soporte: Supporting PQR Nº	**204**	Proceso(s) de Soldadura: Welding Process(es)	**GTAW+SMAW**	Tipo: Type	**MANUAL**

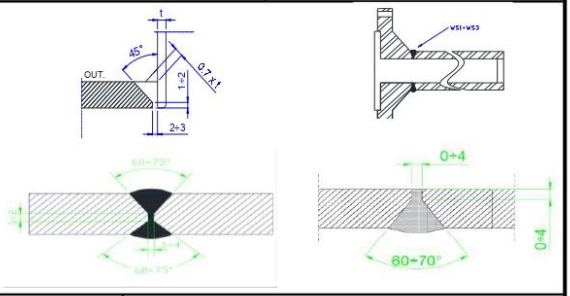
JUNTA (QW-402)
JOINT

Diseño de Junta: See sketch
Joint Design

	WS2,3		WS1	
Respaldo: Backing	X	SI Yes	X	NO
Embridamiento: Retainer		SI Yes	X	NO

Material de Respaldo: **Filer metal**
Backing Material

Material Embridamiento: **NO**
Retainer Material



MATERIALES BASE (QW-403)
BASE MATERIALS

P Nº: **1** Gr Nº: **1** A P Nº: **1** Gr Nº: **1**
To S Nº:

Especificación: **SA 516 Gr 60 to SA 516 Gr 60**
Specification

Gama de Espesores M. Base: **5** a **80** mm
Thickness Range Base Metal to

Cualquier Pasada: X <1/2" SMAW
Any Pass

Otros:
Others

POSICION (QW-405).
POSITION

Posición(es) de Junta: **1G / 1G Rot**
Position(s) of Groove

Progresión 3G/3F: **N.A.**
Welding Progression

Posición(es) en Angulo: **N.A.**
Position(s) of Fillet

Otros:
Others

MATERIAL DE APORTACION (QW-404)
FILLER METALS

Nº Especifi. SFA : **WS1: 5.18,** AWS Nº: **WS1: ER70S6,**
Specification Nº SFA **WS2,3: 5.1** **WS2,3: E7018**

F Nº: **WS1: 6, WS2,3: 4** A Nº: **Non Assigned**

Otros:
Others

Tamaño del Material de Aportación: **WS1: Ø1,6-2-2,4, WS2,3: Ø3,25-4 mm**
Size of Filler Material

Gama de Espesores M. Soldadura: **WS1: 13 mm Max., WS2÷3: 20 mm Max.**
Thickness Range Welded Material

Tipo Flux (Clase): **-**
Electrode Flux Class

Nombre Comercia Flux: **-**
Flux Trade Name

Otros: **For GTAW filler metal product form: solid**
Others **For GTAW deletion of filler metal is not permitted**
For GTAW addtiion of flux is not permitted
For SMAW change classification is not permitted

PRECALENTAMIENTO (QW406)
PREHEAT

Temp. Precalentamiento: **20 Min** º C
Preheat Temp

Temp. Entre Pasadas: **100 Max** º C
Interpass Temp

Mantenimiento Precal.: **NO**
Maintenace Preheat

Condiciones Especiales: **NO**
Specials Conditions

Otros:
Others

TRATAMIENTO TERMICO (QW407)
POSTWELD HEAT TRATAMENT

Rango de Temperatura: **610 ±10** º C
Temperature Range

Tiempo: **1h**
Time Range

WPS 5634-02

ATECSOL WELDING APPLICATIONS	ESPECIFICACION DE PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA Welding Procedure Specification WPS	WPS - 5634/02 Rev. 00 Hoja: 2 De 2 Sheet Of

GAS (QW408)
GAS

Gas de Protección: **WS1: ARGON** Caudal: **8-18** Lts/min.
Shielding Gas Flow Rate

Composición % Mezcla: **99,997% Ar**
Percent Mixture

Gas de Respaldo: **-** Caudal: **-** Lts/min.
Backing Gas Flow Rate

Composición % Mezcla: **-**
Percent Mixture

Gas Protección Adicional: **-**
Trailing Shield Gas

CARACTERISTICAS ELECTRICAS (QW409)
ELECTRIC CHARACTERISTIC

Corriente: **WS1,2,3: DC** Polaridad: **WS1; EN, WS2,3: EP**
Current Polarity

Intensidad: **WS1: 80-200, WS2,3: 100÷200** Voltaje: **WS1: 10-15, WS2,3: 20÷24**
Intensity Voltage:

Electrodo Tungsteno: **WS1 WLa15 Ø2,4 mm**
Tungsten Electrode

Modo de Transferencia: **N.A.**
Mode of Metal Transfer

Velocidad del Hilo: **-** m/min
Wire Speed Range

Corriente Pulsada: **N.A.**
Pulsating Currente

Max. Aporte Térmico: **N.A.**
Max. Heat Input

Otros: **FOR GTAW PULSING I. : NO**
Others

TECNICA (QW410)
TECHNIQUE

Cordón: [X] Estrecho 3G/3F [ ] Ancho
Bead String Weave

Orificio o T. Boquilla Gas: **WS1 <20** mm.
Orifice or Gas Cup Size

Limpieza Inicial: **BRUSHING-GRINDING**
Initial Cleaning

Limpieza Entre Pasadas: **BRUSHING-GRINDING**
Interpass Cleaning

Resanado: **NO**
Back Gouging

Oscilación: **NO**
Oscilation

Separación Boquilla: **-**
Contact Tube to Work Distance

Pasadas por Lado: **MULTIPASS**
Pass per Side

Electrodo: **-**
Electrode

Velocidad de Trabajo: **WS1: 3 Min, WS2,3: 13 Min.** Cm/min
Travel Speed

Martilleado: [ ] SI [X] NO
Peening Yes

Otros: **WS1 CLOSED TO OUT CHAMBER: N.A.**
Others

USE OF THERMAL PROCESSES: N.A.

PARAMETROS DE SOLDADURA / WELDING PARAMETERS

Secuencia Sequence	Proceso Process	M. Aportación / Filler Metal Clase Class	Diámetro Diameter	Corriente / Current Polaridad Polarity	Intensidad Intensity	Voltaje Voltage	Velocidad Cm / min Speed	Observaciones Remarks
WS1	**GTAW**	**ER70S6**	**1,6-2-2,4**	**EN**	**80-200**	**10-15**	**3 Min**	
WS2,3	**SMAW**	**E7018**	**3,25-4**	**EP**	**100-200**	**20-24**	**13 Min**	

Notas:
Notes

REV. Rev.	FECHA Date	PREPARADO Performed by	APROBADO Approved by	MOTIVO DE LAS REVISIONES Reason of Revisions
00	**21.10.2020**	**Ramon Salas**	**Raquel Oslé**	**Initial edition**

Jefe de Calidad Quality Manager	CLIENTE Customer	Agencia de Inspección Inspection Agency
Firma y Fecha: **21.10.2020** Signature and Date	Firma y Fecha: Signature and Date	Firma y Fecha: Signature and Date

2.3 WPS 5634-03

WPS 5634-03

ATECSOL WELDING APPLICATIONS	ESPECIFICACION DE PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA Welding Procedure Specification **WPS**	WPS - 5634/03 Rev. 00 Hoja 1 De 2 Sheet Of

Proyecto: Project	**FABRICACION DE CABEZAL DE QUEMADOR**			O. T.: Work Order	**5634**
Cliente: Customer	**PETRONOR**	Ref. Cliente: Customer Ref.	**B.194022**	Aplicación: Aplication	**Manufacturing**
Nº PQR soporte: Supporting PQR Nº	**157**	Proceso(s) de Soldadura: Welding Process(es)	**GTAW**	Tipo: Type	**MANUAL**

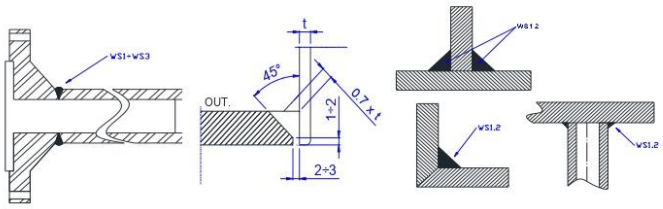
JUNTA (QW-402)
JOINT

Diseño de Junta: Joint Design — See sketch

	FILLET WELDS	GROOVE WELD
Respaldo: Backing	[X] SI Yes	[X] NO
Embridamiento: Retainer	[ ] SI Yes	[X] NO

Material de Respaldo: Backing Material — **Filer metal**

Material Embridamiento: Retainer Material — **NO**



MATERIALES BASE (QW-403)
BASE MATERIALS

P Nº: 1 Gr Nº: 1 A P Nº: 1 Gr Nº: 1
To S Nº:

Especificación: Specification — **SA 516 Gr 60 to SA 516 Gr 60**

Gama de Espesores M. Base: Thickness Range Base Metal — **1,5** a to **16** mm

Cualquier Pasada: Any Pass — [X] <1/2" SAW [ ]

Otros: Others

POSICION (QW-405).
POSITION

Posición(es) de Junta: Position(s) of Groove — **1G / 1G Rot**

Progresión 3G/3F: Welding Progression — **Uphill**

Posición(es) en Angulo: Position(s) of Fillet — **All**

Otros: Others

MATERIAL DE APORTACION (QW-404)
FILLER METALS

Nº Especifi. SFA : Specification Nº SFA — **5.18** AWS Nº: **ER70S6**

F Nº: **6** A Nº: **Non Assigned**

Otros: Others

Tamaño del Material de Aportación: Size of Filler Material — **Ø1,6-2-2,4mm**

Gama de Espesores M. Soldadura: Thickness Range Welded Material — **16 mm Max.**

Tipo Flux (Clase): Electrode Flux Class — **-**

Nombre Comercia Flux: Flux Trade Name — **-**

Otros: Others
For GTAW filler metal product form: solid
For GTAW deletion of filler metal is not permitted
For GTAW addtiion of flux is not permitted

PRECALENTAMIENTO (QW406)
PREHEAT

Temp. Precalentamiento: Preheat Temp — **44 Min** º C

Temp. Entre Pasadas: Interpass Temp — **150 Max** º C

Mantenimiento Precal.: Maintenace Preheat — **NO**

Condiciones Especiales: Specials Conditions — **NO**

Otros: Others

TRATAMIENTO TERMICO (QW407)
POSTWELD HEAT TRATAMENT

Rango de Temperatura: Temperature Range — **610 ±10** º C

Tiempo: Time Range — **1h**

WPS 5634-03

ATECSOL WELDING APPLICATIONS	ESPECIFICACION DE PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA Welding Procedure Specification WPS	WPS - 5634/03 Rev. 00 Hoja: 2 De 2 Sheet Of

GAS (QW408)
GAS

Gas de Protección: **ARGON** Caudal: **8-18** Lts/min.
Shielding Gas Flow Rate

Composición % Mezcla: **99,997% Ar**
Percent Mixture

Gas de Respaldo: **-** Caudal: **-** Lts/min.
Backing Gas Flow Rate

Composición % Mezcla: **-**
Percent Mixture

Gas Protección Adicional: **-**
Trailing Shield Gas

CARACTERISTICAS ELECTRICAS (QW409)
ELECTRIC CHARACTERISTIC

Corriente: **DC** Polaridad: **EN**
Current Polarity

Intensidad: **80-170** Voltaje: **10-15**
Intensity Voltage:

Electrodo Tungsteno: **WLa15 Ø2,4 mm**
Tungsten Electrode

Modo de Transferencia: **N.A.**
Mode of Metal Transfer

Velocidad del Hilo: **-** m/min
Wire Speed Range

Corriente Pulsada: **N.A.**
Pulsating Currente

Max. Aporte Térmico: **N.A.**
Max. Heat Input

Otros: **FOR GTAW PULSING I. : NO**
Others

TECNICA (QW410)
TECHNIQUE

Cordón: [X] Estrecho 3G/3F [ ] Ancho
Bead String Weave

Orificio o T. Boquilla Gas: **<20** mm.
Orifice or Gas Cup Size

Limpieza Inicial: **BRUSHING-GRINDING**
Initial Cleaning

Limpieza Entre Pasadas: **BRUSHING-GRINDING**
Interpass Cleaning

Resanado: **NO**
Back Gouging

Oscilación: **NO**
Oscilation

Separación Boquilla: **-**
Contact Tube to Work Distance

Pasadas por Lado: **MULTIPASS**
Pass per Side

Electrodo: **-**
Electrode

Velocidad de Trabajo: **WS1: 3 Min** Cm/min
Travel Speed

Martilleado: [ ] SI [X] NO
Peening Yes

Otros: **CLOSED TO OUT CHAMBER: N.A.**
Others

USE OF THERMAL PROCESSES: N.A.

PARAMETROS DE SOLDADURA / WELDING PARAMETERS

Secuencia Sequence	Proceso Process	M. Aportación / Filler Metal Clase Class	 Diámetro Diameter	Corriente / Current Polaridad Polarity	 Intensidad Intensity	 Voltaje Voltage	Velocidad Cm / min Speed	Observaciones Remarks
ALL	**GTAW**	**ER70S6**	**1,6-2-2,4**	**EN**	**80-170**	**10-15**	**3 Min**	

Notas:
Notes

REV. Rev.	FECHA Date	PREPARADO Performed by	APROBADO Approved by	MOTIVO DE LAS REVISIONES Reason of Revisions
00	**21.10.2020**	**Ramon Salas**	**Raquel Oslé**	**Initial edition**

Jefe de Calidad Quality Manager	CLIENTE Customer	Agencia de Inspección Inspection Agency
Firma y Fecha: **21.10.2020** Signature and Date	Firma y Fecha: Signature and Date	Firma y Fecha: Signature and Date

2.4 WPS 5634-04

WPS 5634-04

ATECSOL WELDING APPLICATIONS	ESPECIFICACION DE PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA Welding Procedure Specification **WPS**	WPS - 5634/04 Rev. 00 Hoja 1 De 2 Sheet Of

Proyecto: Project	**FABRICACION DE CABEZAL DE QUEMADOR**			O. T.: Work Order	**5634**
Cliente: Customer	**PETRONOR**	Ref. Cliente: Customer Ref.	**B.194022**	Aplicación: Aplication	**Manufacturing**
Nº PQR soporte: Supporting PQR Nº	**204**	Proceso(s) de Soldadura: Welding Process(es)	**SMAW**	Tipo: Type	**MANUAL**

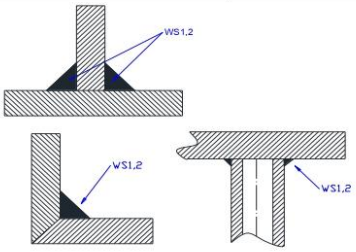
JUNTA (QW-402)
JOINT

Diseño de Junta: See sketch
Joint Design

	WS2,3		WS1	
Respaldo: Backing	X	SI Yes	X	NO
Embridamiento: Retainer		SI Yes	X	NO

Material de Respaldo: **Filer metal**
Backing Material

Material Embridamiento: **NO**
Retainer Material



MATERIALES BASE (QW-403)
BASE MATERIALS

P Nº: **1** Gr Nº: **1** A To P Nº: **1** Gr Nº: **1**
S Nº:

Especificación: **SA 516 Gr 60 / CARBON STEEL**
Specification

Gama de Espesores M. Base: **FOR FILLET ALL** mm
Thickness Range Base Metal

Cualquier Pasada: X <1/2" SMAW
Any Pass

Otros:
Others

POSICION (QW-405).
POSITION

Posición(es) de Junta: **1G / 1G Rot**
Position(s) of Groove

Progresión 3G/3F: **N.A.**
Welding Progression

Posición(es) en Angulo: **N.A.**
Position(s) of Fillet

Otros:
Others

MATERIAL DE APORTACION (QW-404)
FILLER METALS

Nº Especifi. SFA : **5.1** AWS Nº: **E7018**
Specification Nº SFA

F Nº: **4** A Nº: **Non Assigned**

Otros:
Others

Tamaño del Material de Aportación: **Ø3,25-4 mm**
Size of Filler Material

Gama de Espesores M. Soldadura: **FOR FILLET ALL**
Thickness Range Welded Material

Tipo Flux (Clase): **-**
Electrode Flux Class

Nombre Comercia Flux: **-**
Flux Trade Name

Otros: **For SMAW change classification is not permitted**
Others

PRECALENTAMIENTO (QW406)
PREHEAT

Temp. Precalentamiento: **20 Min** º C
Preheat Temp

Temp. Entre Pasadas: **100 Max** º C
Interpass Temp

Mantenimiento Precal.: **NO**
Maintenace Preheat

Condiciones Especiales: **NO**
Specials Conditions

Otros:
Others

TRATAMIENTO TERMICO (QW407)
POSTWELD HEAT TRATAMENT

Rango de Temperatura: **610 ±10** º C
Temperature Range

Tiempo: **1h**
Time Range

WPS 5634-04

ATECSOL WELDING APPLICATIONS	ESPECIFICACION DE PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA Welding Procedure Specification WPS	WPS - 5634/04 Rev. 00 Hoja: 2 De 2 Sheet Of

GAS (QW408)
GAS

Gas de Protección: - Caudal: - Lts/min.
Shielding Gas — Flow Rate

Composición % Mezcla: -
Percent Mixture

Gas de Respaldo: - Caudal: - Lts/min.
Backing Gas — Flow Rate

Composición % Mezcla: -
Percent Mixture

Gas Protección Adicional: -
Trailing Shield Gas

CARACTERISTICAS ELECTRICAS (QW409)
ELECTRIC CHARACTERISTIC

Corriente: DC — Polaridad: EP
Current — Polarity

Intensidad: 100÷200 — Voltaje: 20÷24
Intensity — Voltage:

Electrodo Tungsteno: -
Tungsten Electrode

Modo de Transferencia: N.A.
Mode of Metal Transfer

Velocidad del Hilo: - m/min
Wire Speed Range

Corriente Pulsada: N.A.
Pulsating Currente

Max. Aporte Térmico: N.A.
Max. Heat Input

Otros:
Others

TECNICA (QW410)
TECHNIQUE

Cordón: [X] Estrecho 3G/3F [ ] Ancho
Bead — String — Weave

Orificio o T. Boquilla Gas: - mm.
Orifice or Gas Cup Size

Limpieza Inicial: BRUSHING-GRINDING
Initial Cleaning

Limpieza Entre Pasadas: BRUSHING-GRINDING
Interpass Cleaning

Resanado: NO
Back Gouging

Oscilación: NO
Oscilation

Separación Boquilla: -
Contact Tube to Work Distance

Pasadas por Lado: MULTIPASS
Pass per Side

Electrodo: -
Electrode

Velocidad de Trabajo: 13 Min. Cm/min
Travel Speed

Martilleado: [ ] SI [X] NO
Peening — Yes

Otros: USE OF THERMAL PROCESSES: N.A.
Others

PARAMETROS DE SOLDADURA / WELDING PARAMETERS

Secuencia Sequence	Proceso Process	M. Aportación / Filler Metal Clase Class	Diámetro Diameter	Corriente / Current Polaridad Polarity	Intensidad Intensity	Voltaje Voltage	Velocidad Cm / min Speed	Observaciones Remarks
ALL	SMAW	E7018	1,6-2-2,4	EP	100-200	20-24	13 Min	

Notas:
Notes

REV. Rev.	FECHA Date	PREPARADO Performed by	APROBADO Approved by	MOTIVO DE LAS REVISIONES Reason of Revisions
00	21.10.2020	Ramon Salas	Raquel Oslé	Initial edition

Jefe de Calidad Quality Manager	CLIENTE Customer	Agencia de Inspección Inspection Agency
Firma y Fecha: 21.10.2020 Signature and Date	Firma y Fecha: Signature and Date	Firma y Fecha: Signature and Date

2.5 WPS 5634-05

WPS 5634-05

ATECSOL WELDING APPLICATIONS	ESPECIFICACION DE PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA Welding Procedure Specification **WPS**	WPS - 5634/05 Rev. 00 Hoja 1 De 2 Sheet Of

Proyecto: Project	**FABRICACION DE CABEZAL DE QUEMADOR**			O. T.: Work Order	**5634**
Cliente: Customer	**PETRONOR**	Ref. Cliente: Customer Ref.	**B.194022**	Aplicación: Aplication	**Manufacturing**
Nº PQR soporte: Supporting PQR Nº	**231**	Proceso(s) de Soldadura: Welding Process(es)	**GTAW**	Tipo: Type	**MANUAL**

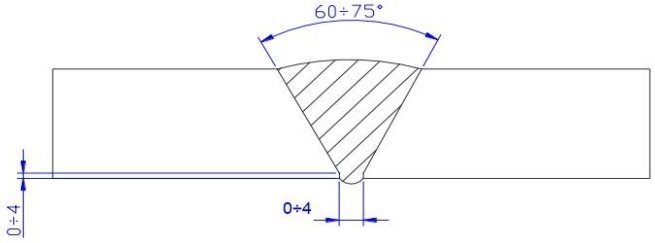
JUNTA (QW-402)
JOINT

Diseño de Junta: See sketch
Joint Design

	WS2,3		WS1	
Respaldo: Backing	X	SI Yes	X	NO
Embridamiento: Retainer		SI Yes	X	NO

Material de Respaldo: **Filer metal**
Backing Material

Material Embridamiento: **NO**
Retainer Material



MATERIALES BASE (QW-403)
BASE MATERIALS

P Nº: **8** Gr Nº: **1** A To P Nº: **8** Gr Nº: **1**
S Nº:

Especificación: **SA 240 Tp 310 to SA240 Tp 310**
Specification

Gama de Espesores M. Base: **5 to 5** mm
Thickness Range Base Metal

Cualquier Pasada: ☐ <1/2" ☐
Any Pass

Otros:
Others

POSICION (QW-405).
POSITION

Posición(es) de Junta: **1G / 1G Rot**
Position(s) of Groove

Progresión 3G/3F: **N.A.**
Welding Progression

Posición(es) en Angulo: **N.A.**
Position(s) of Fillet

Otros:
Others

MATERIAL DE APORTACION (QW-404)
FILLER METALS

Nº Especifi. SFA : **5.9** AWS Nº: **ER310**
Specification Nº SFA

F Nº: **6** A Nº: **8**

Otros:
Others

Tamaño del Material de Aportación: **Ø1,6-2-2,4 mm**
Size of Filler Material

Gama de Espesores M. Soldadura: **5mm**
Thickness Range Welded Material

Tipo Flux (Clase): **N.A.**
Electrode Flux Class

Nombre Comercia Flux: **N.A.**
Flux Trade Name

Otros: **FILLER METAL PRODUCT FORM: SOLID**
Others **ADDITION OF FLUX/CONSUM. INSERT IS NOT PERMITED**
DELETION OF FILLER METAL IS NOT PERMITTED

PRECALENTAMIENTO (QW406)
PREHEAT

Temp. Precalentamiento: **15 Min** º C
Preheat Temp

Temp. Entre Pasadas: **175 Max** º C
Interpass Temp

Mantenimiento Precal.: **NO**
Maintenace Preheat

Condiciones Especiales: **NO**
Specials Conditions

Otros:
Others

TRATAMIENTO TERMICO (QW407)
POSTWELD HEAT TRATAMENT

Rango de Temperatura: **NO** º C
Temperature Range

Tiempo: **NO**
Time Range

WPS 5634-05

ATECSOL WELDING APPLICATIONS	ESPECIFICACION DE PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA Welding Procedure Specification WPS	WPS - 5634/05 Rev. 00 Hoja: 2 De 2 Sheet Of

GAS (QW408)
GAS

Gas de Protección: **ARGON** Caudal: **8-18** Lts/min.
Shielding Gas Flow Rate

Composición % Mezcla: **99,997% Ar**
Percent Mixture

Gas de Respaldo: **ARGON** Caudal: **3-12** Lts/min.
Backing Gas Flow Rate

Composición % Mezcla: **99,997% Ar**
Percent Mixture

Gas Protección Adicional: **-**
Trailing Shield Gas

CARACTERISTICAS ELECTRICAS (QW409)
ELECTRIC CHARACTERISTIC

Corriente: **DC** Polaridad: **EN**
Current Polarity

Intensidad: **80÷160** Voltaje: **10-14**
Intensity Voltage:

Electrodo Tungsteno: **WLa15 Ø2,4 mm**
Tungsten Electrode

Modo de Transferencia: **N.A.**
Mode of Metal Transfer

Velocidad del Hilo: **-** m/min
Wire Speed Range

Corriente Pulsada: **N.A.**
Pulsating Currente

Max. Aporte Térmico: **N.A.**
Max. Heat Input

Otros:
Others

TECNICA (QW410)
TECHNIQUE

Cordón: [X] Estrecho 3G/3F [ ] Ancho
Bead String Weave

Orificio o T. Boquilla Gas: **<20** mm.
Orifice or Gas Cup Size

Limpieza Inicial: **BRUSHING-GRINDING**
Initial Cleaning

Limpieza Entre Pasadas: **BRUSHING-GRINDING**
Interpass Cleaning

Resanado: **NO**
Back Gouging

Oscilación: **NO**
Oscilation

Separación Boquilla: **<20 mm**
Contact Tube to Work Distance

Pasadas por Lado: **MULTIPASS**
Pass per Side

Electrodo: **-**
Electrode

Velocidad de Trabajo: **4 Min.** Cm/min
Travel Speed

Martilleado: [ ] SI [X] NO
Peening Yes

Otros: **USE OF THERMAL PROCESSES: N.A.**
Others

CLOSED TO OUT CHAMBER: N.A.

PARAMETROS DE SOLDADURA / WELDING PARAMETERS

Secuencia Sequence	Proceso Process	M. Aportación / Filler Metal Clase Class	Diámetro Diameter	Corriente / Current Polaridad Polarity	Intensidad Intensity	Voltaje Voltage	Velocidad Cm / min Speed	Observaciones Remarks
ALL	**GTAW**	**ER310**	**1,6-2-2,4**	**EN**	**80-160**	**10-14**	**4 Min**	

Notas:
Notes

REV. Rev.	FECHA Date	PREPARADO Performed by	APROBADO Approved by	MOTIVO DE LAS REVISIONES Reason of Revisions
00	**21.10.2020**	**Ramon Salas**	**Raquel Oslé**	**Initial edition**

Jefe de Calidad Quality Manager	CLIENTE Customer	Agencia de Inspección Inspection Agency
Firma y Fecha: **21.10.2020** Signature and Date	Firma y Fecha: Signature and Date	Firma y Fecha: Signature and Date

2.6 WPS 5634-06

WPS 5634-06

ATECSOL WELDING APPLICATIONS	ESPECIFICACION DE PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA Welding Procedure Specification **WPS**	WPS - 5634/06 Rev. 00 Hoja 1 De 2 Sheet Of

Proyecto: Project	**FABRICACION DE CABEZAL DE QUEMADOR**			O. T.: Work Order	**5634**
Cliente: Customer	**PETRONOR**	Ref. Cliente: Customer Ref.	**B.194022**	Aplicación: Aplication	**Manufacturing**
Nº PQR soporte: Supporting PQR Nº	**268**	Proceso(s) de Soldadura: Welding Process(es)	**SMAW**	Tipo: Type	**MANUAL**

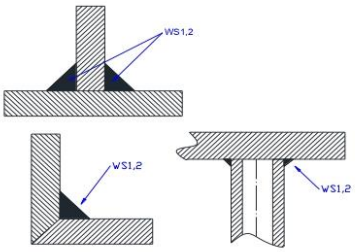
JUNTA (QW-402)
JOINT

Diseño de Junta: See sketch
Joint Design

	WS2,3		WS1	
Respaldo: Backing	X	SI Yes	X	NO
Embridamiento: Retainer		SI Yes	X	NO

Material de Respaldo: **Filer metal**
Backing Material

Material Embridamiento: **NO**
Retainer Material



MATERIALES BASE (QW-403)
BASE MATERIALS

P Nº: **8** Gr Nº: **1** A To P Nº: **1** Gr Nº: **1**
S Nº:

Especificación: **SA 240 Tp 310 to SA 516 Gr60**
Specification

Gama de Espesores M. Base: **FOR FILLET ALL** mm
Thickness Range Base Metal

Cualquier Pasada: X <1/2" ☐
Any Pass

Otros:
Others

POSICION (QW-405).
POSITION

Posición(es) de Junta: **-**
Position(s) of Groove

Progresión 3G/3F: **Uphill**
Welding Progression

Posición(es) en Angulo: **ALL**
Position(s) of Fillet

Otros:
Others

MATERIAL DE APORTACION (QW-404)
FILLER METALS

Nº Especifi. SFA : **5.4** AWS Nº: **E309L**
Specification Nº SFA

F Nº: **4** A Nº: **8**

Otros:
Others

Tamaño del Material de Aportación: **Ø2,5-3,2 mm**
Size of Filler Material

Gama de Espesores M. Soldadura: **FOR FILLET ALL**
Thickness Range Welded Material

Tipo Flux (Clase): **N.A.**
Electrode Flux Class

Nombre Comercia Flux: **N.A.**
Flux Trade Name

Otros:
Others

PRECALENTAMIENTO (QW406)
PREHEAT

Temp. Precalentamiento: **15 Min** º C
Preheat Temp

Temp. Entre Pasadas: **115 Max** º C
Interpass Temp

Mantenimiento Precal.: **NO**
Maintenace Preheat

Condiciones Especiales: **NO**
Specials Conditions

Otros:
Others

TRATAMIENTO TERMICO (QW407)
POSTWELD HEAT TRATAMENT

Rango de Temperatura: **610 ±10** º C
Temperature Range

Tiempo: **1h**
Time Range

WPS 5634-06

ATECSOL WELDING APPLICATIONS	ESPECIFICACION DE PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA Welding Procedure Specification WPS	WPS - 5634/06 Rev. 00 Hoja: 2 De 2 Sheet Of

GAS (QW408)
GAS

Gas de Protección: - Caudal: - Lts/min.
Shielding Gas — Flow Rate

Composición % Mezcla: -
Percent Mixture

Gas de Respaldo: - Caudal: - Lts/min.
Backing Gas — Flow Rate

Composición % Mezcla: -
Percent Mixture

Gas Protección Adicional: -
Trailing Shield Gas

CARACTERISTICAS ELECTRICAS (QW409)
ELECTRIC CHARACTERISTIC

Corriente: DC — Polaridad: EP
Current — Polarity

Intensidad: 80÷160 — Voltaje: 20-24
Intensity — Voltage:

Electrodo Tungsteno: -
Tungsten Electrode

Modo de Transferencia: N.A.
Mode of Metal Transfer

Velocidad del Hilo: - m/min
Wire Speed Range

Corriente Pulsada: N.A.
Pulsating Currente

Max. Aporte Térmico: N.A.
Max. Heat Input

Otros:
Others

TECNICA (QW410)
TECHNIQUE

Cordón: [X] Estrecho 3G/3F [ ] Ancho
Bead — String — Weave

Orificio o T. Boquilla Gas: - mm.
Orifice or Gas Cup Size

Limpieza Inicial: BRUSHING-GRINDING
Initial Cleaning

Limpieza Entre Pasadas: BRUSHING-GRINDING
Interpass Cleaning

Resanado: NO
Back Gouging

Oscilación: NO
Oscilation

Separación Boquilla: -
Contact Tube to Work Distance

Pasadas por Lado: MULTIPASS
Pass per Side

Electrodo: -
Electrode

Velocidad de Trabajo: 15 Min. Cm/min
Travel Speed

Martilleado: [ ] SI [X] NO
Peening — Yes

Otros: USE OF THERMAL PROCESSES: N.A.
Others

PARAMETROS DE SOLDADURA / WELDING PARAMETERS

Secuencia Sequence	Proceso Process	M. Aportación / Filler Metal Clase Class	Diámetro Diameter	Corriente / Current Polaridad Polarity	Intensidad Intensity	Voltaje Voltage	Velocidad Cm / min Speed	Observaciones Remarks
ALL	SMAW	E309L	2,5-3,25	EP	80-160	20-24	15 Min	

Notas:
Notes

REV. Rev.	FECHA Date	PREPARADO Performed by	APROBADO Approved by	MOTIVO DE LAS REVISIONES Reason of Revisions
00	21.10.2020	Ramon Salas	Raquel Oslé	Initial edition

Jefe de Calidad Quality Manager	CLIENTE Customer	Agencia de Inspección Inspection Agency
Firma y Fecha: 21.10.2020 Signature and Date	Firma y Fecha: Signature and Date	Firma y Fecha: Signature and Date

2.7 WPS 5634-07

WPS 5634-07

ATECSOL WELDING APPLICATIONS	ESPECIFICACION DE PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA Welding Procedure Specification **WPS**	WPS - 5634/07 Rev. 00 Hoja 1 De 2 Sheet Of

Proyecto: Project	**FABRICACION DE CABEZAL DE QUEMADOR**			O. T.: Work Order	**5634**
Cliente: Customer	**PETRONOR**	Ref. Cliente: Customer Ref.	**B.194022**	Aplicación: Aplication	**Manufacturing**
Nº PQR soporte: Supporting PQR Nº	**275**	Proceso(s) de Soldadura: Welding Process(es)	**GTAW**	Tipo: Type	**MANUAL**

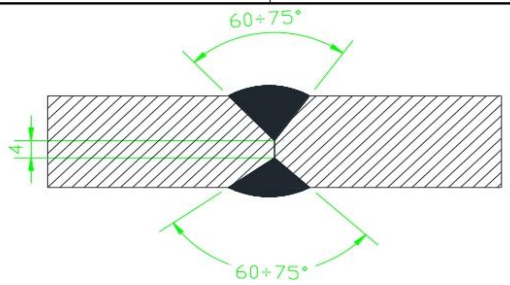
JUNTA (QW-402)
JOINT

Diseño de Junta: See sketch
Joint Design

	WS2,3		WS1	
Respaldo: Backing	X	SI Yes	X	NO
Embridamiento: Retainer		SI Yes	X	NO

Material de Respaldo: **Filer metal**
Backing Material

Material Embridamiento: **NO**
Retainer Material



MATERIALES BASE (QW-403)
BASE MATERIALS

P Nº: **8** Gr Nº: **1** A P Nº: **8** Gr Nº: **1**
To S Nº:

Especificación: **SA 240 Tp 310 to SA240 Tp 310**
Specification

Gama de Espesores M. Base: **10 to 10** mm
Thickness Range Base Metal

Cualquier Pasada: ☐ <1/2" ☐
Any Pass

Otros:
Others

POSICION (QW-405).
POSITION

Posición(es) de Junta: **1G / 1G Rot**
Position(s) of Groove

Progresión 3G/3F: **N.A.**
Welding Progression

Posición(es) en Angulo: **N.A.**
Position(s) of Fillet

Otros:
Others

MATERIAL DE APORTACION (QW-404)
FILLER METALS

Nº Especifi. SFA : **5.9** AWS Nº: **ER310**
Specification Nº SFA

F Nº: **6** A Nº: **8**

Otros:
Others

Tamaño del Material de Aportación: **Ø1,6-2-2,4 mm**
Size of Filler Material

Gama de Espesores M. Soldadura: **6mm**
Thickness Range Welded Material

Tipo Flux (Clase): **N.A.**
Electrode Flux Class

Nombre Comercia Flux: **N.A.**
Flux Trade Name

Otros: **FILLER METAL PRODUCT FORM: SOLID**
Others **ADDITION OF FLUX/CONSUM. INSERT IS NOT PERMITED**
DELETION OF FILLER METAL IS NOT PERMITTED

PRECALENTAMIENTO (QW406)
PREHEAT

Temp. Precalentamiento: **15 Min** º C
Preheat Temp

Temp. Entre Pasadas: **175 Max** º C
Interpass Temp

Mantenimiento Precal.: **NO**
Maintenace Preheat

Condiciones Especiales: **NO**
Specials Conditions

Otros:
Others

TRATAMIENTO TERMICO (QW407)
POSTWELD HEAT TRATAMENT

Rango de Temperatura: **610 ± 10** º C
Temperature Range

Tiempo: **1h**
Time Range

WPS 5634-07

ATECSOL WELDING APPLICATIONS	ESPECIFICACION DE PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA Welding Procedure Specification WPS	WPS - 5634/07 Rev. 00 Hoja: 2 De 2 Sheet Of

GAS (QW408)
GAS

Gas de Protección: **ARGON** Caudal: **8-18** Lts/min.
Shielding Gas Flow Rate

Composición % Mezcla: **99,997% Ar**
Percent Mixture

Gas de Respaldo: **-** Caudal: **-** Lts/min.
Backing Gas Flow Rate

Composición % Mezcla: **-**
Percent Mixture

Gas Protección Adicional: **-**
Trailing Shield Gas

CARACTERISTICAS ELECTRICAS (QW409)
ELECTRIC CHARACTERISTIC

Corriente: **DC** Polaridad: **EN**
Current Polarity

Intensidad: **80÷160** Voltaje: **10-14**
Intensity Voltage:

Electrodo Tungsteno: **WLa15 Ø2,4 mm**
Tungsten Electrode

Modo de Transferencia: **N.A.**
Mode of Metal Transfer

Velocidad del Hilo: **-** m/min
Wire Speed Range

Corriente Pulsada: **N.A.**
Pulsating Currente

Max. Aporte Térmico: **N.A.**
Max. Heat Input

Otros:
Others

TECNICA (QW410)
TECHNIQUE

Cordón: [X] Estrecho 3G/3F [ ] Ancho
Bead String Weave

Orificio o T. Boquilla Gas: **<20** mm.
Orifice or Gas Cup Size

Limpieza Inicial: **BRUSHING-GRINDING**
Initial Cleaning

Limpieza Entre Pasadas: **BRUSHING-GRINDING**
Interpass Cleaning

Resanado: **NO**
Back Gouging

Oscilación: **NO**
Oscilation

Separación Boquilla: **<20 mm**
Contact Tube to Work Distance

Pasadas por Lado: **MULTIPASS**
Pass per Side

Electrodo: **-**
Electrode

Velocidad de Trabajo: **4 Min.** Cm/min
Travel Speed

Martilleado: [ ] SI [X] NO
Peening Yes

Otros: **USE OF THERMAL PROCESSES: N.A.**
Others

CLOSED TO OUT CHAMBER: N.A.

PARAMETROS DE SOLDADURA / WELDING PARAMETERS

Secuencia Sequence	Proceso Process	M. Aportación / Filler Metal Clase Class	Diámetro Diameter	Corriente / Current Polaridad Polarity	Intensidad Intensity	Voltaje Voltage	Velocidad Cm / min Speed	Observaciones Remarks
ALL	**GTAW**	**ER310**	**1,6-2-2,4**	**EN**	**80-160**	**10-14**	**4 Min**	

Notas:
Notes

REV. Rev.	FECHA Date	PREPARADO Performed by	APROBADO Approved by	MOTIVO DE LAS REVISIONES Reason of Revisions
00	**21.10.2020**	**Ramon Salas**	**Raquel Oslé**	**Initial edition**

Jefe de Calidad Quality Manager	CLIENTE Customer	Agencia de Inspección Inspection Agency
Firma y Fecha: **21.10.2020** Signature and Date	Firma y Fecha: Signature and Date	Firma y Fecha: Signature and Date

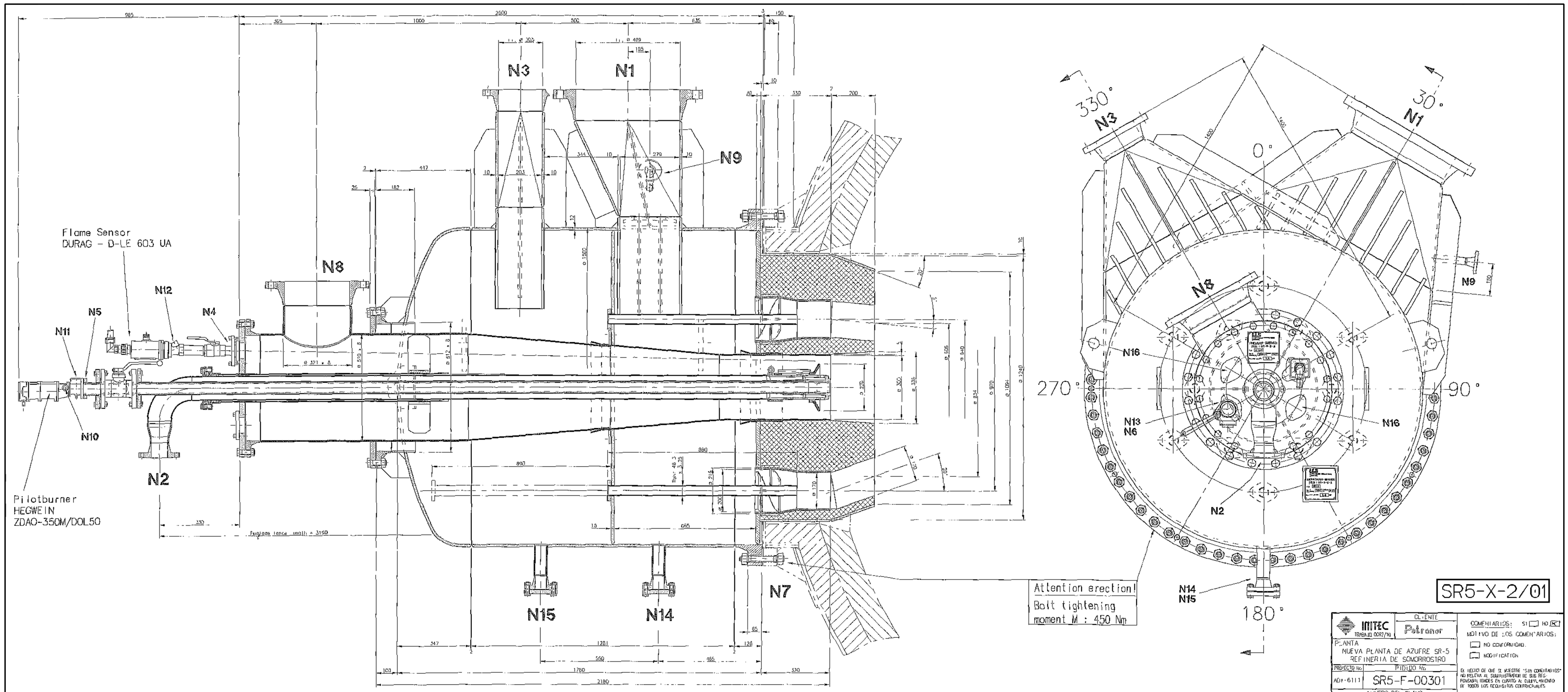
3. DOCUMENTO III. PLANOS

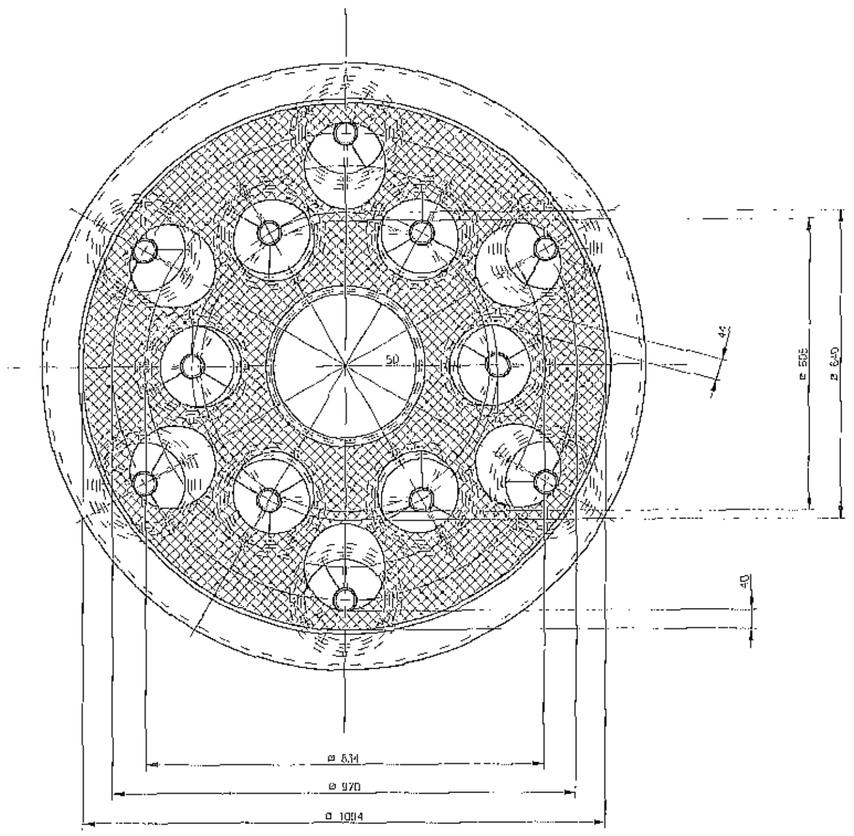
ÍNDICE PLANOS

1. PLANOS CLIENTE 135

2. PLANOS DE DISEÑO 141

1. PLANOS CLIENTE





LLS
LURGI LENTJES SERVICE GMBH
DUISBURG

INCINERATOR- BURNER
ITEM : SR- 5- X- 2

Typ **MD12**

Year of manufacturing **2001** Produktion-No. **1847**

Burner power **1,5** MW

LLS
LURGI LENTJES SERVICE GMBH
DUISBURG

FUELGAS- BURNER
ITEM : SR- 5- X- 2

Typ **M- 300**

Year of manufacturing **2001** Produktion-No. **1847**

Burner power **4,5** MW

Materials :

Bottom, case, nozzle plate	HRP (1.0425 DIN 17155 / P265 GH DIN EN 10027 - 1) Certificate of quality DIN EN 10204 - 3.1B / 2.2
Nozzles and burner pipe	HRP (1.0425 DIN 17155 / P265 GH DIN EN 10027 - 1) Siccorust 10 (1.4749 / X 10 CrAl 18) Certificate of quality DIN EN 10204 - 3.1B / 2.2
Fuelgas - Nozzles	AF 1101 (1.4828 / G - X 40 CrNiSi 274) Certificate of quality DIN EN 10204 - 2.2
Flange DN 1500 DIN 28034	HRP (1.0425 DIN 17155 / P265 GH DIN EN 10027 - 1) Certificate of quality DIN EN 10204 - 3.1B
ANSI - Flanges ASA B 16.5 - 150 lbs	ASTM A 105 - 714 C 21 (1.0432 / 1 C 2° G2 DIN 10027 - 1) Certificate of quality DIN EN 10204 - 3.1B
Air - pipes DIN 2440	St 35.8 I (1.0305 / P 235 GH) Sandvik 4C54 (1.4749 / ASTM A 268) Certificate of quality DIN EN 10204 - 3.1B
Screw bolts DIN 2510 Form I	1.7258 / 24 CrMo 5 (G) Certificate of quality DIN EN 10204 - 3.2A
Hexagonal nuts DIN 2510 Form NF	C 35 (Y) Certificate of quality DIN EN 10204 - 3.1B
Gaskets	EGRAFLEX STEELFLEX with inner flange 1.4571 and INVELOPE M1, 2 and 3 acc. DIN - Hannover / EAA Grubenanstalt Standard

Welding procedure and tests / checks :

Welding - factor	v = 0.85 welding seam crossed and counter - welded
MT - L - check	all long and round seams (100 %)
X-Ray examination	all long and round seams (10 %) cross seam (100 %)

Technical Data :

Production - No. / Year of manufacturing :	1847 / 2001
Medium :	Tailgas, Fuelgas, Wastegas
Operating temperature : (Burner / Refractory)	138 °C / 800 °C (multi nozzle plate)
Operating pressure :	0.065 bar, g
Design temperature : (Burner / Refractory)	350 °C / 1100 °C (multi nozzle plate)
Design pressure :	3.52 bar, g
Test pressure :	4.58 bar, g
Technical codes :	ASME Code Section VIII - Division 1 - Edition 1998 DIN 2505, DIN 28030, AD
Manufacturing of equipment, parts of it and supplementary items :	acc. to German Codes and standards
Preliminary examination of drawings and partlist :	TÜV Rheinland, Köln

Extra corrosion charges :

Corrosive components :	H_2S, SO_2, CO_2, H_2O
Bottom :	3 mm
Case :	3 mm

Weights :

Multi - Nozzle - Burner :	ca. 2550 kg
Brickwork Nozzle plate :	ca. 750 kg
Auxiliary - Burner with equipments :	ca. 600 kg
Surface treatment / protection :	Sand - Blasting SA 2.5
Surface painting :	2 x Primer, drying thickness respectively 40 µm

IMITEC TRABAJO 0097/00 — CLIENTE: Petronor

COMENTARIOS: SI ☐ NO ☒
MOTIVO DE LOS COMENTARIOS:
☐ NO CONFORMIDAD.
☐ MODIFICATION

PLANTA: NUEVA PLANTA DE AZUFRE SR-5 REFINERIA DE SOMORROSTRO

PROYECTO No: A01-6111 — PEDIDO No.: SR5-F-00301

NUMERO DEL PLANO: V-SR5-F-00301-01-

El HECHO DE QUE SE MUESTRE "SIN COMENTARIOS" NO RELEVA AL SUMINISTRADOR DE SUS RESPONSABILIDADES EN CUANTO AL CUMPLIMIENTO DE TODOS LOS REQUISITOS CONTRACTUALES.

LAS MODIFICACIONES, INTRODUCIDAS SON PARA ADECUAR LA DISPONIBILIDAD DE ELEMENTOS O EQUIPOS PROPUESTA POR EL SUMINISTRADOR AL DISEÑO PREVIO DE LAS INSTALACIONES.

SIGLA O ITEM: SR5-X-2 — FECHA: 4.07.01 / FIRMA:

N16	Stand by opener (Fuelgas Burner)	Special LLS - Flange 2"
N15	Drainage Nozzle for Tailgas Chamber Multi - Nozzles - Burner LLS - MD 12	ANSI (ASA) B 16.5 - 2" - 150 lbs
N14	Drainage Nozzle for Air Chamber Multi - Nozzles - Burner LLS - MD 12	ANSI (ASA) B 16.5 - 3" - 150 lbs
N13	Purge or Cooling Air for Sight glass	ANSI (ASA) B 16.5 - 1" - 150 lbs
N12	Cooling Air for flame sensor	Special DURAG Nozzle R 1/2"
N11	Ignition Air for Pilotburner	Special HEGWEIN Nozzle R 1"
N10	Ignition / Fuelgas for Pilotburner	Special HEGWEIN Nozzle R 1/2"
N 9	Inlet Waste Gas	ANSI (ASA) B 16.5 - 14" - 150 lbs
N 8	Inlet Combustion Air for Fuelgas - Burner	ANSI (ASA) B 16.5 - 12" - 150 lbs
N 7	Burner - connection - flange Combustion chamber	Flange DIN C 0 1500 x 65 DIN 28034
N 6	Sight - Glass (LLS) with purge nozzle	Special LLS - Flange 2" / Nozzle R 2"
N 5	Ignition / Pilot - Burner make HEGWEIN ZDAO 120 / 125	Special HEGWEIN Flange 2"
N 4	Flame detector (UV) for Fuelgas-Burner make DURAG D-LE 603 / D-LE 603 UA	Special LLS - Flange 2" - swivel mount
N 3	Inlet Combustion Air for Tailgas Multi - Nozzles - Burner LLS - MD 12	ANSI (ASA) B 16.5 - 8" - 150 lbs
N 2	Inlet Fuelgas - Lance for LLS Fuelgas Burner M 300	ANSI (ASA) B 16.5 - 3" - 150 lbs
N 1	Inlet Tailgas Multi - Nozzles - Burner LLS - MD 12	ANSI (ASA) B 16.5 - 20" - 150 lbs

Table of nozzles

Revision				
D	Drawing modified	28.05.01	Schmitz	
C	Drawing modified	18.05.01	Schmitz	
B	Drawing modified	26.03.01	Schmitz	
A	Drawing modified	14.03.01	Schmitz	
Index	Kind of Revision	Date	Name	Check

	Date	Name
Drawn	22.02.01	Schmitz
Check		
Norm Check		

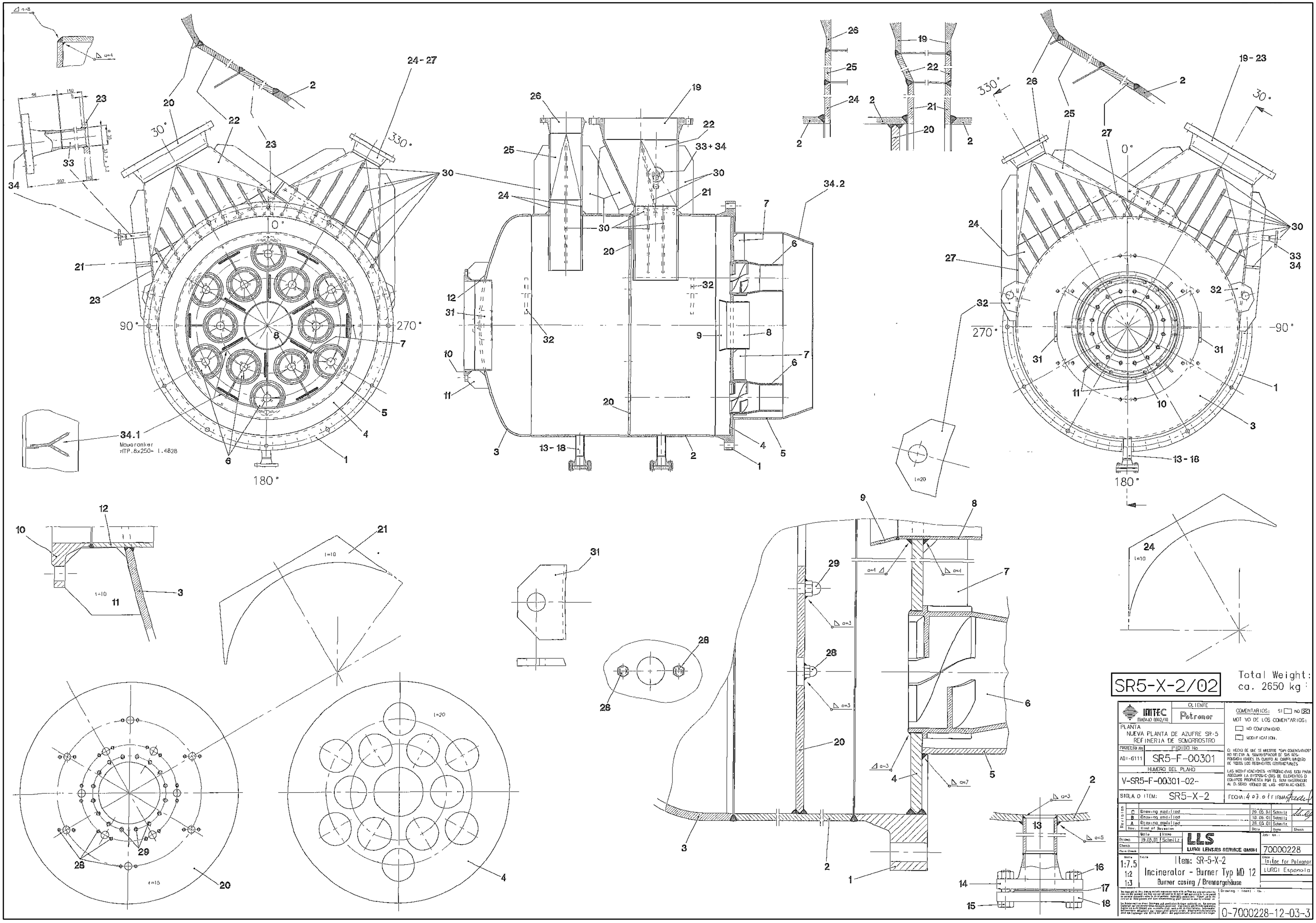
LLS LURGI LENTJES SERVICE GMBH

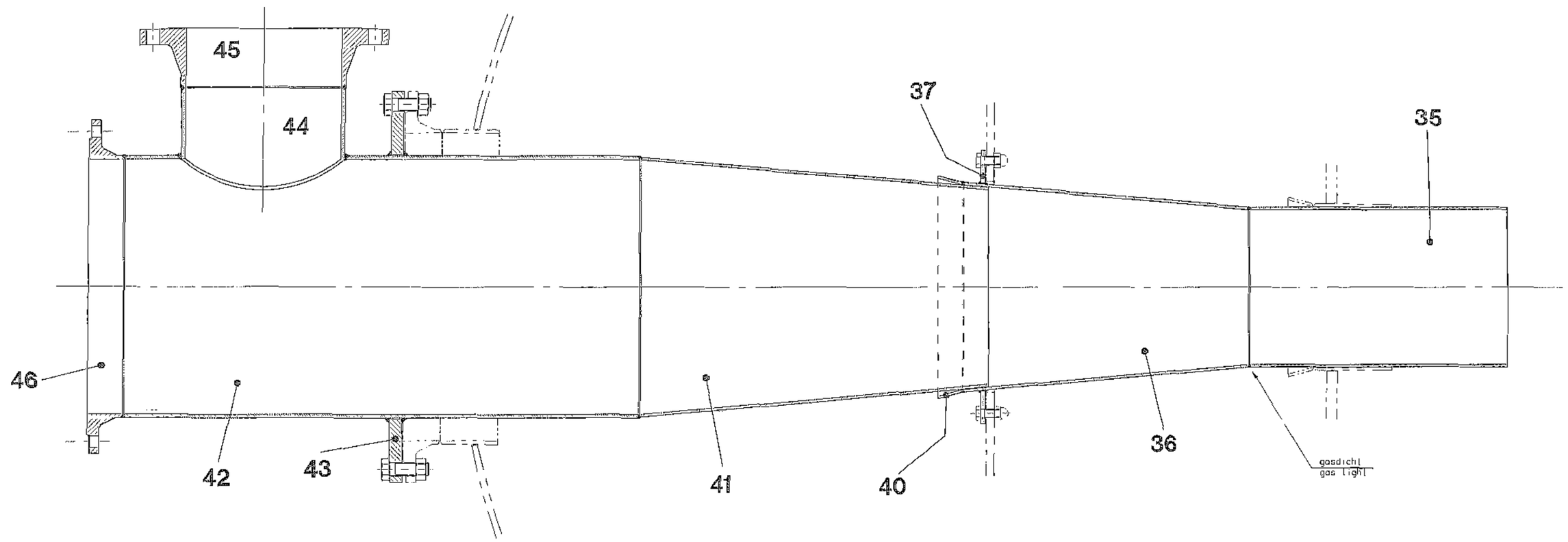
JOB No.: 70000228

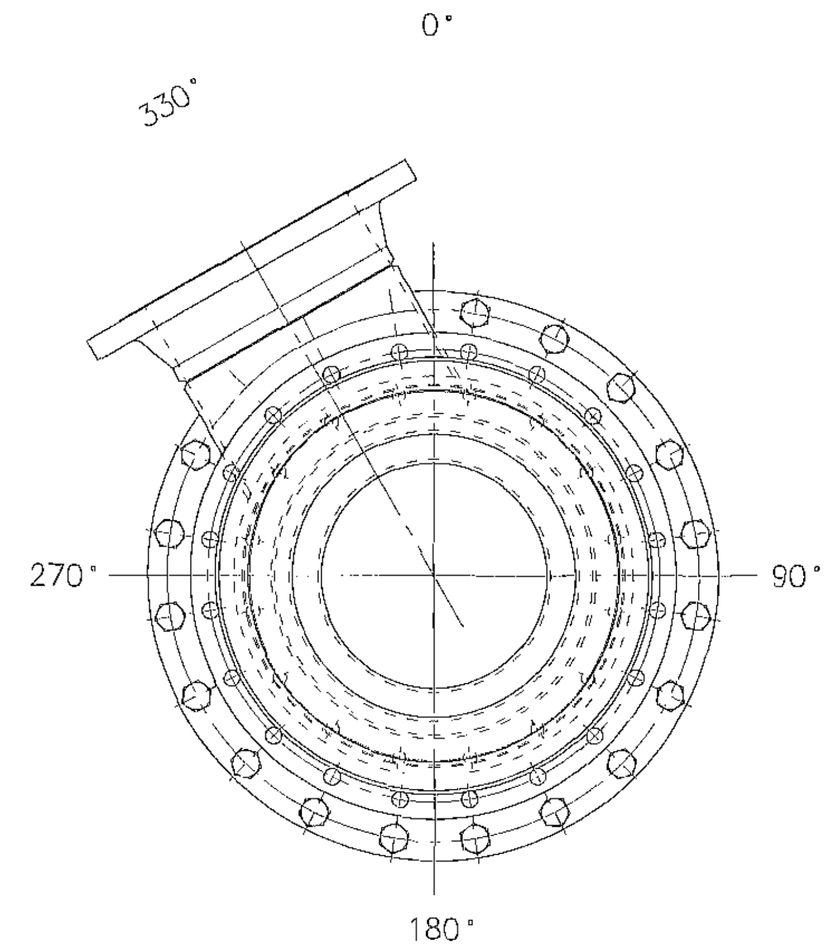
Item : SR-5-X-2
Incinerator - Burner Typ MD 12

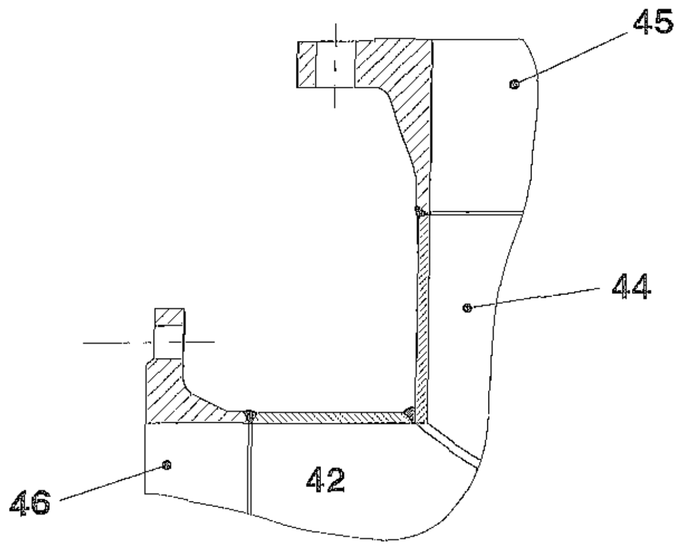
Code: Imitec for Petronor
LURGI Espanola

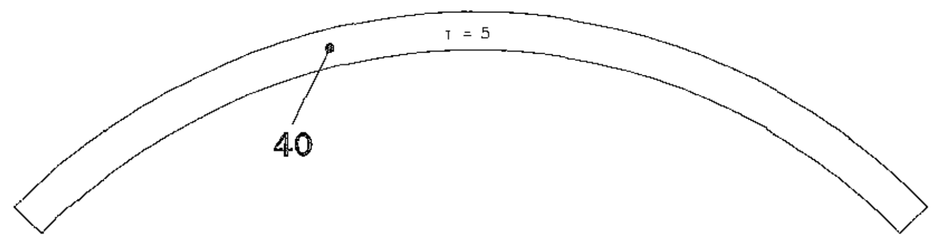
Drawing - Number: 0-7000228-12-01-4

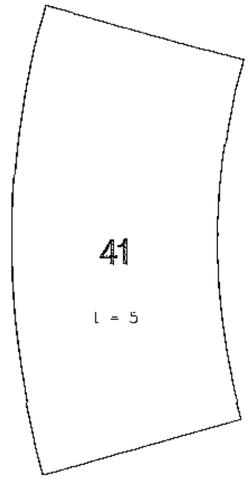

Mauerranker
HTP.8x250- 1.4828
0°
90°
180°
270°
30°
330°
SR5-X-2/02
Total Weight:
ca. 2650 kg
INITEC
TRABAJO 0002/10
CLIENTE
Petronor
PLANTA
NUEVA PLANTA DE AZUFRE SR-5
REFINERIA DE SOMORROSTRO
PROYECTO No
ADI-6111
PEDIDO No
SR5-F-00301
NUMERO DEL PLANO
V-SR5-F-00301-02-
SIGLA O ITEM:
SR5-X-2
COMENTARIOS: SI NO
NO CONFORMIDAD.
MODIFICATION.
Drawing modified
LLS
LURGI LENTJES SERVICE GMBH
70000228
Item: SR-5-X-2
Incinerator - Burner Typ MD 12
Burner casing / Brennergehäuse
1:7.5
1:2
1:3
Initec for Petronor
LURGI Espanola
0-7000228-12-03-3

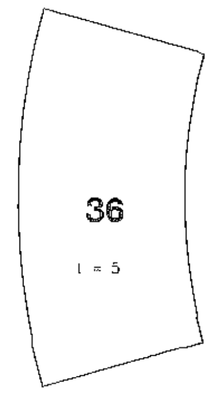


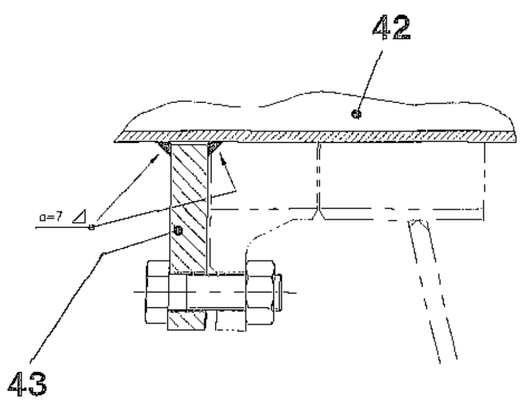


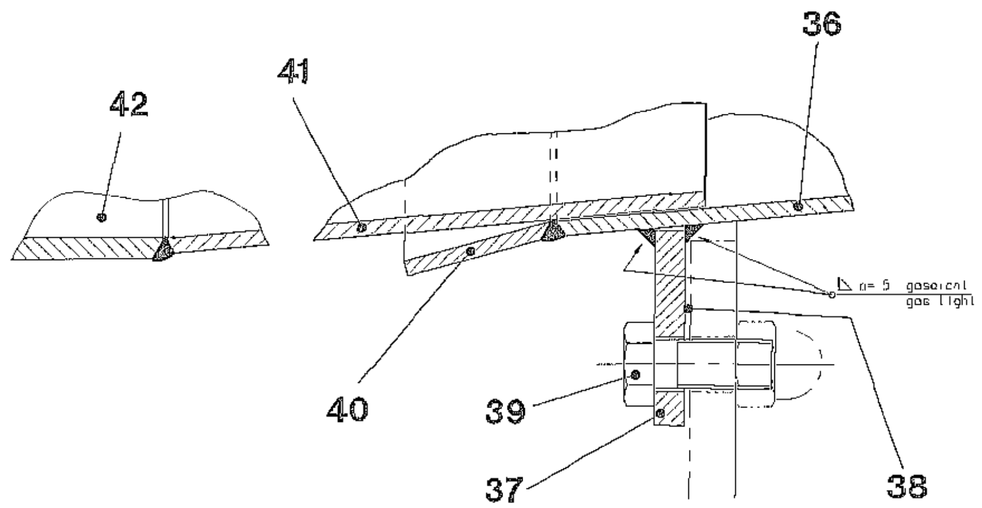












Total Weight: 335 kg

SR5-X-2/04

IMITEC TRABAJO 0062/10	CLIENTE: Petroner	COMENTARIOS: SI ☐ NO ☒	
PLANTA: NUEVA PLANTA DE AZUFRE SR-5 REFINERIA DE SOMORROSTRO		MODIFICACIONES DE LOS COMENTARIOS: ☐ NO CONFORMIDAD. ☐ MODIFICATION	
PROYECTO No: ADI-6111	PEDIDO No: SR5-F-00301	EL HECHO DE QUE SE INCLUYAN TODA CONTRAVARIOS NO RELEVA AL SUMINISTRADOR DE SUS RESPONSABILIDADES EN CUANTO AL CUMPLIMIENTO DE TODOS LOS REQUISITOS CONTRACTUALES.	
NUMERO DEL PLANO: V-SR5-F-00301-04-Rev.2		LAS MODIFICACIONES INTRODUCIDAS SON PARA ADECUAR LA DISEÑO-CHAS DE DIMENSIONES, O EQUIPOS, PROPUESTA POR EL SUMINISTRADOR AL DISEÑO BASICO DE LAS HOJAS ADJUNTAS.	
SIGLA O ITEM: SR5-X-2		FECHA: 4.07.01	FIRMA:

Rev.	Kind of Revision	Date	Name	Check
B	Drawing modified	30.05.01	Schmitz	
A	Drawing modified	07.05.01	Schmitz	

Drawn	Date 21.03.01	Name Schmitz	LLS LURGI LENTJES SERVICE GMBH
Check			
Date Origin.			

Job No.: 70000228

Scale: 1:4 / 1:2 / 1:1

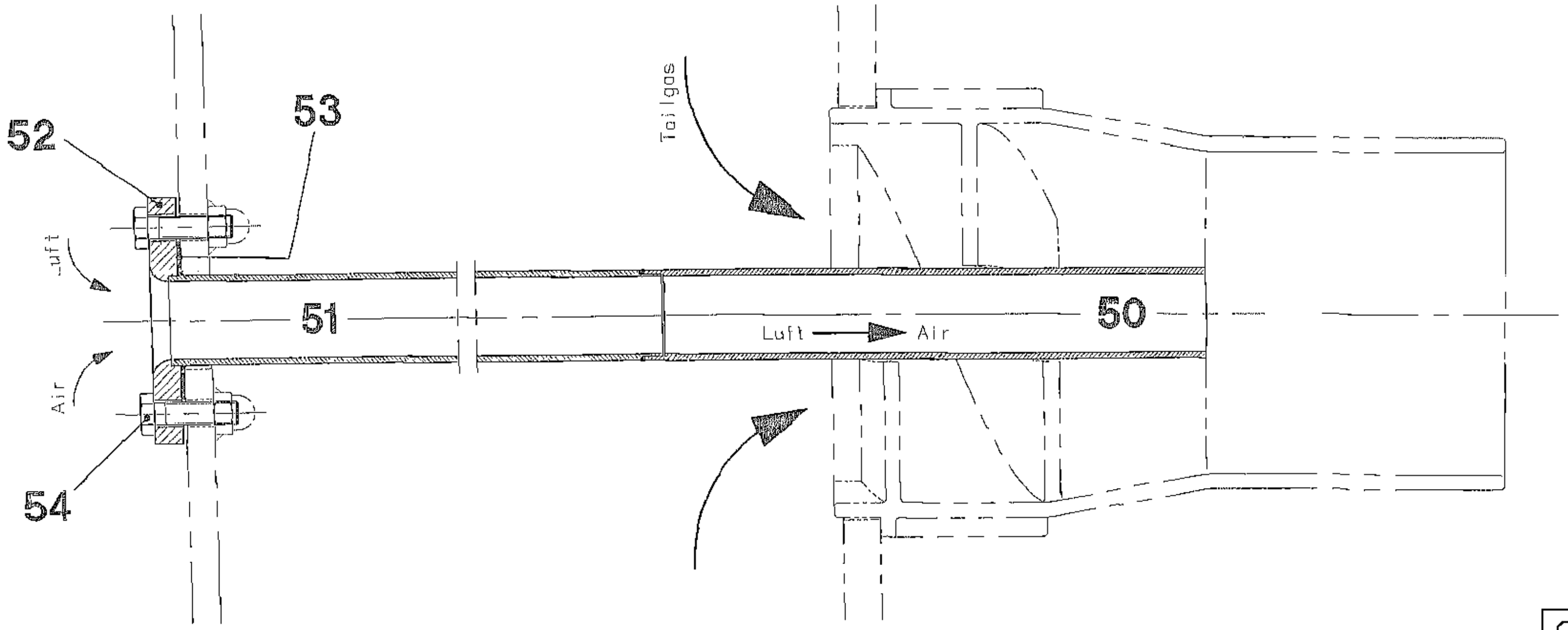
Title: Item: SR-5-X-2 Incinerator - Burner
Air casing for fuelgas burner
Luftbox für Erdgasbrenner Typ M-300

Code: Tailor for Petroner
LURGI Espanola

Drawing - index - No.: 0-7000228-12-05-2

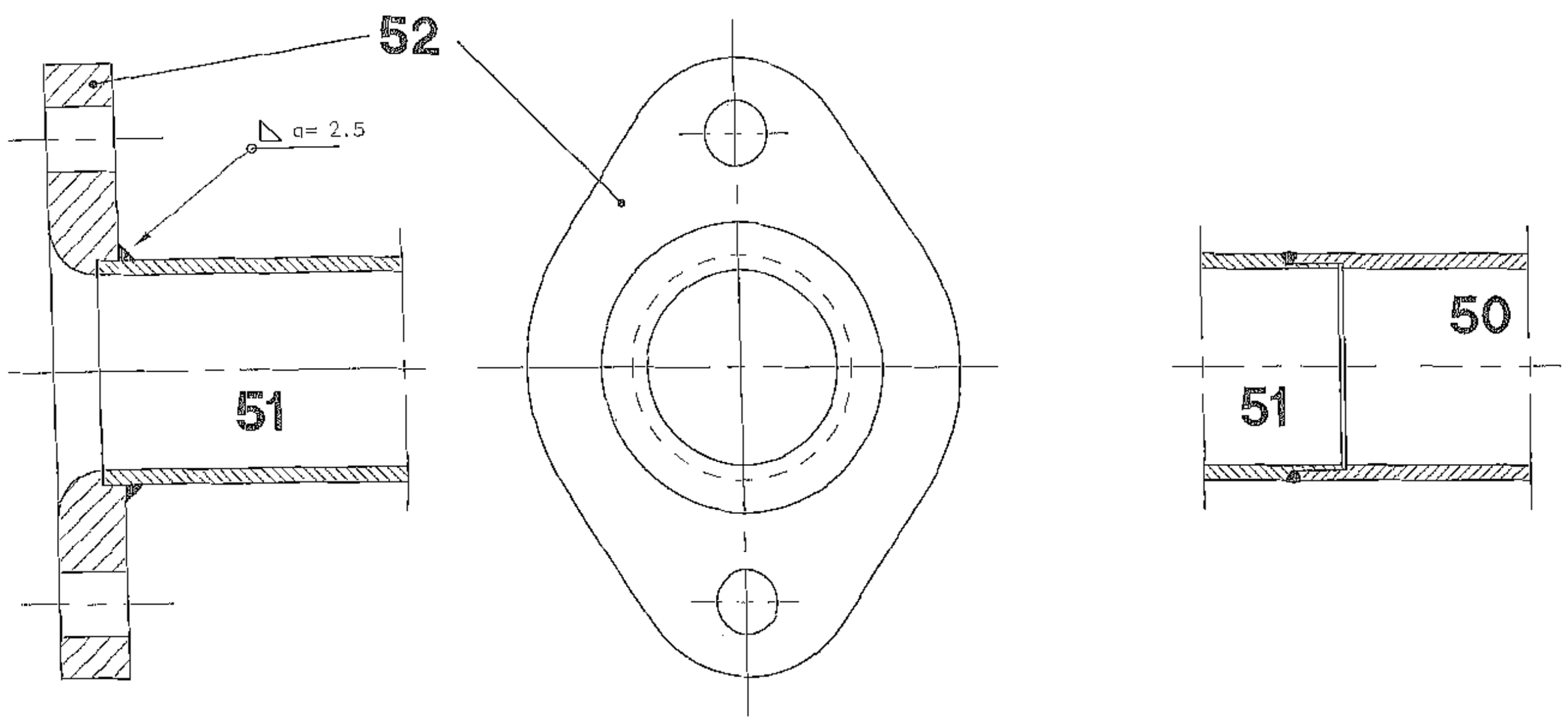
The copyright of this drawing and its contents rests with us. They are only valid for the purpose for which we have given them. They may not be reproduced or made available to third parties in any form without our express consent. Copies of any kind are to be marked as such and returned on request.

Das Urheberrecht an dieser Zeichnung und deren einzelnen Bestandteilen bleibt bei uns. Sie sind nur für den Zweck, für den sie Ihnen übergeben wurden, gültig. Ohne unsere ausdrückliche Zustimmung darf weder diese Zeichnung noch deren Inhalt Dritten zugänglich gemacht oder anders verwendet werden. Kopien jeder Art sind als solche zu kennzeichnen und auf Verlangen zurückzugeben.



SR5-X-2/05

12 x ausgeführt !



INITEC
TRABAJO 0062/10

CLIENTE
Petronor

COMENTARIOS: SI ☐ NO ☒
MOTIVO DE LOS COMENTARIOS:
☐ NO CONFORMIDAD.
☐ MODIFICATION.

EL HECHO DE QUE SE MUESTRE "SIN COMENTARIOS" NO RELEVA AL SUMINISTRADOR DE SUS RESPONSABILIDADES EN CUANTO AL CUMPLIMIENTO DE TODOS LOS REQUISITOS CONTRACTUALES.

LAS MODIFICACIONES INTRODUCIDAS SON PARA ADECUAR LA DISPOSICIDAS DE ELEMENTOS O EQUIPOS PROPUESTA POR EL SUMINISTRADOR, AL DISERO IDONEO DE LAS INSTALACIONES.

PLANTA
NUEVA PLANTA DE AZUFRE SR-5
REFINERIA DE SOMORROSTRO

PROYECTO No	PIDIDO No
ADI-6111	SR5-F-00301

NUMERO DEL PLANO
V-SR5-F-00301-05-Rev.1

SIGLA O ITEM: SR5-X-2

FECHA: 4.07.01 FIRMA

Revision				
A	Drawing modified	29.05.01	Schmitz	
Rev.	Kind of Revision	Date	Name	Check

	Date	Name
Drawn	22.03.01	Schmitz
Check		
Norm Check		

LLS
LURGI LENTJES SERVICE GMBH

Job- No.:
70000228

Scale
1 : 2
1 : 1

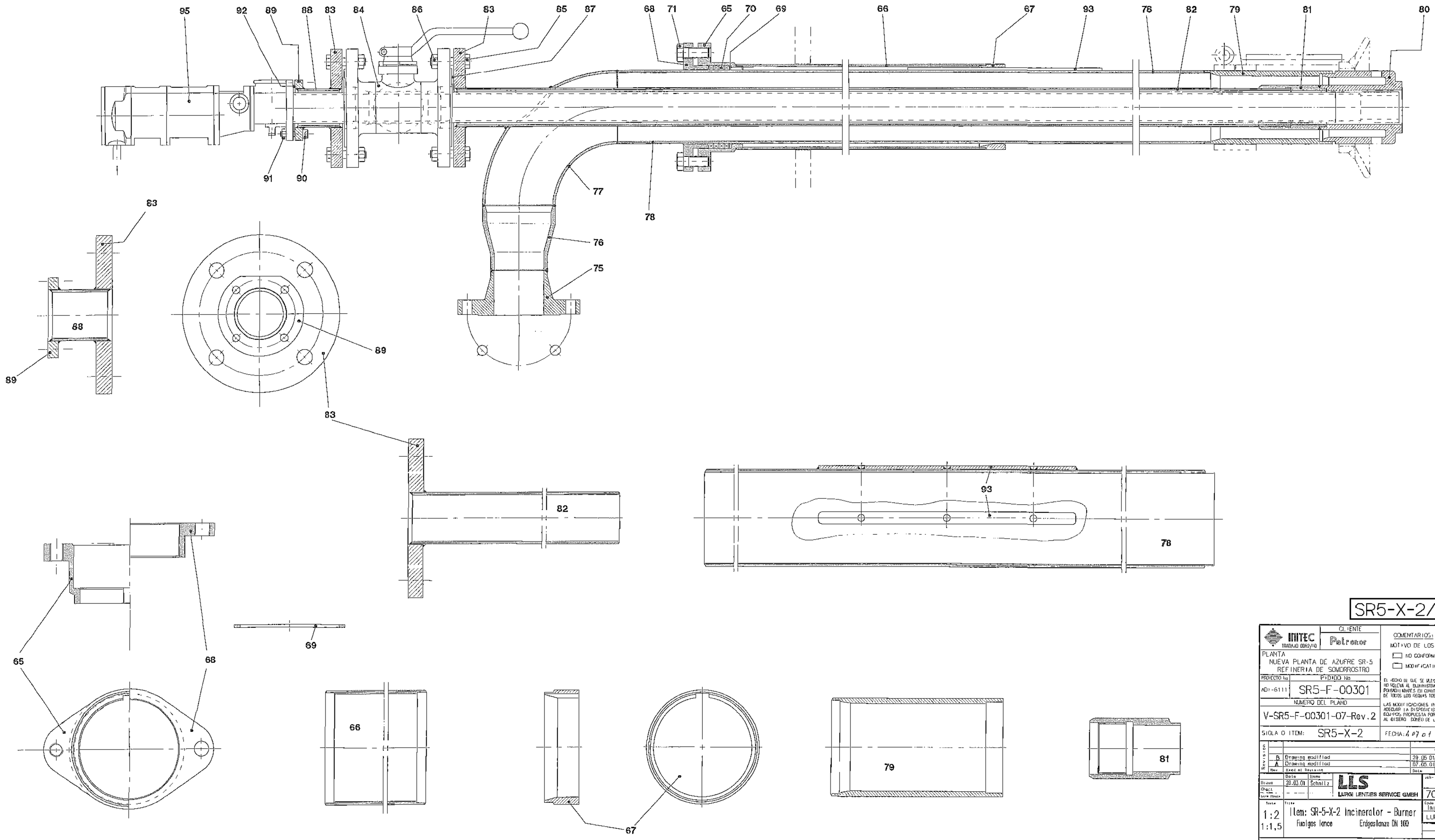
Title
Item : SR-5-X-2 Incinerator - Burner
Air Nozzles Luftdüsen

Code :
Initec for Petronor
LURGI Espanola

The copyright of this drawing and all enclosures remain with us. They are only intended for internal use (for personal use). They are not allowed to be copied and duplicated or to be passed on to third parties. Also no third parties, especially competitors, illegal use by the receiver or third persons will have consequences by civil law and in case by criminal law.

Das Urheberrecht an dieser Zeichnung und sämtlichen Anlagen verbleibt uns. Sie wird dem Empfänger nur zum persönlichen Gebrauch anvertraut. Eine andere schriftliche Bindungsgrund darfen sie nicht kopiert oder vervielfältigt, auch nicht dritten Personen, insbesondere Wettbewerbern, zugänglich gemacht werden. Widerrechtliche Benutzung durch den Empfänger oder Dritte hat zivil- und gegebenenfalls strafrechtliche Folgen.

Drawing - Ident - No.:
2-7000228-12-06-1



SR5-X-2/07

INITEC TRABAJO 0062/10	CLIENTE Petronor	COMENTARIOS: SI ☐ NO ☒ MOTIVO DE LOS COMENTARIOS: ☐ NO CONFORMIDAD. ☐ MODIFICATION.	
PLANTA NUEVA PLANTA DE AZUFRE SR-5 REFINERIA DE SOMORROSTRO			
PROYECTO No: AD1-6111	PEDIDO No: SR5-F-00301	EL HECHO DE QUE SE MUESTRE "SIN COMENTARIOS" NO RELEVA AL SUMINISTRADOR DE SUS RESPONSABILIDADES CON RESPECTO AL CUMPLIMIENTO DE TODOS LOS REQUISITOS CONTRACTUALES	
NUMERO DEL PLANO: V-SR5-F-00301-07-Rev.2		LAS MODIFICACIONES INTRODUCIDAS SON PARA ADECUAR LA DISPOSICIONES DE ELEMENTOS O EQUIPOS PROPUESTA POR EL SUMINISTRADOR AL DISEÑO DONDE DE LAS INSTALACIONES	
SIGLA O ITEM: SR5-X-2		FECHA: 4.07.01	FIRMA:

Revision				
B	Drawing modified	29.05.01	Schmitz	
A	Drawing modified	07.05.01	Schmitz	
Rev	Kind of Revision	Date	Name	Check

Drawn	20.03.01	Schmitz	LLS LURGI LENTJES SERVICE GMBH
Check			
Norm Check			

Job-No.: 70000228

Scale: 1:2 / 1:1,5

Title: Item: SR-5-X-2 Incinerator - Burner
Fuelgas lance — Erdgasflanze DN 100

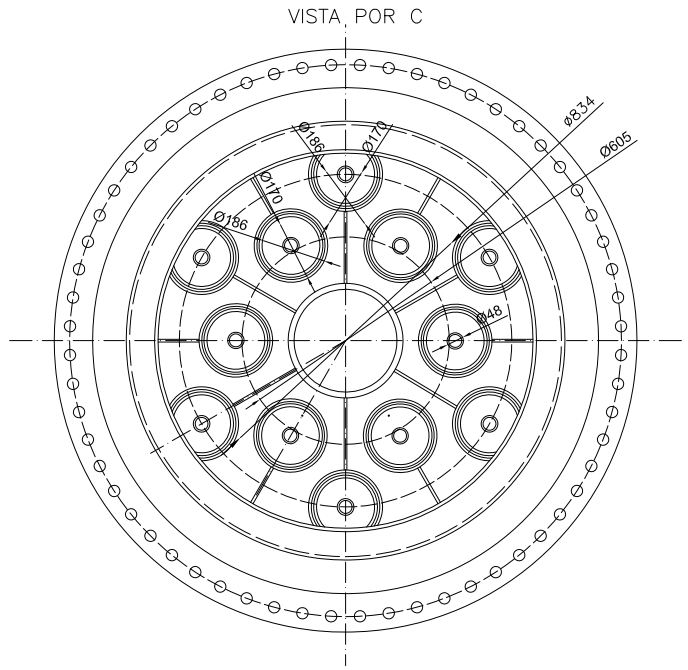
Client: Initec for Petronor
LURGI Espanola

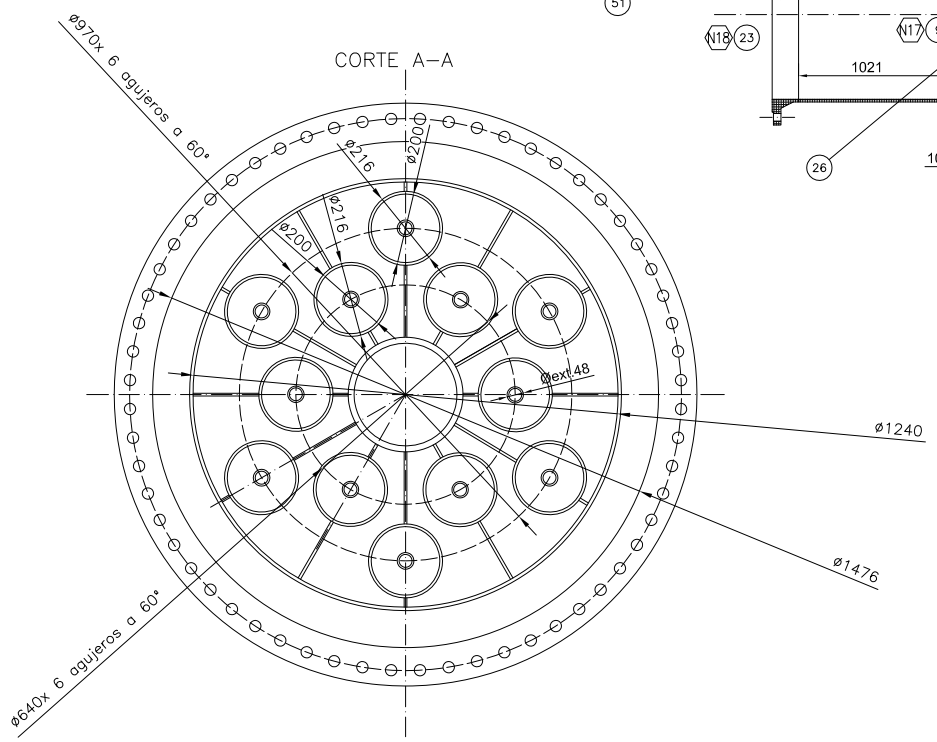
Drawing - Index - No.: 0-7000228-12-08-2

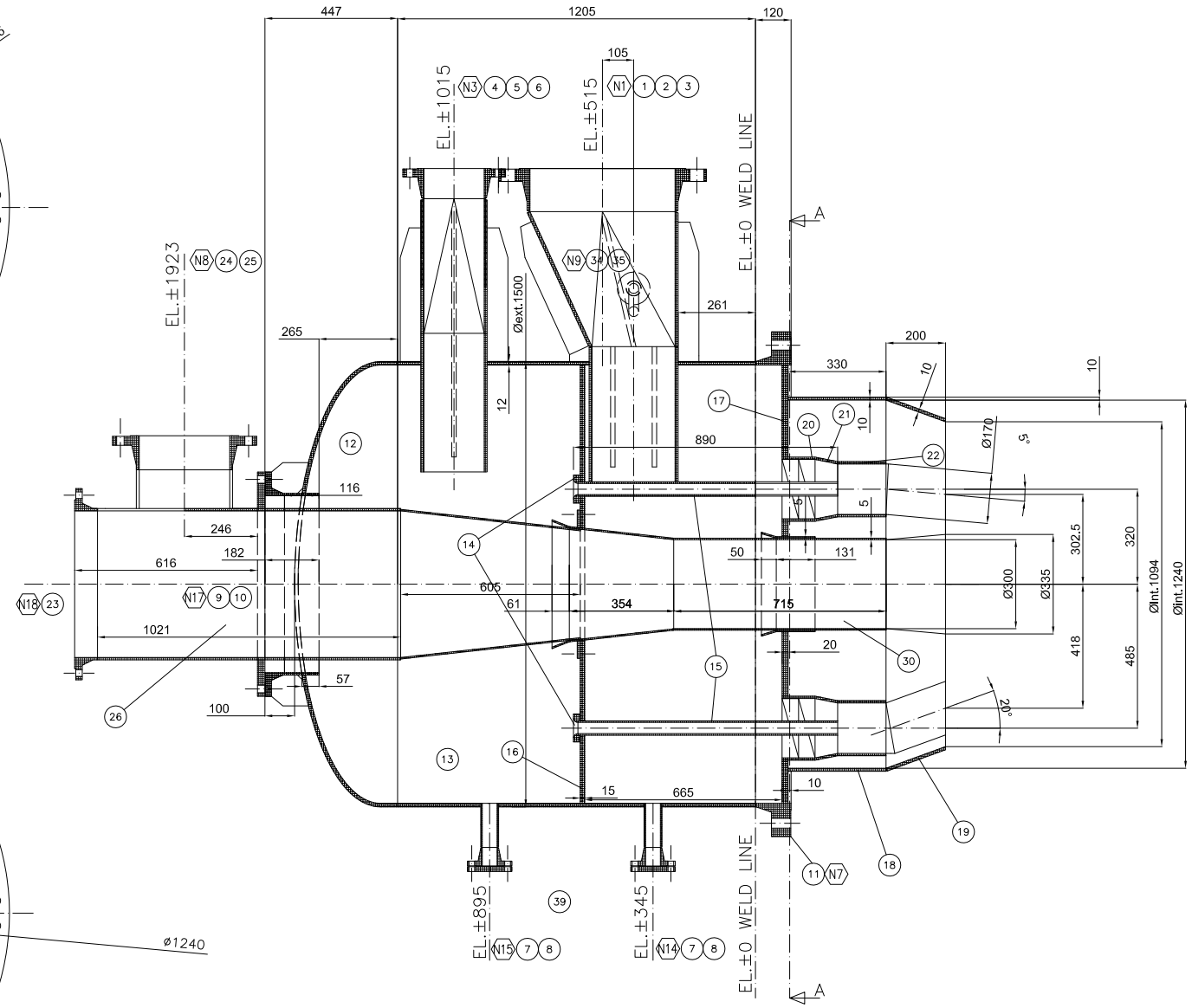
Copyright of this document and its attachments lies with us. They are only intended for the client for general use. We do not accept liability for other use and liability to third parties. Without our express written consent, reproduction or publication of the whole or parts of this document or its attachments is prohibited.

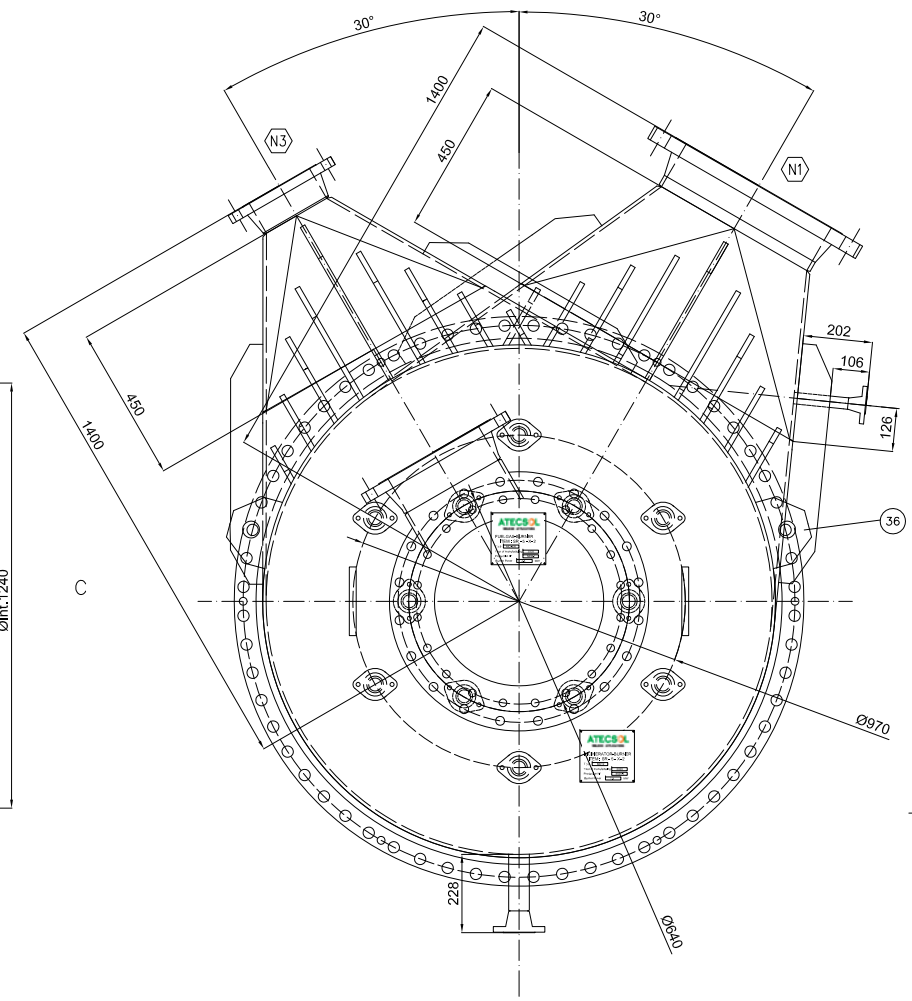
Urheberrechtlich ist dieses Dokument und seine Anlagen bei uns. Sie sind nur bestimmt für den Auftraggeber zur allgemeinen Verwendung. Wir übernehmen keine Haftung für andere Verwendungen und gegenüber Dritten. Ohne unsere ausdrückliche schriftliche Genehmigung darf weder das Dokument noch seine Anlagen ganz oder teilweise reproduziert oder veröffentlicht werden.

2. PLANOS DE DISEÑO









TOLERANCIAS acc. ISO 2768. Clase c

Permissible deviations for linear dimensions (except broken edges)

0.5 up to 3	Over 3 up to 6	Over 6 up to 30	Over 30 up to 120	Over 120 up to 400	Over 400 up to 1000	Over 1000 up to 2000	Over 2000 up to 4000
±0.2	±0.3	±0.5	±0.8	±1.2	±2	±3	±4

Permissible deviations of angular dimensions.
Permissible deviations for ranges of lengths, in mm, of the shorter side of the angle concerned.

up to 10	Over 10 up to 50	Over 50 up to 120	Over 120 up to 400	Over 400
±1°30'	±1°	±0°30'	±0°15'	±0°10'

PESOS (kg)

QUEMADOR	2650 kg
BRICKWORK	750 kg
QUEMADOR Y AUXILIAR.	600 kg

CODIGOS Y ESTANDARS APLICABLES

1.– ASME SEC. VIII DIV.1: EDITION 2019
2.– ASME SEC. II PART A: EDITION 2019
3.– ASME SEC. II PART C: EDITION 2019
4.– ASME SEC. II PART D: EDITION 2019
5.– ASME B16.5 (2013): PIPE FLANGES AND FLANGED FITTINGS
6.– ASME B16.20 (2017): METALLIC GASKET FOR PIPE FLANGES SPIRALWOUND
7.– ASME B18.2.2 (2015): SQUARE AND HEX NUTS (INCH SERIES)
8.– ASME B1.1 (2003): UNIFIED INCH SCREW THREADS
9.– ASME 36.10 (2018): WELDED AND SEAMLESS WROUGHT STEEL PIPE

GENERAL NOTES

1. DIMENSIONES EN MM, SALVO QUE SE INDIQUE LO CONTRARIO, EXCEPTO TUBOS QUE ESTÁN EN PULGADAS.
2. LAS BRIDA HAN DE SEGUIR LA NORMA ASME B16.5, HASTA EL TAMAÑO DE 24". A MENOS QUE EL DETALLE MUESTRE LO CONTRARIO.
3. PARA LOS NODOS DEL RECIPIENTE, LAS PROYECCIONES ESTÁN REFERENCIADAS DESDE LA LÍNEA CENTRAL DEL EQUIPO HASTA LA CARA DE CONTACTO DE LA BRIDA.
4. LAS SUPERFICIES DE LAS JUNTAS EN LAS BRIDAS DEBEN SER 125 RA÷250 RA.
5. UN MATERIAL DE CALIDAD ESTRUCTURAL NO DEBE SOLDARSE DIRECTAMENTE A NINGUNA PIEZA DE RETENCIÓN DE PRESIÓN. CUALQUIER ADJUNTO EN LA PIEZA DE RETENCIÓN DE PRESIÓN SERÁ DEL MISMO MATERIAL.
6. LAS OREJETAS DE TIERRA NO DEBEN IR PINTADAS.
7. EL CERTIFICADO DE MATERIAL PARA LAS PIEZAS DE PRESIÓN DEBE SER EL 3.1 + NACE MR–0175. PARA SERVICIO H2S.
EL CERTIFICADO DE MATERIAL PARA LAS PIEZAS QUE NO ESTÁN A PRESIÓN DEBE SER EL 2.2.
8. TODAS LAS SOLDADURAS HAN DE SER FILETE CONTINUO EXCEPTO CUANDO SE ESPECIFIQUE LO CONTRARIO.
9. PLACAS DE REFUERZO EN BOQUILLAS Y CLIP'S HAN DE VENTILARSE CON UN AGUJERO ROSCADO DE 1/8 UBICADO EN LA PARTE SUPERIOR DE LA PLACA. ESTOS REFUERZOS SERÁN PROBADOS NEUMÁTICAMENTE A 1 BAR CON AGUA JABONOSA
10. LAS ÁREAS DÓNDE SE ELIMINAN LOS GOLPES DEL ARCO MOLIENDO SE DEBEN EXAMINAR CON PT (MÉTODO DE LÍQUIDOS PENETRANTES) O MT (MÉTODO DE ENSAYO DE PARTÍCULAS MAGNÉTICAS). LOS ADJUNTOS TEMPORALES DEBEREAN ELIMINARSE , SIN MARTILLO, Y LA PARED DEL RECIPIENTE SE EXAMINARA POR UN MT O POR UN PT.
11. TODAS LAS SOLDADURAS DE FILETE DE LAS OREJETAS Y LAS SOLDADURAS DE LOS RODAMIENTOS DE PRESIÓN DEBERÁN SER EXAMINADAS AL 100% CON ENSAYO DE PT O MT.
12. TOLERANCIAS DE ACUERDO A ISO 2768–c. LAS TOLERANCIAS DE LA CARCASA SERÁN SEGÓN ASME SEC VIII DIV.1.
A TOLERANCIAS EN EL FONDO HAN DE SEGUIR LA NORMA UG81.
13. NÚMEROS EN CORRESPONDENCIA CON LA MARCA QUE FIGURA EN LA LISTA DE ITEMS..
14 .NÚMEROS EN CORRESPONDENCIA CON EL DETALLE DE SOLDADURA.

TABLA DE CONDICIONES DE DISEÑO

CÓDIGO DE CONSTRUCCIÓN:	ASME SEC. VIII DIV.1 ED 1998	EFICIENCIA CONJUNTA:	1,0
CASO DE CÓDIGO:	NO APLICABLE	SERVICIO ESPECIAL:	SI (SERVICIO H2S)
PRESIÓN DE DISEÑO:	3.52 BAR	TRATAMIENTO TÉRMICO:	SI
TEMPERATURA DE DISEÑO:	350°C (burner) / 1100°C (refractory)	AISLAMIENTO TÉRMICO:	REFRACTARIO (Otros)
PRESIÓN ENSAYO HIDROEST.:	4.58 BAR	HIC:	SI, NACE MR 01 75
LIMITE SUP, ENSAYO HIDROEST.:	5.2 BAR	NACE:	SI
SERVICIO	Tailgas, Fuelgas, Wastegas	CAPACIDAD:	2.63 m3
TOLERANCIA A LA CORROSIÓN:	3mm	MEDIO DEL PROCESO (ENTRADA/SALIDA):	FUEL GAS, TAILGAS, WASTEAGS
RADIOGRAFÍA:	100% (All Butt Weld)	NUMERO DE SERIE:	5634–01 / 5634–02

Rev.	Date	Description	Issued	Reviewed	Approved
0	21/09/2020	Emitido para aprobación.	R.M.V.	R.S.H.	R.S.H.

CLIENT:

MANUFACTURER: ATECSOL WELDING APPLICATIONS

FORMAT: A1

PROYECTION:

ATECSOL DRAWING No: AT–5634–1 H.1/2

O.T.: 5634

PROJECT: CABEZAL QUEMADOR

REVISION: 00

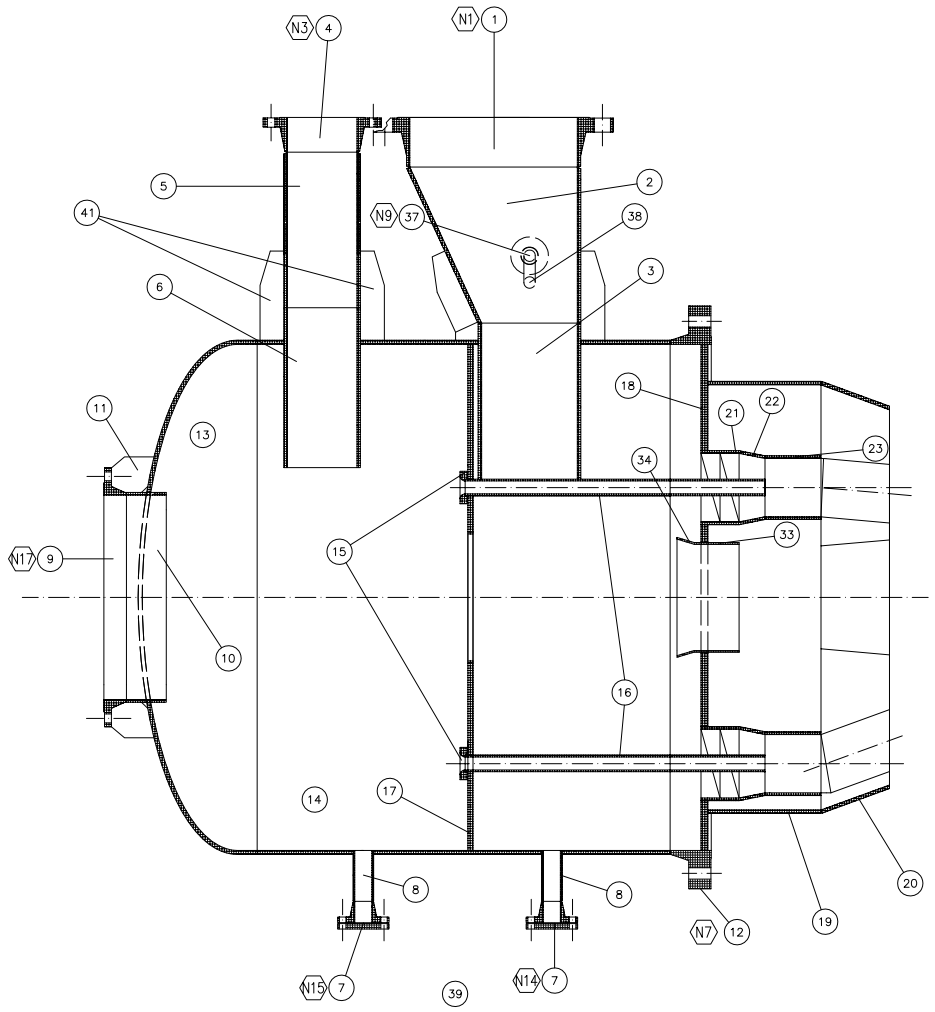
TITLE: PLANO GENERAL

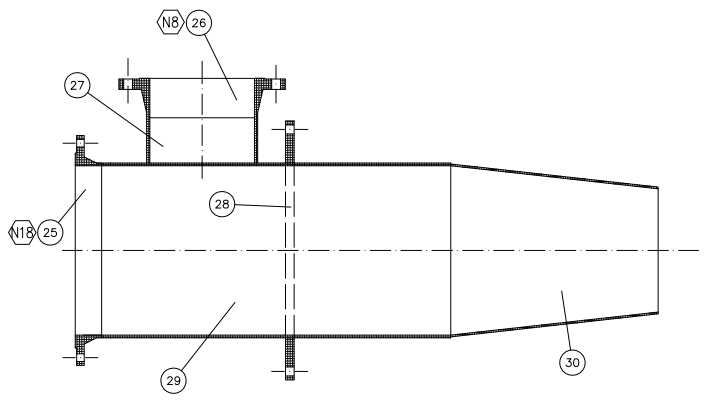
DATE: 21/09/2020

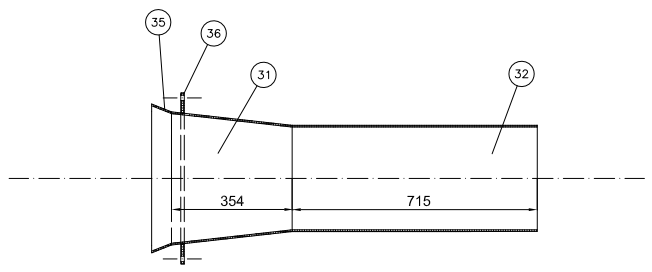
SCALE: 1/10

PO NUMBER:

DRAWING: R.M.V.







Lista de materiales

Item	Cant.	Descripcion	Material
1	1	Brida ANSI B16.5 20" 150# Sch. STD WNRF	SA-105N
2	1	Transicion	SA516 Gr.60
3	2	Transicion	SA516 Gr.60
4	1	Brida ANSI B16.5 8" 150# Sch. STD WNRF	SA-105N
5	1	Transicion	SA516 Gr.60
6	2	Transicion	SA516 Gr.60
7	2	Brida ANSI B16.5 2" 150# Sch. XS WNRF	SA-105N
8	2	Tubo de 2" Sch. XS L=149mm	SA-106 Gr.B
9	1	Brida de acuerdo a geometría detallada	SA-105N
10	1	Tubo OD=612mm e= 8mm L=116mm	SA-106 Gr.B
11	8	Refuerzo Brida 9 e=10mm	SA516 Gr.60
12	1	Brida Cuerpo	SA-105N
13	1	Fondo eliptico 2:1	SA516 Gr.60
14	1	Carcasa OD=1500mm e=12mm L=1205mm	SA516 Gr.60
15	12	Soporte de tubos	SA516 Gr.60
16	12	Tubo 11/2" 150# Sch. XS L=875mm	SA 310
17	1	Disco de OD=1500mm e=15mm	SA516 Gr.60
18	1	Disco de OD=1500mm e=20mm	SA516 Gr.60
19	1	Carcasa OD=1260mm e=10mm L=330mm	SA516 Gr.60
20	1	Tronco de cono Øi=1240mm / Øi=1094mm e=10mm L=200mm	SA516 Gr.60
21	12	Tubo OD=216mm e= 8mm L=111mm	SA 310
22	12	Tronco de cono Øi=200mm / Øi=170mm e=8mm L=76mm	SA 310
23	12	Tubo OD=186mm e= 8mm L=163mm	SA 310
24	12	Alabes	SA 310
25	1	Brida de acuerdo a geometría detallada WNRF	SA-105N
26	1	Brida ANSI B16.5 12'' 150# Sch. STD WNRF	SA-105N
27	1	Tubo 12" Sch. 30 L=313mm	SA-106 Gr.B
28	1	Soporte Øext.=755mm Øint.=510mm e=25mm	SA516 Gr.60
29	1	Tubo 20" Sch. 20 L=1021mm	SA-106 Gr.B
30	1	Tronco de cono Øi=494mm / Øi=360 mm e=5mm L=605mm	SA516 Gr.60
31	1	Tronco de cono Øi=378mm / Øi=300mm e=5mm L=352mm	SA516 Gr.60
32	1	Tubo OD=310mm e=5mm L=715mm	SA-106 Gr.B
33	1	Tubo 12" e=5mm L=131mm	SA-106 Gr.B
34	1	Tronco de cono Øi=340mm / Øi=310mm e=5mm L=50mm	SA516 Gr.60
35	1	Tronco de cono Øi=424mm / Øi=378mm e=5mm L=58mm	SA516 Gr.60
36	1	Soporte Øext.=500mm Øint.=380mm e=10mm	SA516 Gr.60
37	1	Brida ANSI B16.5 1'' 150# Sch. STD WNRF	SA-105N
38	1	Tubo 1'' Sch. STD L=147mm	SA-106 Gr.B
39	2	Brida Blind 2" RF #150	SA-105N
40	6	Orejeta	SA516 Gr.60
41	36	Refuerzos transiciones	SA516 Gr.60
42	4	Esparrago M20 (bridas N14 y N15)	SA193 B7
43	8	Tuerca M20 (bridas N14 y N15)	SA-194 Gr.2H
44	8	Arandela M20 (bridas N14 y N15)	AC
45	24	Tornillo M12 (soporte de tubos item 15)	AC-8.8
46	24	Tuerca M12 (soporte de tubos item 15)	AC-8
47	24	Arandela M12 (soporte de tubos item 15)	AC-8
48	16	Tornillo M12 (soporte de tubos item 15)	AC-8.8
49	16	Tuerca M16 (soporte item 36)	AC-8
50	16	Arandela M16 (soporte item 36)	AC-8
51	12	Refuerzo boquillas e=8mm	SA516 Gr.60

NOTA: LOS MATERIALES BASE SE PEDIRÁN DE ACUERDO A LA ESPECIFICACIÓN DE PETRONOR: ED-B-04.00-03, REQUERIMIENTOS Y LIMITACIONES DE MATERIALES PARA SERVICIOS ESPECIALES

Rev.	Date	Description	Issued	Reviewed	Approved
0	21/09/2020	Emitido para aprobación.	R.M.V.	R.S.H.	R.S.H.

CLIENT:

MANUFACTURER: ATECSOL WELDING APPLICATIONS

FORMAT: A1	PROYECTION:	ATECSOL DRAWING No: AT-5634-1 H.2/2	O.T.: 5634
PROJECT: CABEZAL QUEMADOR			REVISION: 00
TITLE: PLANO GENERAL			DATE: 21/09/2020
			SCALE: 1/10
PO NUMBER:			DRAWING: R.M.V.

4. DOCUMENTO IV. PLIEGO DE CONDICIONES

ÍNDICE PLIEGO DE CONDICIONES

1 PLIEGO DE CONDICIONES GENERALES 146

1.1 CONDICIONES ADMINISTRATIVAS 146

1.2 CONDICIONES LEGALES 146

1.2.1 Contrato 146

1.2.2 Seguridad y accidentes laborales 147

1.3 CONDICIONES FACULTATIVAS Y OBLIGACIONES DE LOS AGENTES INTERVINIENTES 147

1.3.1 Promotor del proyecto 147

1.3.2 Proyectista 147

1.3.3 Director de proyecto 147

1.3.4 Empresa constructora 147

1.3.5 Director facultativo 148

1.4 CONDICIONES ECONÓMICAS 149

1.4.1 Contrato 149

1.4.2 Presupuesto 149

1.4.3 Plazos de ejecución 149

2 PLIEGO DE CONDICIONES PARTICULARES 151

2.1 ESPECIFICACIONES DE MATERIALES Y EQUIPOS 151

2.2 ESPECIFICACIONES DE EJECUCIÓN 151

2.2.1 Trabajos defectuosos 151

1. PLIEGO DE CONDICIONES GENERALES

El objetivo de este documento es establecer la base y condiciones necesarias para explicar la ejecución del proyecto.

Siendo el objeto del proyecto, reacondicionar los componentes de un quemador debido al desgaste sufrido durante su servicio y rediseñar aquellos componentes que presenten más síntomas de desgaste., se definen las pautas técnicas, económicas, administrativas y legales para conseguir el objeto del proyecto evitando posibles interpretaciones erróneas.

1.2 CONDICIONES ADMINISTRATIVAS

Para cumplir con el objeto del proyecto se realizan los documentos necesarios para su realización bajo las siguientes condiciones:

- Resumen de todos los documentos técnicos, que dan forma al proyecto, recogidos en la MEMORIA.
- Los planos de detalle requeridos de las piezas diseñadas están reflejados en el anexo de PLANOS.
- El PLIEGO DE CONDICIONES, expuesto en el actual documento.
- El presupuesto total del proyecto explicado en el documento de PRESUPUESTO.

1.3 CONDICIONES LEGALES

Se incluyen para marcar el papel de cada agente interviniente en el proyecto, así como sus responsabilidades y obligaciones.

1.3.1 Contrato

El contrato se conformará como un documento administrativo privado entre los dos agentes principales intervinientes del proyecto: el promotor del proyecto y el constructor.

Las condiciones del contrato deben de ser claras para evitar malinterpretaciones de este y diferencias entre las partes firmantes. En caso de que alguna de las partes implicadas no esté de acuerdo con las condiciones y cláusulas establecidas en este documento, se debatirán, y en caso de no llegar a un acuerdo se derivará a los Tribunales Administrativos para obtener su resolución.

1.3.2 Seguridad y accidentes laborales

En términos de seguridad en el trabajo, de acuerdo con la normativa vigente, se deberá cumplir el Real Decreto 1215/1997, el cual establece las disposiciones mínimas de seguridad y salud para el uso de equipos de trabajo y la prevención de riesgos.

Como prevención de riesgos cabe destacar y recordar el buen mantenimiento de la zona de trabajo (limpieza, organización, etc.) para evitar posibles accidentes.

1.4 CONDICIONES FACULTATIVAS Y OBLIGACIONES DE LOS AGENTES INTERVINIENTES

1.4.1 Promotor del proyecto

El promotor del proyecto es la empresa Petróleos del Norte S.A. (Muskiz, Bikaia, España) y es la encargada de decidir y fabricar el proyecto.

Sus obligaciones son, facilitar toda la información previa necesaria para el desarrollo y redacción del proyecto además de gestionar las licencias y autorizaciones necesarias.

1.4.2 Proyectista

El proyectista, en este caso, Roberto Muriedas Vallejo es el agente designado por el promotor para la redacción del proyecto, y está sujeto a la normativa técnica y reglamentación obligatoria.

Sus obligaciones son poseer la titulación académica y profesional habilitante, cumplir con el código deontológico de su profesión, redactar el proyecto de acuerdo con la normativa vigente y definir de manera precisa el proyecto (cálculos, planos, anexos de especificaciones, etc.).

1.4.3 Director de proyecto

Se encargará de realizar la dirección de todas las fases del proyecto gestionando los recursos humanos y materiales y será un agente designado por la empresa promotora Petróleos del Norte S.A..

1.4.4 Empresa constructora

El constructor es el encargado de asumir contractualmente, con el promotor, la obligación de realizar la totalidad de la ejecución del proyecto de acuerdo con este y al contrato.

Las obligaciones del constructor son ejecutar la “obra” sujeto al proyecto, la legislación vigente y la dirección facultativa, tener la capacitación profesional y habilidades necesarias para llevar

a cabo la “obra”, designar al jefe de obra con la titulación y experiencia adecuada, y asignar los medios humanos y materiales necesario para la realización del proyecto.

Además de estas obligaciones, el constructor es el responsable de las medidas de seguridad necesarias, debiendo cumplir con los requisitos de prevención de riesgos laborales de acuerdo con la legislación vigente. Para ello se encarga de designar a un Coordinador de Seguridad y Salud, en caso de que no lo haya hecho el promotor, así como de firmar el acta de replanteo y comienzo de obra, el acta de recepción, y facilitar al director facultativo la información necesaria para la correcta coordinación y ejecución del proyecto de acuerdo con las condiciones especificadas en este.

El constructor desarrollará estas tareas y el trabajo de acuerdo con la documentación facilitada por el promotor y el proyectista, pero será el constructor es el responsable de disponer del personal capacitado necesario para la realización del trabajo, así como de su formación complementaria para la realización del proyecto.

1.4.5 Director facultativo

En caso de que sea necesario el director facultativo normalmente es el propio proyectista, pero si no es así es designado por el promotor. De darse esta segunda situación, este técnico competente adquiere la responsabilidad sobre la calidad del proyecto recibido y por lo tanto debe revisarlo, ya que no ser el autor del proyecto no le exime de responsabilidades. Este cargo solo pueden ocuparlo titulados inscritos en el Colegio Profesional correspondiente, puede ser compartido simultáneamente por varios titulados de la misma especialidad y no es delegable a terceros, pero si es transferible entre titulados de la misma especialización.

La función de este técnico es ser el encargado de la dirección y del control de la ejecución del proyecto y se ha de realizar una supervisión constante o periódica. También el director puede asesorar al promotor con los contratistas, hace de intermediario entre la propiedad y el contratista, y es el encargado de: aprobar cualquier modificación del proyecto, aprobar precios contradictorios, aprobar las certificaciones de los trabajos realizados, firmar el acta de recepción provisional y definitiva.

Con todo esto, el director facultativo tiene responsabilidades técnicas, civiles y penales, y por lo tanto se ha de encargar de que se ejecute todo de acuerdo con el proyecto y las modificaciones pertinentes, de asegurar el buen estado de las instalaciones, trabajos realizados, etc., durante la ejecución del proyecto, y de cualquier accidente derivado de su supervisión, pero no tiene ninguna responsabilidad de plazos ni costes.

1.5 CONDICIONES ECONÓMICAS

Las condiciones económicas son la garantía del correcto pago de los trabajos ejecutados correspondientes al proyecto, y por ello queda constancia de estas en el documento.

1.5.1 Contrato

El contrato se firmará antes del inicio de la ejecución de los trabajos correspondientes, y se firmará entre el agente solicitante del proyecto, y el agente ejecutor de este, el constructor.

Los pagos acordados en el contrato se abonarán a la parte correspondiente en las fechas establecidas siendo de obligatoriedad su importe, siempre que se cumplan las condiciones establecidas por contrato. En el supuesto de que haya modificaciones del proyecto y con ello en los pagos y plazos de estos, se han de debatir nuevamente y llegar a un acuerdo.

En caso de incumplimiento de las cláusulas acordadas del contrato por cualquiera de las partes, se podrá rescindir el contrato.

1.5.2 Presupuesto

El presupuesto debe incluir todos los datos e información sobre el precio de ejecución del proyecto respecto del punto de vista material, humano y administrativo. Este presupuesto se desglosará y agrupará en los grupos de precio que se crean necesarios.

Se realizará un presupuesto inicial, el cual ha de cumplirse una vez firmado el contrato y de que el constructor no haya hecho ninguna observación previa a la firma. En caso de que durante la ejecución del proyecto sean necesarias modificaciones, ya sean del director facultativo o del constructor, y que estas afecten a los costes, o de modificaciones directamente del coste por cuestiones de mercado, estos costes serán debatidos entre el constructor y el director facultativo. Siendo este último el que tenga la última palabra, y en caso de no llegar a un consenso será el constructor el encargado de asumir el coste extra.

1.5.3 Plazos de ejecución

La ejecución de los trabajos y fases del proyecto se realizará conforme a lo acordado en el contrato entre el promotor y el constructor, respetando los plazos de las distintas fases y la correcta ejecución de estas.

En caso de retraso del proyecto se han establecido, en el contrato, una serie de penalizaciones que el promotor podrá activar si lo cree conveniente una vez debatido con el constructor el motivo de estas.

En el momento de finalización del proyecto, el constructor entregará el producto terminado al promotor y se liquidará el proyecto. En caso de que alguna de alguna de las partes no esté de acuerdo con la liquidación por ciertos motivos (incumplimiento de contrato, calidad final, etc.) y no se llegase a un acuerdo, el caso se dejaría en manos de los tribunales.

2. PLIEGO DE CONDICIONES PARTICULARES

Este documento tiene el objetivo de explicar y aclarar las especificaciones del desarrollo del proyecto en sus distintas fases.

1.6 ESPECIFICACIONES DE MATERIALES Y EQUIPOS

Para poder realizar el proyecto, el constructor está obligado a informar sobre el tipo de materiales y equipos que va a utilizar, así como su procedencia, características técnicas y calidad.

Tanto los materiales como equipos a utilizar deben de cumplir la normativa vigente, y se han de almacenar y mantener en las condiciones idóneas establecidas por la normativa correspondiente. Estos elementos no se han de utilizar en caso de deterioro o de ver algún defecto en ellos.

Los materiales y equipos utilizados por el constructor serán de su propia elección y criterio, mientras que en el proyecto no se especifiquen unos elementos concretos o con unas características concretas. El constructor asumirá los estudios complementarios en caso de que sea necesario la comprobación de la calidad y las características de los materiales, así como del mantenimiento del equipo utilizado.

1.7 ESPECIFICACIONES DE EJECUCIÓN

Este apartado se centra en las especificaciones de fabricación y montaje que explican la forma de ejecutar y controlar la realización del producto, equipos y material necesario, etc.

1.7.1 Trabajos defectuosos

El constructor es el encargado de la realización del proyecto bajo las condiciones establecidas en este, y por lo tanto es el responsable de poner todos los medios necesarios de acuerdo con lo acordado en el contrato y establecido en el proyecto. Para lograr esto con éxito será responsable de que los equipos y materiales utilizados estén en las condiciones aptas y necesarias para cumplir con los requisitos de calidad exigidos. En caso de que se produzcan defectos en el producto debido a la utilización de materiales y equipos con defectos o en condiciones no aptas, el constructor será el único responsable debiendo rendir cuentas al promotor y rehaciendo el trabajo.

5. DOCUMENTO V. PRESUPUESTO

ÍNDICE PRESUPUESTO

1. INTRODUCCIÓN 154

2. COSTES MATERIALES 155

3. COSTES SOFTWARE 156

4. COSTES SUMINISTROS 156

5. COSTES SUBCONTRATACIONES 157

6. COSTES PERSONAL 157

7. COSTES TOTALES 158

1. INTRODUCCIÓN

Para llevar a cabo el cálculo de los costes que ha generado la realización de este trabajo se tienen en cuenta distintos tipos de costes:

- Costes materiales, recogiéndose en este grupo todos los costes relacionados con el suministro de los materiales necesarios para la fabricación del proyecto, como son, chapas, bridas, tubos, fondos, juntas, materiales empleados para la realización de las soldaduras, etc.…

- Cotes software, incluyéndose en estos los costes debidos al pago de licencias de los softwares usados durante el diseño del proyecto.

- Costes suministros, entre estos costes se incluyen los gastos de energía debidos aj uso de máquinas alimentadas por electricidad, ordenadores y equipos informáticos, gastos de iluminación, etc.…

- Costes subcontrataciones, incluyéndose en este grupo de costes los gastos que se tienen debido a los trabajos realizados por empresas externas como son portes, distintas operaciones de corte y plegados.

- Costes personal, incluyéndose en este apartado todos los costes generados por el pago de salarios al personal que interviene en las etapas de diseño y fabricación del proyecto.

A continuación, se incluyen unas tablas donde se muestran los costes en cada uno de los grupos anteriormente comentados. La última tabla, costes totales, recoge un resumen con ja suma de los costes totales que se tienen en cada grupo.

2. COSTES MATERIALES

Producto	Cantidad	Precio unitario	Precio total
Chapa 10 mm acero SA516 Gr.60N	17,09 m^2	21,91 €	374,4 €
Chapa 12 mm acero SA516 Gr.60N	12,3 m^2	125,14 €	1539,22 €
Chapa 15 mm acero SA516 Gr.60N	7,175 m^2	156,36 €	1121,88 €
Chapa 20 mm acero SA516 Gr.60N	4,1 m^2	208,63	855,38 €
Chapa 25 mm acero SA516 Gr.60N	1,767 m^2	89,93 €	158,9 €
Brida Øext.1700 mm / Øint.1476 mm x 120 mm acero SA105 N	1 ud.	2267,63 €	2267,63 €
Brida Øext.755 mm / Øint.592 mm x 66 mm acero SA105 N	1 ud.	628,54 €	158,9 €
Brida Øext.644 mm / Øint.494 mm x 77 mm acero SA105 N	1 ud.	579,57 €	579,57 €
Brida WN / RF 20” 150# SCH. STD ASME B-16.5 acero SA105	1 ud.	1100,47 €	1100,47 €
Brida WN / RF 12” 150# SCH. STD ASME B-16.5 acero SA105	1 ud.	1001,01 €	1001,01 €
Brida WN / RF 8” 150# SCH. STD ASME B-16.5 acero SA105	1 ud.	420,17 €	420,17 €
Brida WN / RF 2” 150# SCH. XS ASME B-16.5 acero SA105	2 ud.	217,5 €	217,5 €
Brida WN / RF 1” 150# SCH. STD ASME B-16.5 acero SA105	1 ud.	202,43 €	202,43 €
Brida Blind / RF 2" 150# ASME B-16.5	2 ud.	192,14 €	192,14 €
Tubo $1\frac{1}{2}$ " SCH. STD A268 ASTM	12 m	235 €	2082 €
Tubo 12 " SCH. STD SA106 Gr. B	12 m	580 €	580 €
Tubo 2 " SCH. XS SA106 Gr. B	12 m	300 €	300 €
Tubo 1 " SCH. STD SA106 Gr. B	12 m	200 €	200 €
Fondo Klopper Øint.1500 mm Esp. 15 mm SA516. Gr.60N	1 ud.	415 €	415 €
Material de soldadura (Electrodos, recambios, gas…)	1 ud.	364,6 €	364,6 €
Tobera entrada de aire - difusor	12 ud.	825,84 €	9910,08 €
Junta para brida Steelflon 2 mm Øext.457 mm x Øint.426 mm	3 ud.	130,81 €	392,43 €
Junta para brida Steelflon 2 mm Øext.682 mm x Øint.592 mm	3 ud.	231,36 €	694,08 €
	TOTAL		22683,2 €

3. COSTES SOFTWARE

Producto	**Cantidad**	**Precio unitario**	**Precio total**
Licencia PV Elite	2 meses	150 €/mes	300 €
Licencia AutoCAD	2 meses	291 €/mes	582 €
	TOTAL		882

4. COSTES SUMINISTROS

Producto	**Cantidad** (kWh)	**Precio unitario**	**Precio total**
Energía	956,3	0,198 €/kWh	189,35 €
	TOTAL		189,35 €

5. COSTES SUBCONTRATACIONES

Producto	Cantidad	Precio unitario	Precio total
Corte de chapas de 10 mm SA516 Gr.60N	48 ud.	2,7 €	129,6 €
Corte de chapas de 12 mm SA516 Gr.60N	1 ud.	3,3 €	3,3 €
Corte de chapas de 15 mm SA516 Gr.60N	50 ud.	3,5 €	175 €
Corte de chapas de 20 mm SA516 Gr.60N	5 ud.	4,2 €	21 €
Corte de chapas de 25 mm SA516 Gr.60N	1 ud.	34,8 €	34,8 €
Plegado de chapa Esp.10mm SA516 Gr.60N	1 ud.	68,9 €	68,9 €
Molde de madera al natural y 2 cajas de machos	1 ud.	4775 €	4775 €
Porte chapas ANCOFERWALDRAM STEELPLATES B.V.	1 ud.	1450 €	1450 €
Porte bridas TALLERES HADIMEK S.L.	1 ud.	70 €	70 €
Porte tubos REGALBUTO STEEL GmbH	1 ud.	650 €	650 €
Porte juntas KLINGER SAIDI SPAIN SAU	1 ud.	40 €	40 €
Porte fondo BILBO HEADS S.L.	1 ud.	40 €	40 €
Porte chapas JACQUET IBERICA S.A.	1 ud.	22 €	22 €
	TOTAL		7479,6 €

6. COSTES PERSONAL

Producto	Cantidad (horas)	Precio unitario	Precio total
Coste personal del taller	300	9,8 €	2940 €
Coste ingeniero	220	7 €	1540 €
Coste tutor	180	11,2 €	2016 €
	TOTAL		6496 €

7. COSTES TOTALES

Producto	**Precio total**	
Materiales	22683,2 €	
Software	882 €	
Suministros	189,35 €	
Subcontrataciones	7479,6 €	
Personal	6496 €	
	TOTAL	37730,15 €

Bibliografía

[1] A. W. Applications, «Atecsol Welding Applications,» [En línea]. Available: https://atecsol.com/.

[2] Petroleos del Norte S.A., «Refinería de petróleo,» [En línea]. Available: https://petronor.eus/es/refineria/.

[3] Petroleos del Norte S.A., «Asi funciona la refineria,» [En línea]. Available: https://petronor.eus/es/refineria/infografias/asi-funciona-la-refineria/.

[4] Enerclub, «enerclub.es,» [En línea]. Available: https://www.enerclub.es/extfrontenerclub/img/File/nonIndexed/petroleo/secciones/pdf/caps_sueltos/CAPITULO.

[5] Wikipedia, «wikipedia.org,» [En línea]. Available: https://es.wikipedia.org/wiki/Destilaci%C3%B3n_fraccionada.

[6] Zolio Rios Group, «zoilorios.com,» [En línea]. Available: https://www.zoilorios.com/noticias/proceso-de-refinamiento-del-petroleo-como-es.

[7] Ancap, «ancap.com,» [En línea]. Available: https://www.ancap.com.uy/1855/1/procesos-de-la-refineria.html.

[8] Repsol, «repsol.com,» [En línea]. Available: https://www.repsol.com/es/conocenos/que-hacemos/refino/index.cshtml.

[9] Linde, «Proceso de recuperación de azufre,» [En línea]. Available: https://www.linde.mx/industrias/refining/sulfur-recovery.

[10] Krohne, «Proceso de recuperación de azufre,» [En línea]. Available: https://krohne.com/es/industrias/industria-del-petroleo-y-gas/refinacion-petroleo-y-gas/recuperacion-de-azufre-en-la-industria-del-petroleo-y-gas.

[11] American Society of Mechanical Engineers, *ASME VIII Div.1 y Div.2. Diseño de recipientes a presión..*

[12] American Society of Mechanical Engineers, *ASME II. Materiales..*

[13] C. Engineering, «Software PV-Elite,» [En línea]. Available: https://cataloniaengineering.com/software/pv-elite/#:~:text=PV%2DElite%20es%20un%20programa,Divisi%C3%B3n%201%20y%20Divisi%C3%B3n%202..

[14] Dnbrida, «Catalogo bridas DN16.5,» [En línea]. Available: http://www.dnbrida.com/brida-ansi-asme.php.

[15] Pablo C. Costas, Procesos de fabricación, 2004.

[16] U.E. I. 15614-1, *Especificación y cualificación de los procedimientos de soldeo para los materiales metálicos,* 2018.

[17] American Society of Mechanical Engineers, *Código ASME para equipos a presión.,* 2019.

[18] Mecapedia, «Mecapedia - Enciclopedia virtual de ingeniería mecánica,» [En línea]. Available: http://www.mecapedia.uji.es/Index.html.

[19] Industria Quimica, «industriaquimica.es,» [En línea]. Available: https://www.industriaquimica.es/articulos/20180517/control-ambiental-antorchas-refinerias-petroleo.

[20] Wikipedia, «Proceso Claus,» [En línea]. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/Claus_process.

[21] Superprof, «Tronco de cono,» [En línea]. Available: https://www.superprof.es/diccionario/matematicas/geometria/tronco-cono.html.