

UNIVERSIDAD DE SONORA DIVISIÓN DE INGENIERÍA



POSGRADO EN INGENIERÍA INDUSTRIAL MAESTRÍA EN INGENIERÍA EN SISTEMAS Y TECNOLOGÍA

DISEÑO DE PROCESO BASADO EN BUENAS PRÁCTICAS
PARA REDUCCIÓN DE RETRABAJOS EN FABRICACIÓN
DE DRAGLINE BUCKET

T E S I S

PRESENTADA POR

CARLOS GABRIEL PESQUEIRA FIEL

Desarrollada para cumplir con uno de los
requerimientos parciales para obtener
el grado de Maestro en Ingeniería

DIRECTOR DE TESIS
DR. GERARDO SANCHEZ SCHMITZ

HERMOSILLO, SONORA, MÉXICO.

DICIEMBRE 2020

Universidad de Sonora

Repositorio Institucional UNISON



**"El saber de mis hijos
hará mi grandeza"**



Excepto si se señala otra cosa, la licencia del ítem se describe como openAccess



Hermosillo, Sonora a 3 de diciembre de 2020

CARLOS GABRIEL PESQUEIRA FIEL

Con fundamento en el artículo 66, fracción III, del Reglamento de Estudios de Posgrado vigente, otorgamos a usted nuestra aprobación de la fase escrita del examen de grado, como requisito parcial para la obtención del Grado de Maestro en Ingeniería: Ingeniería en Sistemas y Tecnología.

Por tal motivo este jurado extiende su autorización para que se proceda a la impresión final del documento de tesis: **DISEÑO DE PROCESO BASADO EN BUENAS PRÁCTICAS PARA REDUCCIÓN DE RETRABAJOS EN FABRICACIÓN DE DRAGLINE BUCKET** y posteriormente efectuar la fase oral del examen de grado.

ATENTAMENTE

Dr. Gerardo Sánchez Schmitz
Director de tesis y Presidente del jurado

Dr. Jaime Alfonso León Duarte
Secretario del Jurado

Luis F Romero D

Dr. Luis Felipe Romero Dessens
Vocal del Jurado

Dr. Victor Hugo Benitez Baltazar
Vocal del Jurado

c.c.p. Archivo



Instituto Tecnológico de Sonora
5 de Febrero No. 818 sur
Teléfono (644) 410-09-00 Apdo. 335
C.P. 85000 Ciudad Obregón, Sonora, México.
www.itson.mx

Ciudad Obregón, Sonora, a 26 de noviembre de 2020.

CARLOS GABRIEL PESQUEIRA FIEL

Con fundamento en el artículo 66, fracción III, del Reglamento de Estudios de Posgrado de la Universidad de Sonora, otorgo a usted mi aprobación de la fase escrita del examen profesional, como requisito parcial para la obtención del Grado de Maestro en Ingeniería.

Por tal motivo, como sinodal externo y vocal del jurado, extiendo mi autorización para que se proceda a la impresión final del documento de tesis: **DISEÑO DE PROCESO BASADO EN BUENAS PRÁCTICAS PARA REDUCCIÓN DE RETRABAJOS EN FABRICACIÓN DE DRAGLINE BUCKET** y posteriormente efectuar la fase oral del examen de grado.

ATENTAMENTE

DR. RENÉ DANIEL FORNÉS RIVERA
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE SONORA
Sinodal Externo y Vocal del Jurado



RESUMEN

En el presente documento se expone un estudio realizado en una empresa metalmeccánica productora de dragline bucket, la cual manufactura piezas para un corporativo sudafricano. Esta cuenta con solo 1 año de experiencia en el ámbito y, ha requerido de grandes esfuerzos para la transferencia de información y entrenamiento de operadores e ingenieros.

Como tema central de la investigación realizada, se necesitan encontrar o incorporar las buenas prácticas que generarán un soporte al área productiva de la empresa, tratando de estabilizar el proceso y estandarizarlo lo más posible, debido a la gran cantidad de retrabajos que se han visto obligados a realizar para la conclusión de un número de parte.

La hipótesis generada menciona que el diseño de un proceso, basado en las buenas prácticas para el área de armado y soldadura, permitirá reducir retrabajos y horas hombre adicionales. En busca de cumplir dicha hipótesis se tendrá sólo una oportunidad de implementación en la fabricación de una dragline bucket debido a los tiempos largos de fabricación.

Al poner en marcha la metodología generada para el estudio, se localizaron cinco buenas prácticas las cuales fueron plasmadas en un manual, paso a paso, de la fabricación de dichos números de parte, buscando la estandarización de estas prácticas y con ello la reducción de retrabajos.

Cada fabricación de dragline bucket consta de 13 subensambles, siendo difícil obtener los resultados por el gran tiempo de fabricación, se enfoca en los dos que han generado mayor cantidad de retrabajos en previas fabricaciones.

En el proceso de implementación se logró obtener una mejora en los resultados arrojados por las pruebas no destructivas realizadas a las soldaduras, concretamente ultrasonidos, siendo estos la referencia de las cantidades de retrabajos por número de parte. Obteniendo una mejoría del 80% en los subensambles analizados para el presente estudio.

De esta forma, se puede afirmar que la hipótesis se cumplió satisfactoriamente habiendo superado las expectativas de mejora propuestas, contando aún con áreas de oportunidad que significan mejora, así como estandarización del trabajo realizado.

ABSTRACT

This document presents a study carried out in a metalworking company that produces dragline bucket, which manufactures parts for a South African company. This company has only 1 year of experience in the field and has required great efforts for the transfer of information and training of operators and engineers.

As a central theme of the research carried out, it is necessary to find or incorporate good practices that will generate support for the productive area of the company, trying to stabilize the process and standardize it as much as possible, this due to the large number of rework necessary for the conclusion of a part number.

The hypothesis generated mentions that the design of a process based on good practices for the assembly and welding area will reduce rework and additional man-hours. In search of fulfilling this hypothesis, there will be only one implementation opportunity in the manufacture of a dragline bucket due to the long manufacturing times.

When implementing the methodology generated for the study, 5 good practices were located which were reflected in a step-by-step manual for the manufacture of said part numbers, seeking the standardization of these practices and with it the reduction of rework.

Each dragline bucket manufacturing consists of 13 subassemblies, being difficult to obtain the results due to the long manufacturing time, we will focus on the 2 that have generated the most rework in previous manufacturing.

In the implementation process, it was possible to obtain an improvement in the results obtained by the non-destructive tests carried out on the welds, specifically ultrasound, these being the reference of the quantities of rework by part number. Obtaining an improvement of 80% in the subassemblies analyzed for the present study.

With this we can confirm that the hypothesis was satisfactorily fulfilled, having exceeded the proposed improvement expectations, and still having areas of opportunity to improve and further standardize the work carried out by the company.

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) y al Programa de Fortalecimiento de la Calidad Educativa (PFCE) por su apoyo económico brindado en mi estudio de posgrado.

A mi familia por el apoyo brindado en este transcurso de dos años y medio, otorgando siempre una motivación para concluir cada una de mis etapas dentro de esta maestría. De manera especial a mi madre ejemplo en casa del esfuerzo y perseverancia dedicado a la educación propia y hacia los demás. Por otro lado, a mi padre por ser una persona dedicada a su familia que ha demostrado que el trabajo duro no lo es tanto si lo haces por aquellas personas que más quieres.

A mi futura esposa Marineé Puebla por acompañarme día a día en el trayecto a conseguir este grado académico, impulsándome a ser mejor y a seguir aprendiendo de cada uno de los momentos que me sean brindados por mis profesores y compañeros, sin importar que tuviéramos que cambiar momentos juntos por clases nocturnas.

A mis compañeros de maestría por brindar el apoyo incondicional tras cada momento que fuese requerido, formando un grupo de trabajo de grandes personas y amigos en busca de una meta que nos unía a salir adelante, compartiendo nuestras propias experiencias educativas y profesionales.

A nuestros apreciados maestros que nos llevaron de la mano en cada una de las asignaturas impartidas, compartiéndonos sus experiencias educativas, profesionales y de vida cuando así fuese necesario, por su paciencia y esmero para que cada uno de los integrantes del grupo comprendiéramos cada uno de los temas a ver, sin importar cuantas veces fuese necesario explicarlo.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	ii
ABSTRACT	iii
AGRADECIMIENTOS	iv
ÍNDICE GENERAL	v
ÍNDICE DE FIGURAS	vii
ÍNDICE DE TABLAS	ix
1 INTRODUCCIÓN.....	10
1.1 Presentación	10
1.2 Planteamiento del problema.....	12
1.3 Objetivo general	12
1.4 Objetivos específicos	13
1.5 Hipótesis	13
1.6 Alcances y delimitaciones	13
1.7 Justificación	13
2 MARCO DE REFERENCIA	14
2.1 Ingeniería de procesos.....	14
2.1.1 Estandarización de procesos.....	15
2.1.2 Mejoras de Procesos	15
2.1.3 Buenas Prácticas.....	16
2.2 Gestión del Conocimiento	17
2.3 Proceso de Soldadura y sus características.....	18
2.4 Investigaciones previas	20
2.4.1 Tipo de investigación a realizar	22
3 METODOLOGÍA.....	23
3.1 Fase 1: Investigación y análisis.....	23
3.1.1 Etapa de Identificación de atributos	24
3.1.2 Etapa de Buenas prácticas identificadas	25

3.1.3	Etapa de Revisión con expertos	26
3.1.4	Etapa de Buenas prácticas adecuadas.....	26
3.2	Fase 2: Diseño e Implementación	27
3.2.1	Etapa de Diseño o rediseño de procedimiento	27
3.2.2	Etapa de Validación con expertos.....	28
3.2.3	Etapa de Implementación	28
3.2.4	Etapa de Validación de resultados.....	29
3.2.5	Etapa de Reporte a dirección	29
4	IMPLEMENTACIÓN	30
4.1	Fase 1: Investigación y análisis	30
4.1.1	Etapa de Identificación de atributos	30
4.1.2	Etapa de buenas prácticas identificadas.....	45
4.1.3	Etapa de revisión con expertos.....	47
4.1.4	Etapa de buenas prácticas adecuadas	48
4.2	Fase 2: Diseño e implementación	51
4.2.1	Etapa de diseño o rediseño de procedimiento	51
4.2.2	Etapa de Validación con expertos.....	60
4.2.3	Etapa de implementación	63
4.2.4	Etapa de validación de resultados	67
4.2.5	Etapa de reporte a la dirección	69
5	CONCLUSIONES RECOMENDACIONES Y TRABAJOS FUTUROS	71
6	REFERENCIAS	72
7	ANEXOS	75
7.1	Reportes de UT de Draglines FLY-387 y FLY-403	75
7.2	Encuesta respondida por operadores.....	77
7.3	Manual propuesto a expertos	78
7.4	Manual con cambios solicitados por expertos de la empresa	87
7.5	Resultados de inspección de ultrasonido en FLY-430.....	90
7.6	Imágenes del desarrollo del proyecto.....	105

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Elementos importantes soldadura MIG/MAG (SUNARC, 2007)	18
Figura 2.2 Ejemplos de equipo para UT (Romero y Proboste,2013.....)	19
Figura 2.3. Actividades por seguir. (Aqlan y Al-Fandi, 2018)	20
Figura 2.4 Metodología presentada. (Austin, Pishdad-Bozorgi y De La Garza, 2016)	21
Figura 3.1 Metodología propuesta.....	23
Figura 3.2 Encuesta para operadores	24
Tabla 3.1 Ejemplo de formato de buenas prácticas localizadas	25
Figura 3.3 Ejemplo de comparación de fallas en dragline bucket	28
Figura 3.4 Relación de buena práctica con mejora localizada.....	29
Figura 4.1 Dragline Bucket diseñada por empresa V	30
Figura 4.2 Ejemplo de Part Drawings	31
Figura 4.3 Área biselada u hombro de la placa	32
Figura 4.4 Ejemplo 1 de Assembly Drawing	32
Figura 4.5 Tabla de Identificación de piezas en ensamble	33
Figura 4.6 Ejemplo 2 de Assembly Drawing	33
Figura 4.7 Notas para seguimiento de Assembly Drawing	34
Figura 4.8 Soldaduras y Acabados en Assembly Drawing	34
Figura 4.9 Ejemplo de No. de soldadura en Assembly Drawing	35
Figura 4.10 Ejemplo de Nomenclatura de Acabado en Assembly Drawing	35
Figura 4.11 Ejemplo de nomenclatura de separación de piezas en Assembly Drawing	36
Figura 4.12 Ejemplo de Pre calentamiento en Assembly Drawing	37
Figura 4.13 Quality Control Program, Arch Assembly	38
Figura 4.14 Procedimiento de soldadura (Welding Procedure)	39
Figura 4.15 Indicaciones en soldadura localizadas por Ultrasonido	41
Figura 4.16 Indicación localizada por prueba no destructiva	42
Figura 4.17 comparación entre FLY-387 y FLY-403 de las indicaciones detectadas por subensamble.....	43

Figura 4.18 Cantidad de Piezas por Subensamble	44
Tabla 4.6 Información operadores.....	46
Figura 4.19 Ejemplo de Candado/Puente.....	49
Figura 4.20 Ejemplo de puntos o cordones de soldadura en armado	49
Figura 4.21 Ejemplo de agarres para movimiento de ensamble	50
Figura 4.22 Ejemplo de utilización de manta para enfriamiento lento	50
Figura 4.23 Introducción propuesta para manual	52
Figura 4.24 CAD de Arch Assembly 1	54
Figura 4.25 Arch Inner 01 y 02	55
Figura 4.26 Arch Transition 01 y 02	55
Figura 4.27 Buena práctica de colocación de candados.	56
Figura 4.28 Buena práctica de longitud de cordones.....	56
Figura 4.29 Buena práctica de alternar áreas de soldado	57
Figura 4.31 Ejemplo de buena práctica de alternar soldaduras en doble bisel (Lado A)	58
Figura 4.30 Ensamble Side 01 con medidas	58
Figura 4.29 Ejemplo de buena práctica de alternar soldaduras en doble bisel (Lado B)	59
Figura 4.30 Buena práctica de agarres para movimiento de ensambles	59
Figura 4.31 Muestra de precalentado en planos	61
Figura 4.32 Ejemplo de indicaciones de preheat en Welding Process Especification	61
Figura 4.33 Ejemplo de separación entre placas a soldar	62
Figura 4.34 Fotografía de utilización errónea de candados.....	65
Figura 4.35 Fotografía de utilización errónea de candados 2.	66
Figura 4.36 Fotografía de alternado de soldaduras en doble bisel	67
Figura 4.37 Resultados de ultrasonido en Arch 01 y Side 01	68
Figura 4.38 Imágenes de aplicación de buenas prácticas y desarrollo de proyecto ..	68

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3.3 Tabla después de revisión con especialistas	26
Tabla 3.4 Procedimiento con exceso de información	27
Tabla 4.1 Puntos clave en procedimientos	40
Tabla 4.2 Indicaciones detectadas por subensamble en FLY-387	42
Tabla 4.3 Indicaciones detectadas por subensamble en FLY-403	43
Tabla 4.4 Indicaciones detectadas por UT y sus totales en FLY-387 y FLY-403	44
Tabla 4.5 Encuesta a operadores	45
Tabla 4.7 Respuestas de encuestas realizadas	46
Tabla 4.8 Prácticas localizadas por los operadores	47
Tabla 4.9 Buenas prácticas localizadas	48
Tabla 4.10 Piezas que conforman Arch Assembly 1	52
Tabla 4.11 Quality Control Program de Arch Assembly 1	53
Tabla 4.12 cantidades de indicaciones encontradas por ultrasonido	69

1 INTRODUCCIÓN

En un mundo globalizado, todas las áreas de desarrollo presentan grandes retos, especialmente cuando se desarrollan interconectadas con otros países. En estos casos deben desarrollar sistemas de trabajo eficientes que les permitan ser competitivas y eficientes. Toda compañía tiene un objetivo bien establecido y, para el cumplimiento de éste, se requieren estándares de calidad óptimos, así como una gestión eficiente de todos los recursos que intervienen en el proceso, generando beneficios cuantificables, que en resumen, es lo que busca toda empresa.

Dentro de estos procesos, algunas compañías presentan tiempos perdidos y confusión a causa de la gran cantidad de procedimientos y de personal que interviene, ocasionando incrementos en tiempos de producción y generando fallas, dando lugar a un aumento en sus retrabajos, ocasionando un aumento en tiempos perdidos y recursos gastados, por utilización de consumibles no contemplados para la fabricación.

El presente estudio se presentará la situación de una empresa de la rama metalmecánica, enfocándose en la problemática generada por la falta de entendimiento en la forma de realización de sus procesos y la ausencia de una supervisión correcta del conocimiento adquirido.

1.1 Presentación

JCR Mining Services es una empresa dedicada a la rama metalmecánica, especialista en la fabricación de Dragline Bucket (DB) y productores de una empresa sudafricana (empresa V), ubicándose como la primera empresa a nivel Latinoamérica en la fabricación de estos. La manufactura de un DB cuenta con alrededor de 300 piezas y 26 subensambles, las cuales varían dependiendo del tipo de DB, cuyo proceso es aproximadamente 3233 horas hombre, equivalente a 9 semanas de trabajo.

El área de producción consiste en tres etapas: armado, soldadura y acabado. Para efectos de investigación el punto central será la primera y segunda etapa de armado y soldadura.

La empresa V proporciona los planos de ingeniería para los 26 subensambles, los planos por pieza (de 300 a 350 planos), los procesos de precalentado, de acabado de la soldadura, de enfriamiento, de pruebas no destructivas y las guías de control de calidad, los cuales se desarrollan con un lenguaje técnico, ilustraciones y simbologías, siendo de gran importancia la utilización de ellos para que las personas a cargo realicen un correcto armado y soldadura.

Al iniciar el armado y soldadura se tienen tiempos de retraso debido a que, en los planos, cada pieza cuenta con una numeración referenciada a los números de pieza, con ello se le identifica para, posteriormente, verificar el proceso de control de calidad y ver cuáles piezas son las primeras a utilizar, en este documento sólo se encuentran los códigos de pieza, por lo que es estrictamente necesario contar con el plano para complementar la información. Una vez identificado esto, es necesario regresar a los planos para ver qué tipo de precalentado deberán tener dichas piezas a unir para una soldadura correcta, lo cual requiere consultar los documentos de procesos de precalentado, además deberá revisarse en los planos a qué documento para enfriamiento se es referenciado.

Al regresar al Proceso de Control de calidad será necesario identificar en qué etapas y en qué soldaduras se realizarán pruebas no destructivas y de qué tipo. La manera tan compleja y la gran cantidad de procesos con que se cuenta, ocasionan una gran confusión y dificultad para los operadores en el entendimiento y el seguimiento de los ensambles.

Los proyectos se han visto comprometidos por la gran cantidad de horas adicionales generadas, teniendo contempladas por proyecto 3233 horas hombre las cuales aumentan a un promedio de 4553 horas, siendo un tiempo de retraso en entregas muy elevado, y un aumento en los costos en general. El tener tantos documentos diferentes provoca confusión y omisión de detalles importantes dentro del proceso, lo que conlleva a errores en el ensamble y soldadura, así como retrabajos y retrasos, teniendo

un promedio de 1320 horas hombre adicionales por proyecto, dando por resultado especialmente un aumento en gastos de consumibles y horas hombre.

Solo una persona da soporte a los armadores para la interpretación de los planos y guías descritas anteriormente, lo que significa retrasos o tiempos perdidos diariamente, además de horas/hombre invertidas generando un notable incremento en la nómina. Es indispensable que el armado se realice de manera precisa, de lo contrario se afecta el ensamble final y ocasiona retrabajos.

1.2 Planteamiento del problema

Debido a la falta de manuales claros y específicos de cada uno de los pasos a seguir en el armado de una DB, la empresa consignataria en la construcción de dragline buckets, transcurre en lapsos de tiempo sin organizar bien el trabajo de cada uno de los operadores, no existe avance y se presenta confusión en la interpretación de los procesos a causa de la gran cantidad de procedimientos, ocasionando incrementos en tiempos de producción, pasando de un tiempo pronosticado de 3233 horas hombre a un tiempo real de 4553. Los retrabajos equivalen a un 70% del tiempo adicional, generando tiempos perdidos y recursos gastados por utilización de consumibles no contemplados para la fabricación.

Al ser proyectos con una duración de 9 semanas, las actividades de ensamblaje y soldadura no son rutinarias, ni repetitivas por lo que suelen perderse los conocimientos adquiridos de proyecto a proyecto.

1.3 Objetivo general

Diseñar un proceso de armado y soldadura basándose en las buenas prácticas y experiencia de los operadores e ingenieros de la empresa, siguiendo las documentaciones proporcionadas por le empresa V, para lograr una reducción de costos asociados a retrabajos, tiempos extra, consumibles y gastos adicionales.

1.4 Objetivos específicos

- Analizar cuáles son los ensambles que suelen tener mayor complejidad y generan más cantidad de retrabajos.
- Documentar las buenas prácticas realizadas en las áreas de armado y soldadura.
- Desarrollar una metodología paso a paso de las buenas prácticas para el armado de DB.
- Capacitar al personal de cada área para la utilización de dicha metodología.
- Evaluar mejora esperando al menos un 25% de reducción en tiempos de retrabajos.

1.5 Hipótesis

El diseño de un proceso basado en las buenas prácticas para el área de armado y soldadura permitirá reducir retrabajos y horas hombre adicionales.

1.6 Alcances y delimitaciones

La evaluación se realizará solo en 1 DB debido a los largos tiempos de fabricación.

Se llevará registro de las situaciones que pudieran influir en la eficiente aplicación de buenas prácticas: actitudes, capacidades, habilidades, productividad del equipo, etc.

1.7 Justificación

Debido a la complejidad del proceso de fabricación de DB y a su vez, la requisición de una gran calidad y tiempos tan limitados para la producción solicitados por la empresa V, se está buscando cómo apoyar a sus operadores en el desarrollo de un proceso más práctico de armado y soldadura, y de esta manera disminuir retrabajos y malas interpretaciones en la lectura de guías y planos.

2 MARCO DE REFERENCIA

En este capítulo se hará una revisión literaria de los puntos principales relacionados al sector industrial y a su mejora de procesos, dando definiciones de los conceptos ya mencionados y mostrando metodologías que serán utilizadas para apoyar al desarrollo de la investigación.

2.1 Ingeniería de procesos

El lograr entregar un producto o servicio en tiempo y forma es uno de los factores de mayor importancia para aquellas empresas que desean seguir activas en el mercado (Arango Serna, Campuzano Zapata y Zapata Cortes, 2015). La competitividad de las empresas necesita basarse en la mejora de sus procesos y la aplicación de iniciativas de mejora continua. Manufactura Esbelta y Six Sigma son dos filosofías que han podido ser exitosamente aplicadas por muchas organizaciones para mejorarlos (Aqlan y Al-Fandi, 2018).

Según la ISO (2015), un proceso es un conjunto de actividades interrelacionadas o interactivas que transforma las entradas y salidas, y puede existir sea documentado o no. A su vez, Guerrero (2008), menciona que los procesos en la producción pueden verse como una herramienta para el diseño y definición de proyectos, control de sistemas, optimización de trabajos, evaluación, incorporación de normas de calidad y busca de aumento y control de la eficiencia.

Según Carro Paz y González Gómez (2012), en los procesos surgen reingenierías al tener la necesidad de mejoras de calidad, cuando se alteran los niveles de demanda, al requerir optimizar, al tener un rendimiento inadecuado o al sufrir cambios en los costos de consumibles. A su vez, la realización de una reingeniería de procesos necesita de equipos interdisciplinarios para revisar los procesos críticos, siendo así el mejoramiento de procesos un análisis sistemático de las actividades.

Las empresas de la rama metalmeccánica no le han dedicado el tiempo suficiente para estudiar y aplicar las técnicas de mejoramiento continuo que tanto ha tenido éxito en otros sectores industriales, llevando esto a un área de desconocimiento de herramientas y de lo fácil que pueden ser aplicadas en su sector dando resultados a corto y mediano plazo (Arrieta Posada, 2011).

2.1.1 Estandarización de procesos

Los estándares son los componentes básicos que proporcionan procesos repetibles y la composición de diferentes soluciones tecnológicas para lograr un resultado final sólido. Con los estándares, los dueños de negocios pueden adoptar tecnologías e innovaciones más fácilmente. Los estándares logran los objetivos a través de mejorar la confiabilidad del sistema, la relevancia del mercado y la seguridad de la inversión (Li, Tang, Chan, Wei, Pu, Jiang, Li y Zhou, 2018).

Una parte crítica de los sistemas de gestión de la calidad es el establecimiento de estándares acorde a las expectativas de ellos clientes. Un proceso de estandarización se vuelve fundamental si lo que se busca es consolidar la calidad de los productos para complacer las necesidades del cliente (Vazquez Peña y Labarca, 2012).

2.1.2 Mejoras de Procesos

La mejora de procesos se enfoca en identificar, analizar y mejorar los negocios del proceso. Esto mismo incluye la mejora de calidad, eliminar desperdicios y logro de mejoras importantes (Aqlan y Al-Fandi, 2018). Según Casebolt, Jbara y Dori (2019), La definición es simplemente " la mejora de un proceso significa cambiarlo para hacerlo más efectivo, eficiente y adaptable.

Según Sousa (2008) el proceso de mejora continua tiene tres componentes, un procedimiento para obligar a la existencia de mejoras estratégicas planificadas, otro para corregir y prevenir problemas, inculcar una cultura de CI entre todos los colaboradores, y finalmente estos dos reciben retroalimentación de la satisfacción del cliente y las necesidades y expectativas del mercado.

Las empresas suelen utilizar productos y métodos familiares, como Lean, Six Sigma, reingeniería de procesos comerciales, flujo de trabajo, software ERP y software Business Process Management Suite para mejorar sus procesos (Casebolt, Jbara and Dori, 2019).

Aqlan y Al-Fandi (2018) mencionan que la desviación estándar (SD) es una medida común para la variabilidad. Si la SD del tiempo del proceso es relativamente alta, el proceso debe estandarizarse para reducir la variación. Sin embargo, al comparar conjuntos de datos con diferentes medios; El coeficiente de variación (CV) se utiliza para la comparación en lugar de SD. CV es una medida normalizada de dispersión y se define matemáticamente como la relación entre la desviación estándar y la media. Según Segal y Whitt (1989), el CV es más fácil de entender e interpretar. El CV también se conoce como riesgo unificado o coeficiente de variación.

2.1.3 Buenas Prácticas

Safapour y Kermanshachi (2019), definen una buena práctica como un proceso o método que conduce a mejorar el rendimiento del proyecto, cuando se ejecuta de manera efectiva. Las mejores prácticas en la industria se pueden definir como un punto de referencia en los procesos, el cual requiere de un compromiso profundo y experiencia. Estas mejoras se han enfocado en los últimos tiempos para una mayor producción, una mejora en las características de los productos, en la reducción de desperdicios y, de esta forma, conseguir una producción de mejor calidad, más segura y sustentable (Saavedra García y Tapia Sánchez, 2011).

Según Shukla (2017), la aplicación de las mejores prácticas en la manufactura son necesarias porque nos permiten eliminar errores, producir un producto con una calidad consistente, mejorar la calidad, evitar retrabajos, mejorar reputación de una compañía, tener clientes satisfechos y una satisfacción correcta a las especificaciones predeterminadas.

Safapour y Kermanshachi (2019) mencionan que la identificación de los primeros indicadores de causas de retrabajo y la implementación de las estrategias de amortiguamiento apropiadas antes de la necesidad de retrabajo son importantes. De acuerdo con la naturaleza de las estrategias de buenas prácticas, las causas de retrabajo identificados se clasificaron en tres categorías principales: organización, proyecto y personas.

Love, Ackermann, Teo y Morrison (2015), han definido retrabajo como el esfuerzo innecesario de rehacer una actividad o proceso que estaba incompleto la primera vez.

2.2 Gestión del Conocimiento

Kolb (1984) menciona que aquello que permite evitar un retrabajo en el futuro es el proceso de aprendizaje, particularmente cuando el conocimiento que se crea en los proyectos puede fluir dentro y entre los miembros de la organización. En este caso, el aprendizaje se define como el proceso mediante el cual el conocimiento se crea a través de la transformación de la experiencia.

Hay gran variedad de definiciones respecto a la gestión del conocimiento (KM) y aquí se presentan algunas de las más relevantes. "KM se define como una herramienta para gestionar la transferencia de conocimiento dentro de una organización" (Nor, 2004). Offsey (1997) define KM como un procedimiento general de detección, transferencia y uso más eficiente de información y habilidades dentro de una organización. Los autores tienden a estar de acuerdo con la definición de KM dada por O`Dell y Grayson (2014): "KM es una estrategia consciente de llevar el conocimiento correcto a las personas correctas en el momento correcto y ayudar a las personas a compartir y poner la información en acción de manera que esforzarse por mejorar el desempeño organizacional ”.

Las organizaciones involucradas en la entrega de proyectos tienen el potencial de producir y transferir el conocimiento acumulado de ellos para crear una ventaja competitiva, que puede traducirse en un mejor desempeño (Argote y Ingram, 2000).

2.3 Proceso de Soldadura y sus características

La soldadura por utilizar en dicho proyecto es la denominada MIG/MAG por sus siglas en ingles Metal Inert Gas o Metal Active Gas. Este tipo de soldadura se define de esta manera por ser del tipo de arco bajo un gas protector y contiene un electrodo consumible, cuyo arco se genera entre un hilo continuo y la pieza a soldar, estando protegido por un gas inerte (MIG) o gas activo (MAG) (SUNARC, 2007). En la figura 2.1 se indican los elementos más importantes del proceso.

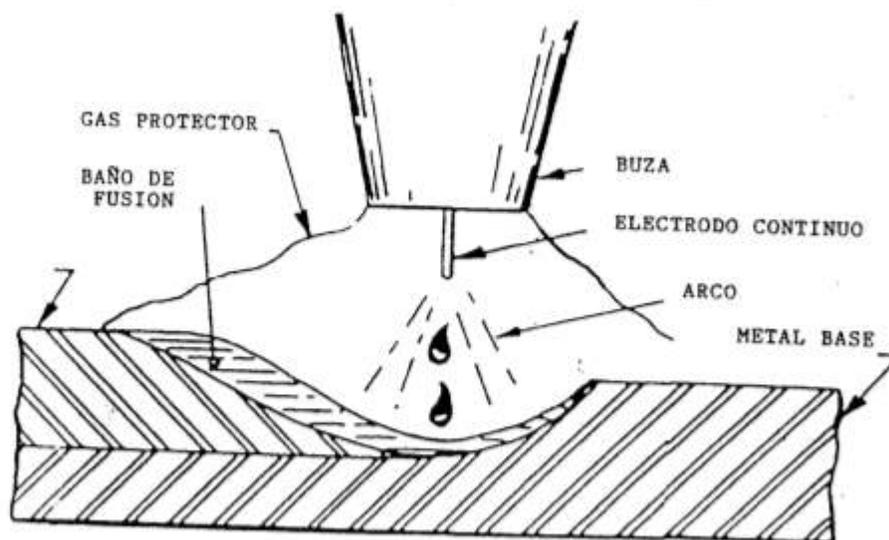


Figura 2.1 Elementos importantes soldadura MIG/MAG (SUNARC, 2007)

En este proceso se desea una carga térmica elevada de los hilos de electrodo, lo que llevará a un rendimiento muy elevado de fusión (Barrena, 2000).

Si se tratara de enumerar algunas de las fallas más comunes en este tipo de soldadura se iniciaría con las fisuras, la falta de fusión y penetración, inclusiones de escoria y poros. Dependiendo de la industria o servicio requerido pero, por lo general, estas fallas no son permitidas (Ruiz, 2015).

Una de las recomendaciones realizadas por Barrena (2000) para lograr una buena fusión en piezas de gran espesor es realizar un precalentado de la zona.

Una de las maneras de comprobar el estado de una soldadura es mediante pruebas no destructivas, que según lo comentado por Romero y Proboste (2013) son aquellas herramientas consideradas fundamentales para un buen control de la calidad en materiales de ingeniería, manufactura, fiabilidad de productos, entre otros. Estas permiten localizar indicaciones en los materiales que, al ser interpretadas, se puede determinar si son producidas por discontinuidades que, según las normas o criterios, pudieran ser rechazados o aceptados.

Las pruebas de ultrasonido (UT) se clasifican dentro de la rama de pruebas volumétricas y las ventajas de esta son las siguientes:

- Detección sub-superficial.
- Resultados inmediatos.
- Alta capacidad de penetración.

Pero cuenta con las siguientes desventajas:

- Costo elevado de equipo (figura 2.2).
- Personal calificado y experiencia.
- No apto para superficies delgadas.



Figura 2.2 Ejemplos de equipo para UT (Romero y Proboste,2013)

2.4 Investigaciones previas

Según el estudio realizado por Ortega Sevilla y Townsend Piedra (2011) en una empresa de metalmecánica, la implementación de un sistema de planificación de producción y la implementación de buenas prácticas de Manufactura, a 6 meses de su implementación logró elevar la eficiencia global al 73,37%, luego de que el semestre anterior no superara en promedio el 67.35%.

Saavedra y Tapia (2011) llegan a la conclusión de que sólo el 10% de las pequeñas y medianas empresas del sector industrial en México han realizado una adopción generalizada de la implementación de mejores prácticas. Lo cual dificulta a las empresas a optimizar los procesos y reducir costos.

Aqlan y Al-Fandi (2018) proponen una metodología que consiste en 3 fases, en la primera fase, las áreas de trabajo se priorizan en función de factores predefinidos. En la segunda fase, se seleccionan métodos de resolución de problemas o se implementan las iniciativas de mejora en las áreas de trabajo. En la tercera fase, se desarrolla un modelo de optimización de objetivos múltiples para seleccionar los proyectos y asignar los operadores a los proyectos.

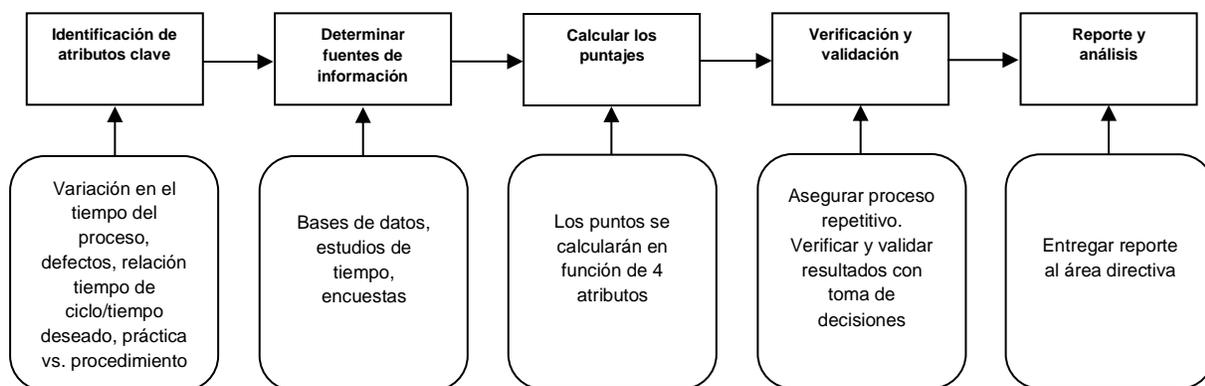


Figura 2.3. Actividades por seguir. (Aqlan y Al-Fandi, 2018)

La primera fase mencionada por Aqlan y Al-Fandi (2018), priorización de áreas de trabajo, utiliza un seguimiento de actividades como se presenta en la figura 2.1.

La primera etapa, identificación de atributos clave, cuenta como atributos variación en el tiempo del proceso, defectos, relación tiempo de ciclo/tiempo deseado y práctica vs. procedimiento.

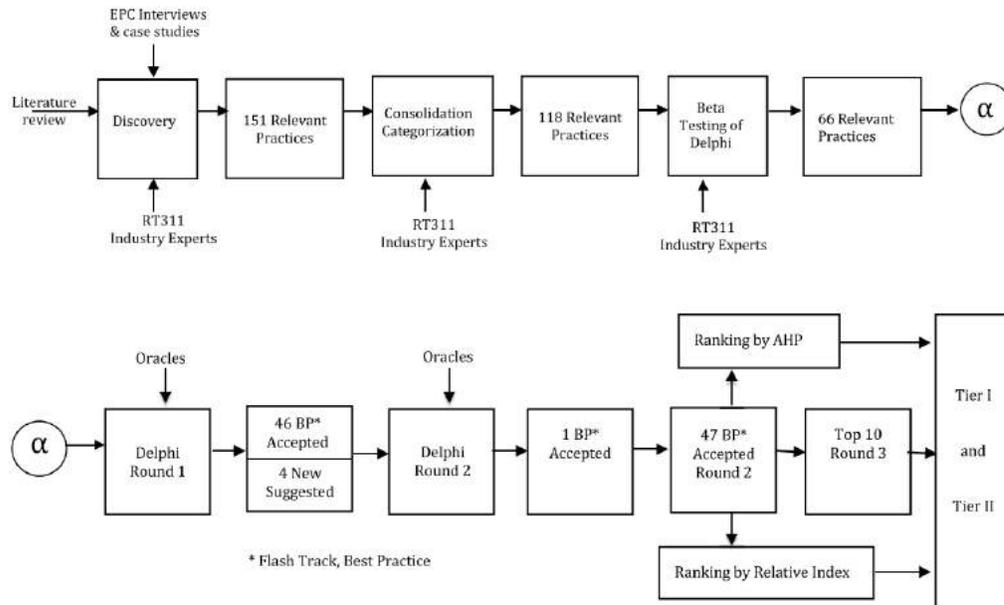


Figura 2.4 Metodología presentada. (Austin, Pishdad-Bozorgi y De La Garza, 2016)

En otra investigación realizada por Austin, Pishdad-Bozorgi y De La Garza (2016) se presenta una metodología (Figura 2.2) para la identificación de mejores prácticas en proyectos constructivos.

Mencionan que la metodología de investigación se enfocó en 2 fases. La primera se centró en la recopilación de datos a través de una revisión continua de la literatura, entrevistas de ingeniería, adquisiciones, construcción y paneles de expertos de la industria. La segunda implicaba un proceso de Delphi de tres rondas y un proceso de jerarquía analítica.

2.4.1 Tipo de investigación a realizar

En el desarrollo de este documento se podrán localizar varios tipos o fases de una investigación comenzando con una del tipo aplicado, como lo menciona Hernández, Fernández y Baptista, (2010) en la cual se intenta encontrar mecanismos o alguna estrategia que consiga o permita lograr un objetivo. Por ello se trata de un objetivo específico y bien delimitado, ya que no se intenta dar explicación de muchas cosas, sino de un tema en específico.

Por otra parte, se puede decir que el tipo de investigación, según la información utilizada, podemos decir que es cuantitativa ya que se realizarán análisis y cálculos basados en la medición, lo que hace posible realizar experimentos y tener comprobaciones concretas de hipótesis.

Hablando del grado de manipulación de datos sugiere que, es del tipo cuasiexperimental como lo menciona Hernández, (2010), y pretende manipular datos o variables, pero no se cuenta con un control total de todas las variables, ya que se relaciona directamente con la capacidad de la gente u operadores para conseguir un buen resultado.

3 METODOLOGÍA

En la siguiente sección se presentará una propuesta de metodología para realizar una mejora en los procesos de dicha empresa, basada en métodos previamente señalados.

La metodología propuesta se basará en 2 fases clave, la primera será de investigación y análisis de la situación actual, la segunda abarcará el diseño de la propuesta, implementación y resultados (Figura 3.1). Para dicha metodología se realiza una adaptación de la investigación de Aqlan y Al-Fandi (2018), la cual sirve de apoyo para la localización o identificación de los puntos clave dentro del área productiva, a su vez la investigación realizada por Austin, Pishdad-Bozorgi y De La Garza (2016), presentan una manera de investigación en la cual, apoyado de una investigación teórica y un equipo de trabajo especializado en el área, se localizan las buenas prácticas.



Figura 3.1 Metodología propuesta

3.1 Fase 1: Investigación y análisis

Esta fase se dividirá en 5 etapas: (1) Identificación de atributos, (2) Cálculo de puntajes de atributos seleccionados, (3) Prácticas identificadas, (4) Revisión con expertos y (5) Buenas prácticas adecuadas.

3.1.1 Etapa de Identificación de atributos

El punto de partida será la revisión y análisis de literatura relacionada a la identificación de las buenas prácticas y la mejora de procesos. Asimismo, se realizará un estudio de todos los procedimientos y manuales con los que actualmente cuenta la empresa relacionados al ensamble, para entender la forma de trabajo y localizar áreas de oportunidad o mejora que pudieran ser propuestas en las próximas etapas.

Se tendrá también la necesidad de conocer la opinión de los operadores, por ello se realizarán encuestas (figura 3.2) para localizar prácticas realizadas fuera de los procedimientos actuales que puedan favorecer en eficiencia cada procedimiento. La encuesta puede constar de varias preguntas enfocadas en la experiencia de los trabajadores y qué acciones ellos consideran han servido para mejorar las formas de trabajar; además de qué etapa de la producción ellos consideran más importante.

Nombre	
Puesto	
Antigüedad en la empresa	
Experiencia en el área	
Preguntas:	
1	¿Considera que se cuenta con un manual óptimo para su utilización en piso?
2	¿Qué problema puede decir que hay en los manuales o procedimientos actuales?
3	¿Qué prácticas o actividades no indicadas en los manuales considera puede ser agregada?
4	¿Cuál consideras es el retrabajo mas común y a que se debe?

Figura 3.2 Encuesta para operadores

Las desviaciones en los procesos pueden ser consideradas como buenas prácticas por parte de los trabajadores, al creer que es una mejor forma de realizar los procesos,

sin embargo, no todas las formas más rápidas de completar un proceso son consideradas como buenas prácticas. Las desviaciones son reconocidas como posibles causantes de accidentes, pérdidas económicas, descontento de clientes, reclamos en productos y, por consiguiente, resulta en baja rentabilidad y competitividad (Cruz, Lipe y Medina, 2017).

Por último, se analizará la información que se tenga de los proyectos de fabricación de DB anteriores, para identificar zonas recurrentes con fallas y retrabajos, así como cuáles de ellos consumen más cantidad de tiempo. Dicha información podrá constar de reportes de calidad, informes de avances o los reportes de horas trabajadas.

3.1.2 Etapa de Buenas prácticas identificadas

Después de analizar los procedimientos y un periodo de observación en la empresa, se realizará una lista de las mejores prácticas propuestas por el investigador sumando a su vez todas aquellas que hayan sido explicadas en las encuestas por los operadores de producción (tabla 3.1).

Buenas Prácticas Localizadas	
Operadores del área	
1	
2	
3	
...	
Expertos de la empresa	
1	
2	
3	
...	
Observadas en el área	
1	
2	
3	
...	

Tabla 3.1 Ejemplo de formato de buenas prácticas localizadas

3.1.3 Etapa de Revisión con expertos

Se realizará una revisión de las prácticas localizadas por operadores, expertos y las localizadas en el área del trabajo, clasificándolas en cuáles son consideradas como buenas prácticas y, descartando aquellas que puedan influir de manera negativa en cuestiones de calidad o seguridad entre otras.

En dicha revisión será necesario contar con el área de ingeniería de la empresa para realizar el análisis de manera correcta. Estas serán clasificadas en tipos para su posterior uso como se muestra en la tabla 3.2 la cual podrá contener prácticas solicitadas por los expertos de la empresa, ajustándose a las necesidades de cada proyecto.

Prácticas Localizadas por Operadores del área	
1	
2	
3	
4	
Buenas Prácticas Localizadas por Especialistas	
1	
2	
3	
4	

Tabla 3.2 Tabla después de revisión con especialistas

3.1.4 Etapa de Buenas prácticas adecuadas

Al haber eliminado todas aquellas prácticas que pudieran afectar al proceso, se realizará una documentación de las consideradas como buenas prácticas por parte de los expertos o área de ingeniería de la empresa. Justificando el motivo por el cual, cada una de ellas puede o no ser considerada una buena práctica.

Estas se documentarán comparando el estado actual y cómo se sugiere hacerlo en los próximos manuales o procesos de manufactura de la empresa. La documentación

deberá contener imágenes del antes y después para poder ser replicado de manera correcta.

3.2 Fase 2: Diseño e Implementación

Esta será de utilidad para el diseño, implementación y evaluación de la propuesta entregada a la empresa, dicha fase se dividirá en 5 etapas: (1) Diseño de nuevo procedimiento o rediseño de procedimientos existentes, (2) Validación con expertos, (3) Implementación, (4) Validación de resultados y (5) Reporte a dirección.

3.2.1 Etapa de Diseño o rediseño de procedimiento

Aquí se analizará la forma en que están realizados los procedimientos actuales de la empresa y que tan complejos o difíciles son para su entendimiento en el área productiva, esto con el fin de dar una propuesta de procedimiento el cual pueda ser entendido de forma clara por el área productiva, incluyendo todas aquellas buenas prácticas localizadas en la fase anterior.

Uno de los problemas más comunes con las instrucciones de trabajo suele ser el que contienen demasiada información (tabla 3.4) y no suelen ser ilustrativos.

9 TB-031-001-AA001 (ASM ARCH 01)		
a	Receive all cut piece parts as per BOM	Shift Supervisor
b	Assemble & tack weld Its. 8 - arch inner 01 to It. 20 - arch transition 01 & It. 8 - arch inner 02 to It. 21 - arch transition 02 together according to drawing - check fit-up & dimensions. (Fit strong backs)	Shift Supervisor / Boilermakers
c	Assemble & tack weld It. 6 - arch front middle; It. 12 - arch rear middle; It. 13 - arch stiffener brace & It. 18 - arch temp brace onto It. 9 - arch inner middle according to drawing on a flat & level table - check fit-up & dimensions.	Shift Supervisor / Boilermakers
d	Pre-heat & record all pre-heat & interpass temps	Shift Supervisor / Welders
e	Weld assembled arch transitions onto arch inner plates & partiality assembled arch centre section complete according to drawing - rotate the arch assemblies as required.	Shift Supervisor / Welders
f	Clean / fettle / grind all welds as specified	Shift Supervisor / Grinder

Tabla 3.3 Procedimiento con exceso de información

3.2.2 Etapa de Validación con expertos

Una vez diseñado el procedimiento propuesto será validado por parte de las áreas de ingeniería y dirección de la empresa para garantizar que la forma de trabajo sea la adecuada a sus necesidades y, en caso de ser necesario, efectuar los cambios que sean requeridos.

De ser necesario, se solicitará documentación de aceptación del procedimiento o manual, esto para el deslinde de responsabilidades una vez aplicada la modificación o mejora en el proceso productivo.

3.2.3 Etapa de Implementación

Esta etapa se centrará en ir documentando la implementación del proceso propuesto, este se llevará a cabo en una sola fabricación de DB debido al tiempo tan extenso de fabricación, alcanzando tres meses por cada una.

Será de suma importancia la documentación y flujo del proceso de las zonas a evaluar, así como la implementación y uso de las buenas prácticas detectadas para realizar posteriormente una evaluación o validación de los resultados obtenidos. Dichos resultados podrán ser mostrados de manera gráfica comparándolos con los resultados previamente analizados (figura 3.3).

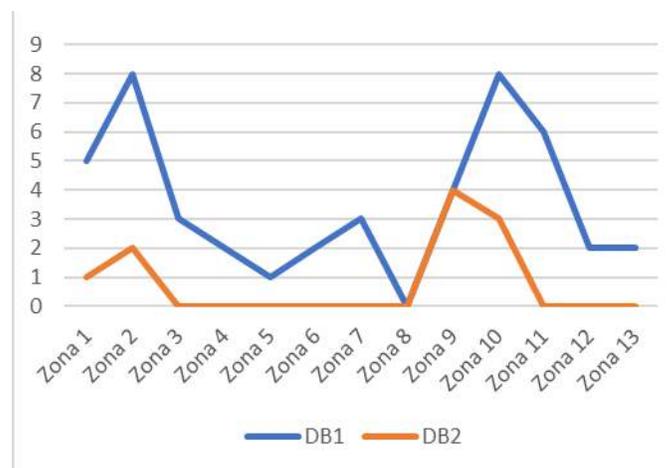


Figura 3.3 Ejemplo de comparación de fallas en dragline bucket

3.2.4 Etapa de Validación de resultados

Para la evaluación de los resultados será necesaria una comparación entre las dragline bucket previamente realizadas y la evaluada en la implementación del manual, centrándonos en las áreas de mayor importancia.

En dicha comparación se tratará de relacionar cada uno de los hallazgos de mejora con algunas de las buenas prácticas localizadas (figura 3.4), para de esta manera tratar de justificar los cambios a la forma de trabajo y cómo puede ir mejorando.

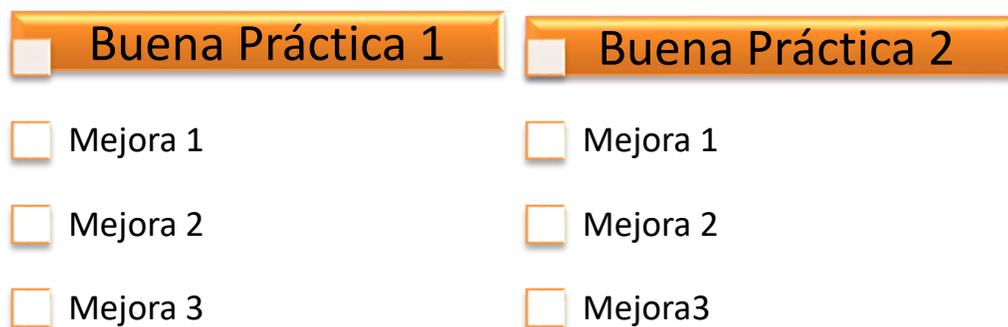


Figura 3.4 Relación de buena práctica con mejora localizada.

3.2.5 Etapa de Reporte a dirección

Se realizará un reporte el cual será entregado a los directivos de la empresa como presentación de los resultados obtenidos, en cualquiera de los casos, sean buenos o malos resultados, además de eso se propondrá oportunidades de mejora y áreas de oportunidad.

Dicho reporte deberá incluir el análisis realizado en cada una de las áreas evaluadas verificando si se cumplió con la meta esperada de mejora, además del formato para extender el manual o procedimiento a todos los procesos de la empresa.

4 IMPLEMENTACIÓN

A continuación, se iniciará con el proceso de implementación dividido en dos fases, las cuales se desarrollarán en conjunto con el personal de la empresa, tanto operativo, como especialistas e ingenieros del área.

4.1 Fase 1: Investigación y análisis

La primera fase constará de cuatro etapas enfocadas a lograr un completo análisis de toda la situación, tanto en el ámbito teórico, como en lo práctico.

4.1.1 Etapa de Identificación de atributos

Para iniciar con el análisis en la figura 4.1 se puede observar una dragline bucket diseñada por empresa V, la cual ofrece varios documentos para su elaboración. Se comenzará revisando toda la información utilizada en los procesos de manufactura por parte de la empresa, Part Drawings, Assembly Drawings, Quality Control Program (QCP), Welding Process Specifications (WPS), Grinding Process Specifications and Special Process Specifications (QCP), Welding Process Specifications (WPS), Grinding Process Specifications and Special Process Specifications.

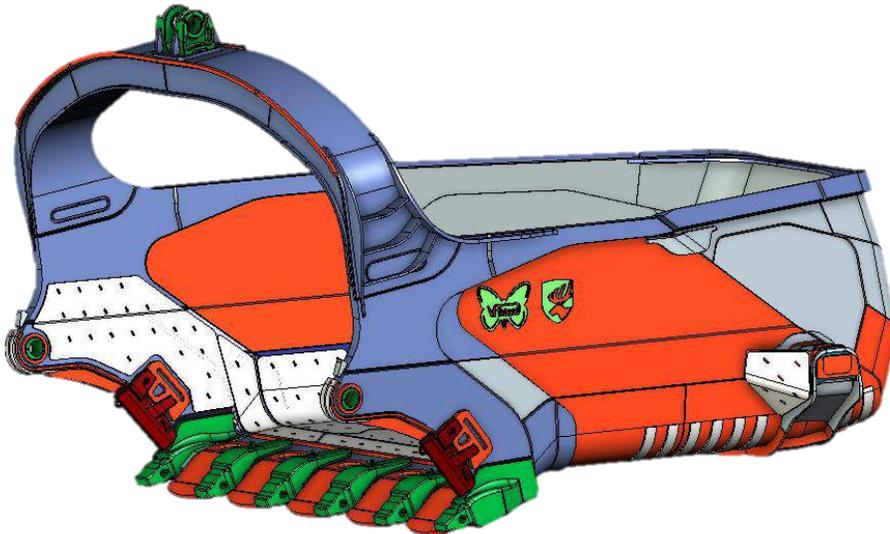


Figura 4.1 Dragline Bucket diseñada por empresa V

Analizando los part drawing y las características principales de ellos, cada DB cuenta con alrededor de 250 piezas, algunas de ellas repetidas y con especificaciones

particulares dependiendo de la parte. Para ver qué parámetros se pudieran tomar en cuenta o pudieran ser necesarios en el área productiva, se estudiará uno de ellos (Figura 4.2).

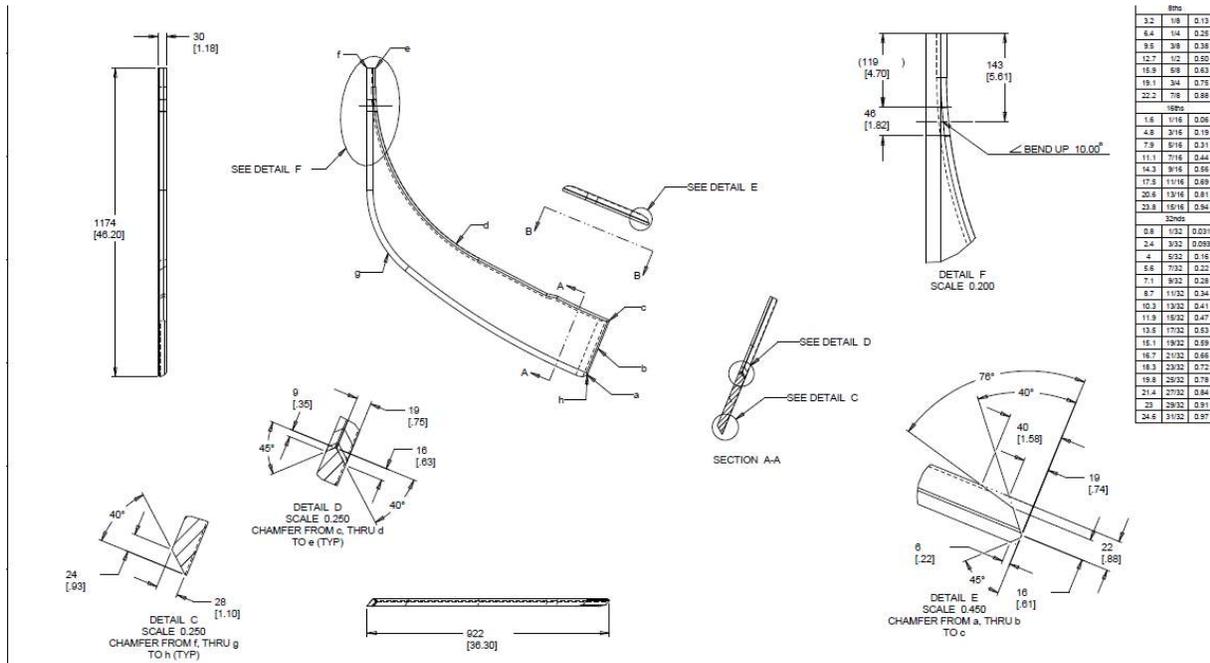


Figura 4.2 Ejemplo de Part Drawings

Se pueden observar detalles importantes como la terminación de las áreas de unión o áreas a soldar y, la forma que debe tener para una correcta área de soldadura (Figura 4.3), según lo comentado con los expertos del área, esta es una de las partes más importantes, ya que de ella dependerá cuánta soldadura, sea poca o en exceso para

a zona, será aplicada. Otra forma serán las medidas generales de las piezas, de las cuales dependerá el correcto ensamble de éstas.

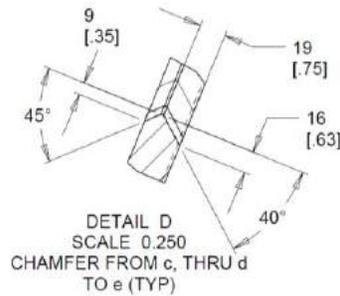


Figura 4.3 Área biselada u hombro de la placa

Ahora, se explica lo que es un Assembly Drawings (Figura 4.4 y 4.5), de se localizan veintidós ensambles diferentes en los que es dividida una DB, los cuales contienen una gran cantidad de especificaciones. En estos ensambles se encontrará la referencia de las piezas a utilizar codificadas por el tipo de ensamble, el WPS y el GPS.

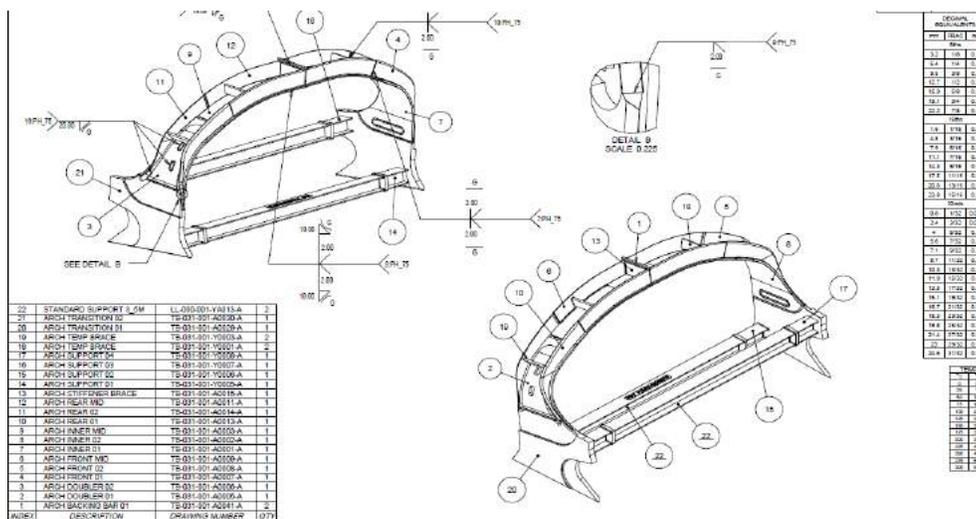


Figura 4.4 Ejemplo 1 de Assembly Drawing

La codificación de las piezas se encuentra realizado por el ensamble al que pertenece, la figura anterior corresponde al Assembly Arch 1, por lo que las piezas incluidas en él llevarán la nomenclatura TB-031-001-AXXXX-A como se muestra en la Figura 4.6. La primera “A” corresponde a “ARCH”, por ser el ensamble en el que será utilizado.

apoya diciendo hasta qué porcentajes de terminación debemos llevar en cada una de las zonas, para evitar torciones o desviaciones en ensamble o material a causa de calentamiento excesivo por la soldadura aplicada.

NOTE:
 1) ASSEMBLE A0001 TO A0029 & A0030 TO A0002.
 2) ASSEMBLE A0009 AND A0011 TO A0003.
 ASSEMBLE A0015 AND USE Y0001 FOR SPACING AND BRACING.
 3) ASSEMBLE THE THREE SECTIONS.
 USE INDICATED I-BEAMS TO BRACE ASSEMBLY.
 HOLD POINT: DIMENSIONAL INSPECTION.
 4) WELD PADS ON FRONT AND REAR BETWEEN ARCH INNERS
 (WELD THIS COMPLETE AND STEP WELDS DOWN).
 5) ASSEMBLE REMAINING ARCH FRONT AND REAR PLATES.
 USE Y0003 FOR SPACING AND BRACING.
 HOLD POINT: DIMENSIONAL INSPECTION.
 7) WELD ARCH INNER JOINTS COMPLETE
 HOLD POINT: MPI AND UT
 8) WELD 1/3 OF CHAMFER ON THE BOX INSIDES FIRST.
 TURN ARCH TO AVOID POSITIONAL WELDING.
 9) BACK GOUGE ON OUTSIDE AND WELD 2/3.
 10) COMPLETE WELD ON INSIDE.
 11) COMPLETE WELD ON OUTSIDE.
 12) ASSEMBLE A0005 & A0006 AND WELD COMPLETE.
 13) REMOVE ARCH TEMP BRACES ONCE WELDING IS COMPLETE.
 * PAY SPECIAL ATTENTION TO GRINDING SPEC ON ARCH.
 HOLD POINT: MPI AND UT
 * ALL WELDS (TYP) LH & RH UNLESS SPECIFIED OTHERWISE.

Figura 4.7 Notas para seguimiento de Assembly Drawing

En la Figura 4.8 se relacionan las zonas de soldadura o unión de las piezas con el Proceso de Especificación de Soldadura (Welding Procedure Specification) y con el Proceso de Especificación de Acabado (Grinding Procedure Specification), los cuales son documentos adicionales que se analizarán más adelante.

WELD NO.	WELD TYPE	W.P.S. (1)	WELD ID	GRIND
1	Fillet	VRWPS-076c	AA001-001	-
2	Fillet	VRWPS-076c	AA001-002	-
3	Groove	VRWPS-076b	AA001-003	-
4	Groove	VRWPS-076c	AA001-004	B125
5	Plug	VRWPS-076c	AA001-005	B125
6	Groove	VRWPS-076b	AA001-006	B125
7	Groove	VRWPS-076b	AA001-007	B90
8	Groove	VRWPS-076b	AA001-008	B90
*	Groove	VRWPS-076b	AA001-008	B90
*	Fillet	VRWPS-076b	AA001-008	B
*	Fillet	VRWPS-076b	AA001-008	B

Figura 4.8 Soldaduras y Acabados en Assembly Drawing

En la figura anterior podemos ver cómo un número de soldadura es referenciado al que se puede ver en los dibujos (figura 4.9), y cómo se debe realizar esa soldadura para lograr una fusión correcta de la zona y la soldadura, además de evitar fisuras o fallas posteriores. En el ejemplo anterior, podemos ver una numeración de la soldadura

del 1 al 17, donde algunas se repiten por contar con varias piezas o partes iguales en el mismo ensamble.

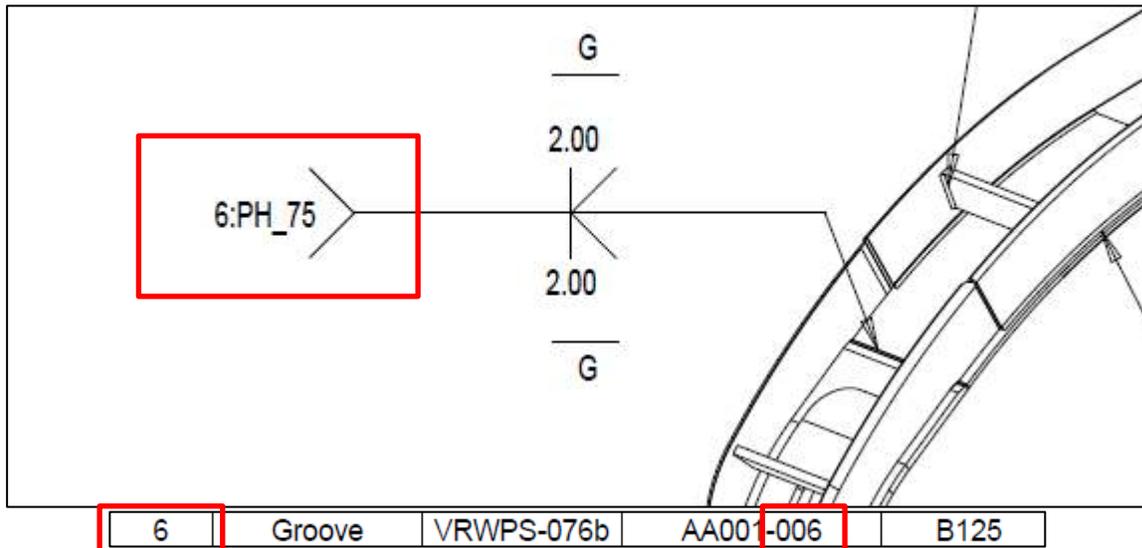


Figura 4.9 Ejemplo de No. de soldadura en Assembly Drawing

Un dato importante para recalcar es cómo puede causar confusión el que los planos directamente indiquen, mediante nomenclatura, la terminación o acabado que deberá tener la soldadura a realizar, que puede ser tomado de manera diferente a la que se presenta en el Grinding Procedure (Figura 4.10).

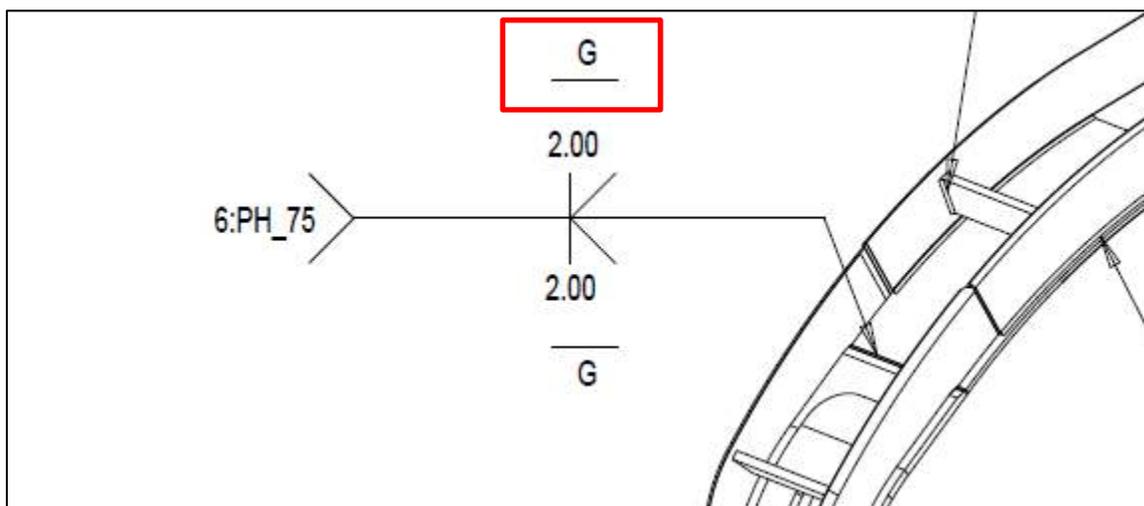


Figura 4.10 Ejemplo de Nomenclatura de Acabado en Assembly Drawing

En la figura 4.10 se puede observar la especificación del acabado de la soldadura “G”, que hace referencia por su letra “G” a Grinding en inglés (Acabado) y, por el símbolo “” que se refiere a la forma plana o acabado completo.

Otro detalle de importancia en el dibujo es el de la separación que deberán tener las piezas que se ensamblarán (figura 4.11), lo cual servirá para dar una fusión completa de la soldadura por ambos lados en cada una de ellas, lo que será un punto para considerar para evitar fallas o errores en el método de soldadura.

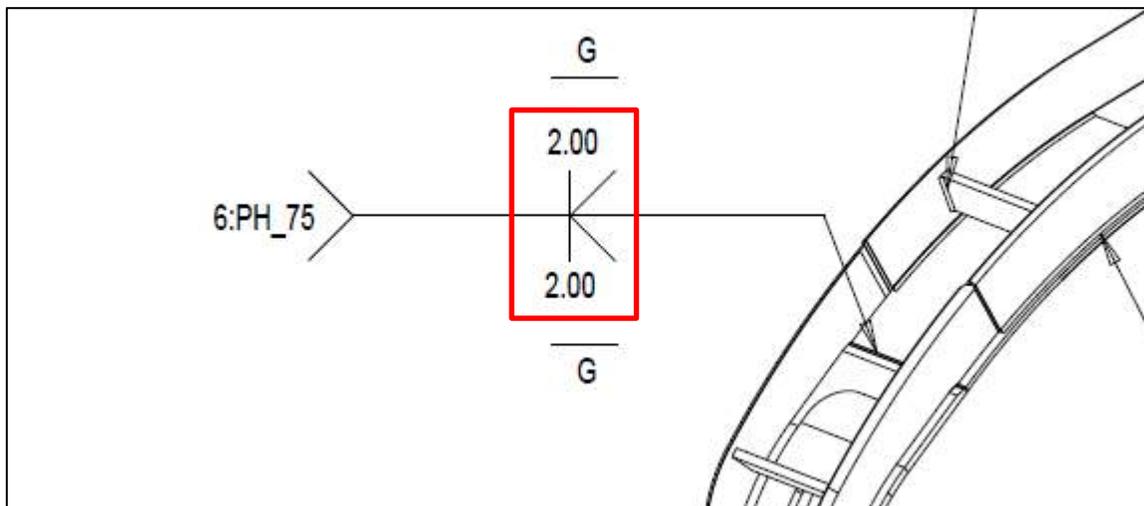


Figura 4.11 Ejemplo de nomenclatura de separación de piezas en Assembly Drawing

Para comenzar con una soldadura es necesario tomar en cuenta el precalentamiento o preparación de la zona a soldar, que viene referenciada en los dibujos (Figura 4.12) y, de manera más específica, en el Welding Procedure, que podemos observar en el ejemplo como “**6:PH_75**”, en donde el “**6**” es el número u orden de soldadura que llevará durante el ensamble de las piezas; “**PH**” se refiere a Precalentamiento o “Preheat” por sus siglas en inglés.

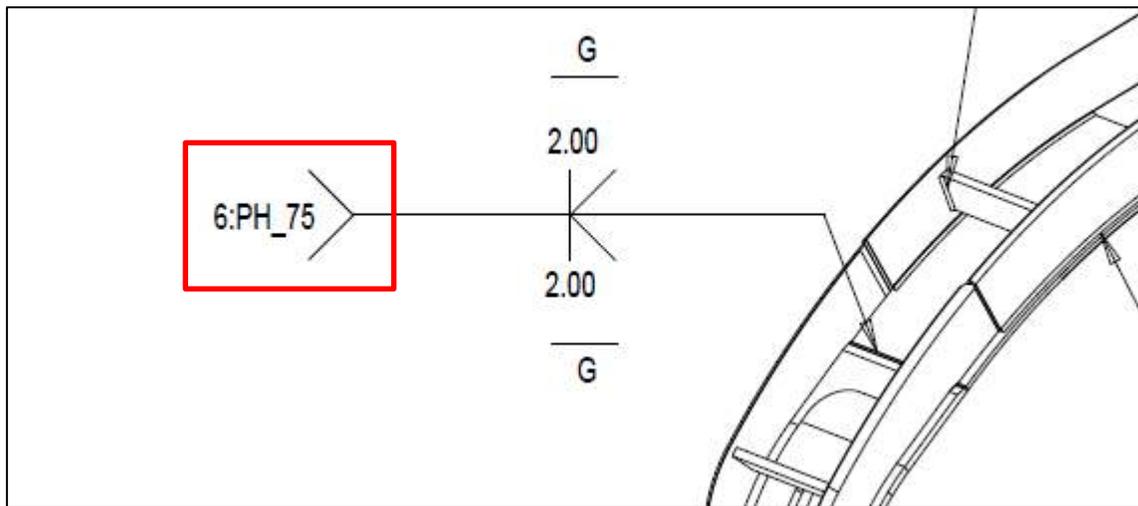


Figura 4.12 Ejemplo de Pre calentamiento en Assembly Drawing

Al contar con toda esta información se puede llegar a tener una base de cómo se llevará a cabo la fabricación de la draga, pero para complementarla, se hace uso de otros documentos más específicos como lo es el QCP (Quality Control Program). Dicho documento es similar a una lista de comprobación de las actividades (Figura 4.13) que se requieren ir completando en orden y para llegar a ofrecer un producto de calidad. En él se podrá ver quiénes fueron los involucrados en el desarrollo de dichos pasos y quien fue el responsable de la supervisión de cada uno de ellos.

9 TB-031-001-AA001 (ASM ARCH 01)						
a	Receive all cut piece parts as per BOM	Shift Supervisor				
b	Assemble & tack weld Its. 8 - arch inner 01 to lt. 20 - arch transition 01 & lt. 8 - arch inner 02 to lt. 21 - arch transition 02 together according to drawing - check fit-up & dimensions. (Fit strong backs)	Shift Supervisor / Boilermakers				
c	Assemble & tack weld lt. 6 - arch front middle; lt. 12 - arch rear middle; lt. 13 - arch stiffener brace & lt. 18 - arch temp brace onto lt. 9 - arch inner middle according to drawing on a flat & level table - check fit-up & dimensions.	Shift Supervisor / Boilermakers				
d	Pre-heat & record all pre-heat & interpass temps	Shift Supervisor / Welders				
e	Weld assembled arch transitions onto arch inner plates & partiality assembled arch centre section complete according to drawing - rotate the arch assemblies as required.	Shift Supervisor / Welders				
f	Clean / fettle / grind all welds as specified	Shift Supervisor / Grinder				
It.	Process Description	RESPONSIBLE PERSON	Relevant Artisan	Quality Control	Date	Comments.
g	Assemble & tack weld the partially assembled arch centre section (Its. 6, 9, 12, 13 & 18) onto the welded arch transition & inner middle sections (Its. 7, 20, 8 & 21) as well as Its. 4 & 5 - arch front 01 & 02; Its. 10 & 11 - arch rear 01 & 02; & lt. 19 - temp brace on a flat & lever work table according to drawing - check fit-up & dimensions	Shift Supervisor / Boilermakers				
h	Assemble & tack weld Its. 14, 15, 16, 17 & 22 - arch support beams, according to drawing - check fit-up and dimensions.	Shift Supervisor / Boilermakers				
i	Pre-heat & record all pre-heat & interpass temps	Shift Supervisor / Welders				
j	Weld the assembled arch 01 assembly complete according to drawing - rotate the arch assembly as required.	Shift Supervisor / Welders				
k	Clean / fettle / blend grind all internal arch welds as specified	Shift Supervisor / Grinder				
l	NDT inspect all internal welds after fettling	Certified NDT Technician	HOLD	W		
m	Assemble & tack weld Its. 2 & 3 - arch doubler 01 & 2 onto the arch assembly as well as lt. 1 - arch backing bar 01 according to drawing - check fit-up & dimensions.	Shift Supervisor / Boilermakers				
n	Pre-heat & record all pre-heat & interpass temps	Shift Supervisor / Boilermakers				
o	Weld the assembled arch 01 assembly complete according to drawing - rotate the arch assembly as required.	Shift Supervisor / Welders				
p	NDT inspect all internal & external welds after fettling	Certified NDT Technician	HOLD	W		

Figura 4.13 Quality Control Program, Arch Assembly

En la primera columna se puede ver las instrucciones a seguir para realizar los ensambles, que no siempre coinciden con los vistos previamente en los Assembly Drawings, en dichas instrucciones se ve cómo las piezas o partes a utilizar se

encuentra referenciadas por números de “Item”, que puede relacionar en los planos de los ensambles por el nombre de la pieza.

En la segunda columna, se observa qué trabajador será el responsable de dicha tarea, así como si es requerido traer a algún proveedor externo para realizar alguna prueba de calidad en las soldaduras elaboradas y, de ser necesario, se necesitará esperar hasta la aprobación de dicha persona para poder continuar con las próximas indicaciones. Esto se localiza en la tercera columna como una indicación de “HOLD” en letras rojas, señalando la importancia de que se realice esta tarea. Además, se encontrarán otras columnas donde será necesario poner la firma del supervisor, las fechas de realización de la tarea y comentarios adicionales.

Otros documentos de importancia son los de especificaciones de soldadura (Figura 4.14), en ellos se encuentra información importante como qué tipo de soldadura utilizar y que grosor deberá tener (1), además de mencionar los precalentados dependiendo

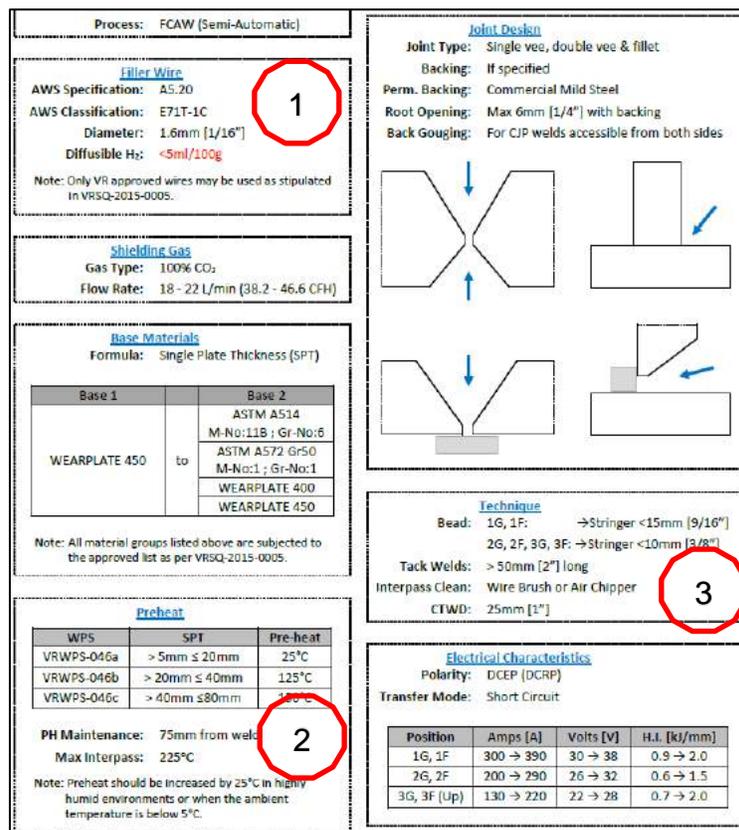


Figura 4.14 Procedimiento de soldadura (Welding Procedure)

del grosor y tipo de placa a soldar (2), así como la técnica sugerida para realizar los cordones de soldadura y prevenir errores en la misma (3).

Al terminar el análisis de las documentaciones se pudieron identificar algunos atributos clave que deben ser tomados en cuenta para una producción correcta y sin retrabajos, que serán presentados en la tabla 4.1, divididos dependiendo de en qué documento o procedimiento son localizables.

Documento o procedimiento	Puntos clave
Part Drawing	Biseles
Assembly Drawings	Preheat, Grinding, Separación entre placas
Quality Control Program	Responsables, Controles de Calidad
Welding Procedure	Tipo de Soldadura, Preheat, Técnica de soldadura

Tabla 4.1 Puntos clave en procedimientos

Ahora, se iniciará con la identificación de aquellos ensambles o subensambles que se encuentren generando mayor cantidad de retrabajos o indicaciones en reportes de pruebas no destructivas, realizadas por una empresa externa a cada una de las soldaduras realizadas en producción.

Los retrabajos presentados en esta investigación podrán deberse a dos tipos de causas, fisuras en soldadura o indicaciones detectadas por revisiones con ultrasonido (figura 4.15).



Figura 4.15 Indicaciones en soldadura localizadas por Ultrasonido

Para localizar los subensambles con mayor cantidad de retrabajos se realizará un análisis en dos componentes previamente fabricados por la empresa, llamados FLY-387 y FLY-403, en donde se localizará todos aquellos retrabajos que hayan sido necesarios por ultrasonido, siendo la causa de la cual se tienen registros y ubicaciones señaladas en reportes oficiales de la empresa realizadora de estas pruebas.

Empezando por el FLY-387, se analizan los reportes (anexo 1) entregados por la empresa que realiza las pruebas no destructivas de ultrasonido (figura 4.16). Dicho reporte se presenta dividido por las fechas de revisión en las que se realizó dicha inspección.



Figura 4.16 Indicación localizada por prueba no destructiva

Al realizar el análisis de los reportes se pudieron identificar los datos mostrados en la tabla 4.2:

Indicaciones en Subensamble													
Reportes UT	ARCH 1	ARCH 2	BUCKET 1	BUCKET 2	BUCKET 3	BUCKET 4	LIP 1	LIP 2	REAR	SIDE 1	SIDE 2	TRUN 1	TRUN 2
05-ene-19	6	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
10-ene-19	5	2	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0
31-ene-19	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	4	2
01-feb-19	0	0	0	1	0	0	3	0	0	2	0	0	0
06-feb-19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	4	0	0
08-feb-19	0	2	0	0	0	0	0	0	0	2	2	0	0
TOTAL	11	4	0	2	0	0	3	0	1	8	6	4	2

Tabla 4.2 Indicaciones detectadas por subensamble en FLY-387

En la tabla se presentan todos los subensambles con los que cuenta una DB, siendo un total de trece para ser completada. Por medio de estos datos se puede ver que en el subensamble “Arch 1” fue en el que se localizó mayor cantidad de indicaciones, un total de once, seguido del “Side 1” con ocho.

Al realizar el análisis de las detecciones por UT en el FLY-403 se arrojaron los datos de la tabla 4.3:

Indicaciones en Subensamble													
Reportes UT	ARCH 1	ARCH 2	BUCKET 1	BUCKET 2	BUCKET 3	BUCKET 4	LIP 1	LIP 2	REAR	SIDE 1	SIDE 2	TRUN 1	TRUN 2
16-oct-18	2	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0
22-oct-18	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23-oct-18	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13-nov-18	4	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
27-nov-18	0	0	0	0	3	1	0	2	4	0	0	0	0
30-nov-18	0	0	0	0	2	3	0	0	0	2	0	0	0
05-dic-18	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0
Totales	6	0	10	0	5	4	2	4	4	3	0	0	0

Tabla 4.3 Indicaciones detectadas por subensamble en FLY-403

En estos datos se puede ver que el subensamble con mayor cantidad de indicaciones es el “Bucket 1”, seguido del “Arch 1” con seis detecciones.

Al contar con estos datos se pasó a realizar una comparación entre ambas DB, de esta manera se podrá identificar cuáles son los subensambles que han causado mayores dificultades a los soldadores de la empresa. Para ello, se presenta una gráfica (figura 4.17) con las fallas detectadas por ultrasonido en las DB FLY-387 y FLY-403.

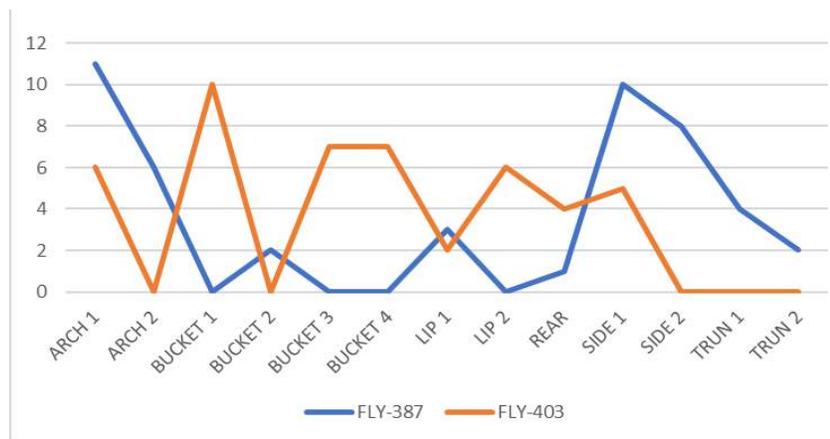


Figura 4.17 comparación entre FLY-387 y FLY-403 de las indicaciones detectadas por subensamble

De la figura anterior se obtiene el dato de que en ambas se tuvo el mismo total de detecciones de fallas con un total de cuarenta y siete encontradas, como se muestra en la tabla 4.4.

DB	ARCH 1	ARCH 2	BUCKET 1	BUCKET 2	BUCKET 3	BUCKET 4	LIP 1	LIP 2	REAR	SIDE 1	SIDE 2	TRUN 1	TRUN 2	TOTAL
FLY-387	11	6	0	2	0	0	3	0	1	10	8	4	2	47
FLY-403	6	0	10	0	7	7	2	6	4	5	0	0	0	47
TOTAL	17	6	10	2	7	7	5	6	5	15	8	4	2	94

Tabla 4.4 Indicaciones detectadas por UT y sus totales en FLY-387 y FLY-403

Al identificar que, uno de los subensambles con una mayor frecuencia en indicaciones es “Arch 1”, manteniéndose en uno de los más altos en indicaciones en ambas DB. Posteriormente se pudiera poner al “Side 1”, siendo identificado en ambos de los proyectos con varias indicaciones.

Se analiza la cantidad de piezas por subensamblado (figura 4.18) pudiendo ver que el que cuenta con más cantidad es el “Bucket 2”, seguido del “Bucket 4” y posteriormente el “Arch 1”. El subensamblado “Arch 1” se detectó como uno de los subensambles con

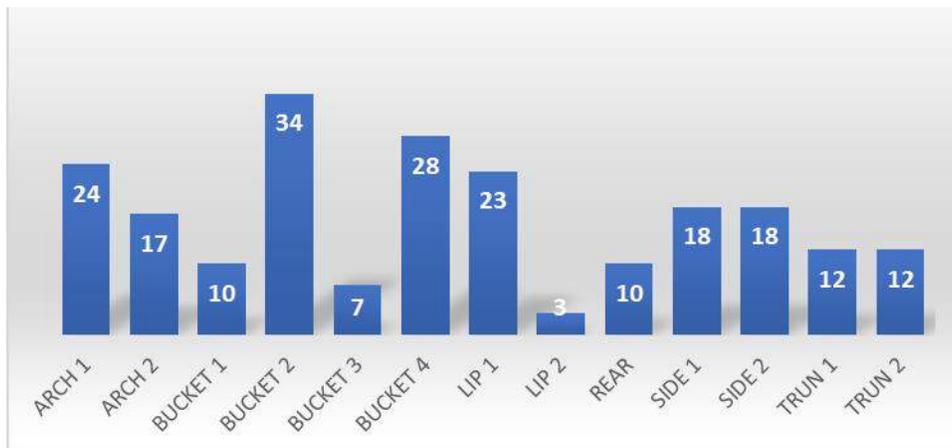


Figura 4.18 Cantidad de Piezas por Subensamblado

más cantidad de fallas, pudiendo ser su cantidad de piezas una de las causas, ya que conlleva una mayor cantidad de soldadura.

Al realizar este análisis se determinó que las áreas de oportunidad para mejorar en la producción se concentran en los subensambles “Arch 1” y “Side 1”, debido a su cantidad de fallas detectadas y por ser recurrentes en ambos proyectos.

4.1.2 Etapa de buenas prácticas identificadas

Una vez analizados los procedimientos con los que cuenta la empresa se pasará a encontrar buenas prácticas que se están realizando dentro del área productiva, para ello se realizará una encuesta (tabla 4.5) a los trabajadores para identificar aquellas que ellos consideran son las más importantes y, en que beneficia su utilización.

Nombre	
Puesto	
Antigüedad en la empresa	
Experiencia en el área	
Preguntas:	
1	¿Considera que se cuenta con un manual óptimo para su utilización en piso?
2	¿Qué problema puede decir que hay en los manuales o procedimientos actuales?
3	¿Qué prácticas o actividades no indicadas en los manuales considera puede ser agregada?
4	¿Cuál consideras es el retrabajo mas común y a que se debe?

Tabla 4.5 Encuesta a operadores

Esta encuesta fue entregada a diez soldadores y tres ayudantes (Tabla 4.6), teniendo al soldador de más experiencia, con dieciocho años en el ámbito, y un ayudante con veinticuatro años de experiencia. Las preguntas se encuentran enfocadas a localizar las prácticas que ellos consideran más importantes dentro del área productiva, enlistarlas y revisarlas con los ingenieros especialistas del área (Tabla 4.7).

NOMBRE	PUESTO	ANTIGÜEDAD (AÑOS)	EXPERIENCIA (AÑOS)
VICTORINO B	SOLDADOR	1	18
ARMANDO S	SOLDADOR	2	14
SERGIO A	SOLDADOR	2	13
MIGUEL P	SOLDADOR	2	9
MOISES G	SOLDADOR	1	7
LUIS P	SOLDADOR	2	6
DANIEL F	SOLDADOR	1	5
ANIBAL P	SOLDADOR	1	4
URIEL P	SOLDADOR	1	3
JESUS S	SOLDADOR	1	3
JUAN R	AYUDANTE	2	24
SANTIAGO G	AYUDANTE	1	5
FRANCISCO P	AYUDANTE	1	2

Tabla 4.6 Información operadores

No. Pregunta	Respuestas	Cantidad
1	NO	12
	Masomenos	1
2	Muchos manuales	6
	Información innecesaria	5
	Dificiles de entender	3
	Información repetida	2
3	Puentes/Candados	7
	Longitud de cordones de soldadura al armar	1
	Guías para ensambles grandes	1
	Agarres para movimiento de ensambles	1
	Limpieza correcta	1
	Un solo precalentado por area soldada	1
4	Fisuras	8
	Indicaciones en UT	5

Tabla 4.7 Respuestas de encuestas realizadas

En las preguntas realizadas se puede ver cómo el personal operativo no se encuentra conforme o cómodo con los manuales o procedimientos de producción con los que

actualmente cuenta la empresa, reafirmando la necesidad de crear algún apoyo para los procesos, que sea realmente utilizable por los operadores. Además, se puede ver cuáles son las causas más comunes según su punto de vista, que ocasionan retrabajos en las soldaduras.

Por otra parte, se identificaron seis prácticas, que consideran deberían ser incluidas en los manuales de procesos, presentando una de ellas mayor frecuencia entre los encuestados, refiriéndose a colocar dónde es necesario puentes/candados para evitar la torsión por soldadura o por peso de los componentes.

4.1.3 Etapa de revisión con expertos

Al tener las prácticas identificadas (Tabla 4.8) por parte del área productiva, se presentaron cada una de ellas a los ingenieros expertos para revisar cuáles de ellas en realidad son buenas prácticas y, si fuera posible, introducirlas en un manual o proceso productivo.

1	Puentes/Candados
2	Longitud de cordones de soldadura al armar
3	Guías para ensambles grandes
4	Agarres para movimiento de ensambles
5	Limpieza correcta
6	Un solo precalentado por area soldada

Tabla 4.8 Prácticas localizadas por los operadores

Al iniciar con la propuesta de las prácticas se descartaron algunas de ellas, por las causas siguientes:

- **Guías para ensamblar piezas grandes:** En este caso, se determinó que los ensambles no se podrían realizar siempre de la misma manera, porque el equipo de levantamiento (grúas y montacargas) son arrendados, pudiendo variar con el paso del tiempo y dependiendo de la disponibilidad de estos.
- **Limpieza de área soldada:** Fue descartada como una buena práctica a ser añadida a un manual, ya que esto es algo esencial para realizar en cualquier soldadura y en todas las áreas de la draga, es uno de los requisitos para su certificación que los valida como soldadores en este tipo de técnicas.

- **Un sólo precalentado por área soldada:** En este caso, se descartó debido a la dificultad de las soldaduras que se cuentan y a la gran cantidad de aporte que es necesario introducir en cada una de las áreas a soldar, haciendo que algunas requieran de más de una jornada de trabajo completa para terminarla.

Después de eliminar las prácticas que no pueden ser adoptadas por el área productiva de la empresa, por parte de los expertos se solicitó el agregar las siguientes prácticas:

- Utilización de mantas para enfriamiento lento
- Soldar las uniones de doble bisel, alternando los lados para evitar torsiones por calentamiento excesivo

4.1.4 Etapa de buenas prácticas adecuadas

Al agregar las peticiones del área de ingeniería de la empresa, se localizaron las buenas prácticas presentadas en la tabla 4.9, las cuales son descritas a continuación:

1	Puentes/Candados
2	Longitud de cordones de soldadura al armar
3	Agarres para movimiento de ensambles
4	Mantas de enfriamiento lento
5	Alternar soldadura en doble bisel

Tabla 4.9 Buenas prácticas localizadas

1. Puentes/Candados: Se refiere a las placas en forma de “C” (figura 4.19) que se colocan de manera temporal en una soldadura para sujetar ambas placas al momento de ser soldadas, las cuales ayudan a mantener los lados en posición correcta, hasta terminar la soldadura por completo, para luego ser retiradas.



Figura 4.19 Ejemplo de Candado/Puente

2. Longitud de cordones de soldadura al armar: Uno de los puntos más importantes al momento de armar un ensamble será qué tan extensos o largos se necesitan realizar los puntos o cordones de soldadura (figura 4.20), y qué tan frecuentes deben ser para asegurar una sujeción duradera y fuerte, para posteriormente realizar el precalentado de la zona y su soldadura completa.



Figura 4.20 Ejemplo de puntos o cordones de soldadura en armado

3. Agarres para movimientos de ensambles: Dichos agarres se refieren a anillos o "C" (figura 4.21) agregadas para facilitar el levantamiento de los subensambles,

los cuales se vuelven difíciles de mover o al ser geometrías complejas y de mucho peso.



Figura 4.21 Ejemplo de agarres para movimiento de ensamble

4. Mantas de enfriamiento lento: La utilización de estas mallas (figura 4.22) en algunas áreas de la soldadura apoyará a una prevención de fisuras a causa de expansión y compresión excesiva de las áreas de soldadura por causas térmicas.



Figura 4.22 Ejemplo de utilización de manta para enfriamiento lento

5. Alternar soldaduras en doble bisel: esta buena práctica es realizada para evitar que en placas que requiera una gran cantidad de soldadura por ambos lados, y se sufra torsión hacia alguno de ellos, debido al gran calentamiento al que se encuentra expuesta la zona soldada. Para evitar dicha torsión, se recomienda realizar un cuarto del total de la soldadura de un lado y, pasar a hacer luego, un cuarto del lado posterior, así consecutivamente hasta concluir la soldadura.

4.2 Fase 2: Diseño e implementación

En la siguiente fase se dará un seguimiento a las acciones o decisiones tomadas para la realización del manual que se realizará como mejora para el área productiva de la empresa.

4.2.1 Etapa de diseño o rediseño de procedimiento

La propuesta de procedimiento es un manual, paso a paso, del armado y soldadura de los subensambles previamente seleccionados, a los cuales se les agregarán las buenas prácticas y los atributos claves localizados en los procedimientos actuales de la empresa.

Para iniciar esta etapa, será importante realizar la presentación de qué será el manual y cuál es su enfoque, para ello se elaborará una propuesta de introducción mostrada en la figura 4.23. En dicha propuesta se mencionan algunas de las buenas prácticas que se implementarán en el desarrollo del documento y en cada uno de los pasos.

INTRODUCCIÓN

La fabricación de cualquier estructura soldada grande requiere mucha planificación, preparación, experiencia en fabricación y buena mano de obra para entregar un producto de alta calidad al usuario final. Este documento sirve como una buena referencia sobre las mejores prácticas que se han adoptado para garantizar que se logre lo siguiente:

- Muestra de manera visual el diseño de ingeniería.
- Reduce la distorsión o calentamientos excesivos en áreas soldadas, preparando de manera adecuada y estratégica ciertos conjuntos en posiciones clave.
- Utilización de puentes o candados en las posiciones clave para garantizar que los subconjuntos principales interactúen sin problemas entre sí.
- Reducción de la etapa de aprendizaje y reducción de retrabajos.
- Este documento no es exhaustivo al detallar cada paso a seguir. No pretende reemplazar las documentaciones utilizadas previamente, para mayores especificaciones consultar al área de ingeniería.

Este documento está dividido en dos secciones principales. En primer lugar, una sección general que explica algunas de las nomenclaturas generales relacionadas con los dibujos. En segundo lugar, una sección de procedimientos de construcción que proporcionará instrucciones específicas sobre el orden de montaje y las mejores prácticas relacionadas con cada ensamble en particular.

Figura 4.23 Introducción propuesta para manual

El primero a realizar será el Subensamble “Arch 1”, este cuenta con veinticuatro piezas mostradas en la tabla 4.10. Para su seguimiento de armado se utilizará el orden

No	NOMBRE	CODIGO	CANTIDAD
1	ARCH BACKING BAR 01	TB-026-001-A0041-A	2
2	ARCH DOUBLER 01	TB-026-001-A0005-A	1
3	ARCH DOUBLER 02	TB-026-001-A0006-A	1
4	ARCH FRONT 01	TB-026-001-A0007-A	1
5	ARCH FRONT 02	TB-026-001-A0008-A	1
6	ARCH FRONT MID	TB-026-001-A0009-A	1
7	ARCH INNER 01	TB-026-001-A0001-A	1
8	ARCH INNER 02	TB-026-001-A0002-A	1
9	ARCH INNER MID	TB-026-001-A0003-A	1
10	ARCH REAR 01	TB-026-001-A0013-A	1
11	ARCH REAR 02	TB-026-001-A0014-A	1
12	ARCH REAR MID	TB-026-001-A0011-A	1
13	ARCH STIFFENER BRACE	TB-026-001-A0015-A	1
14	ARCH SUPPORT 01	TB-026-001-Y0005-A	1
15	ARCH SUPPORT 02	TB-026-001-Y0006-A	1
16	ARCH SUPPORT 03	TB-026-001-Y0007-A	1
17	ARCH SUPPORT 04	TB-026-001-Y0008-A	1
18	ARCH TEMP BRACE	TB-026-001-Y0001-A	2
19	ARCH TEMP BRACE	TB-026-001-Y0003-A	2
20	ARCH TRANSITION 01	TB-026-001-A0029-B	1
21	ARCH TRANSITION 02	TB-026-001-A0030-B	1
22	STANDARD SUPPORT 3.5M	LL-000-001-YA013-A	2

Tabla 4.10 Piezas que conforman Arch Assembly 1

indicado por el Quality Control Program.

El proceso establecido en la producción se centra en las indicaciones mostradas en el QCP, que muestra la información de la tabla 4.11, en donde sólo se puede encontrar información por escrito haciendo muy poco práctica su utilización. Basándonos en dicho documento, se iniciará el nuevo manual para producción.

TB-031-001-AA001 (ASM ARCH 01)		RESPONSIBLE PERSON	TB-031-001-AA001 (ASM ARCH 01)		RESPONSIBLE PERSON
a	Receive all cut piece parts as per BOM	Shift Supervisor	h	Assemble & tack weld Its. 14, 15, 16, 17 & 22 - arch support beams, according to drawing - check fit-up and dimensions.	Shift Supervisor / Boilermakers
b	Assemble & tack weld Its. 8 - arch inner 01 to It. 20 - arch transition 01 & It. 8 - arch inner 02 to It. 21 - arch transition 02 together according to drawing - check fit-up & dimensions. (Fit strong backs)	Shift Supervisor / Boilermakers	i	Pre-heat & record all pre-heat & interpass temps	Shift Supervisor / Welders
c	Assemble & tack weld It. 6 - arch front middle; It. 12 - arch rear middle; It. 13 - arch stiffener brace & It. 18 - arch temp brace onto It. 9 - arch inner middle according to drawing on a flat & level table - check fit-up & dimensions.	Shift Supervisor / Boilermakers	j	Weld the assembled arch 01 assembly complete according to drawing - rotate the arch assembly as required.	Shift Supervisor / Welders
d	Pre-heat & record all pre-heat & interpass temps	Shift Supervisor / Welders	k	Clean / fettle / blend grind all internal arch welds as specified	Shift Supervisor / Grinder
e	Weld assembled arch transitions onto arch inner plates & partiality assembled arch centre section complete according to drawing - rotate the arch assemblies as required.	Shift Supervisor / Welders	l	NDT inspect all internal welds after fettling	Certified NDT Technician
f	Clean / fettle / grind all welds as specified	Shift Supervisor / Grinder	m	Assemble & tack weld Its. 2 & 3 - arch doubler 01 & 2 onto the arch assembly as well as It. 1 - arch backing bar 01 according to drawing - check fit-up & dimensions.	Shift Supervisor / Boilermakers
g	Assemble & tack weld the partially assembled arch centre section (Its. 6, 9, 12, 13 & 18) onto the welded arch transition & inner middle sections (Its. 7, 20, 8 & 21) as well as Its. 4 & 5 - arch front 01 & 02; Its. 10 & 11 - arch rear 01 & 02; & It. 19 - temp brace on a flat & lever work table according to drawing - check fit-up & dimensions	Shift Supervisor / Boilermakers	n	Pre-heat & record all pre-heat & interpass temps	Shift Supervisor / Boilermakers
			o	Weld the assembled arch 01 assembly complete according to drawing - rotate the arch assembly as required.	Shift Supervisor / Welders
			p	NDT inspect all internal & external welds after fettling	Certified NDT Technician

Tabla 4.11 Quality Control Program de Arch Assembly 1

El apoyo principal con el cual se cuenta para el desarrollo de este manual son los dibujos en CAD (figura 4.24), que serán de gran utilidad para mostrar el paso a paso de la producción, realizando de esta manera, una forma más práctica y con menor posibilidad de errores para el área que lo utilizará.

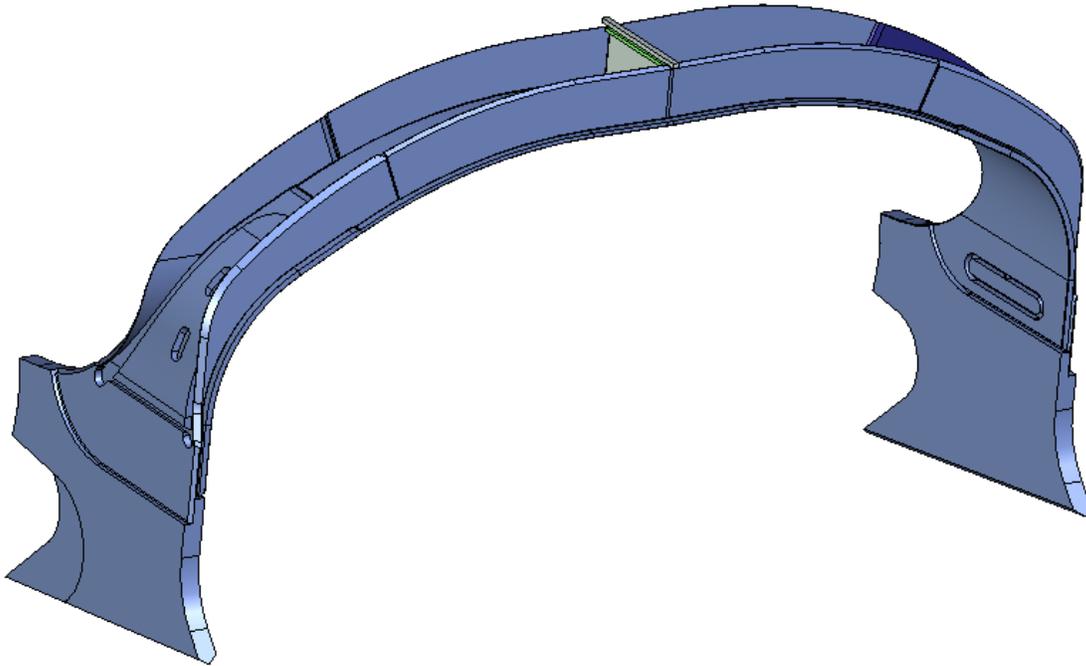


Figura 4.24 CAD de Arch Assembly 1

Para la elaboración de este documento será necesario considerar las buenas prácticas localizadas en la etapa 3.1.4 (Etapa de buenas prácticas adecuadas), mencionadas a continuación:

- Puentes/Candados
- Longitud de cordones de soldadura al armar.
- Agarres para movimientos de ensambles
- Mantas de enfriamiento lento
- Alternar soldaduras en doble bisel

Cada una de ellas se manejará de manera tentativa para, después, ser revisada con los especialistas y que la información colocada sea la correcta.

La primera etapa del QCP menciona que se necesita ensamblar y unir el “Arch Inner 01” (Figura 4.25) con el “Arch Transition 01” (Figura 4.26) y, a su vez, el “Arch Inner 02” (Figura 4.25) con el “Arch Transition 02” (Figura 4.26).

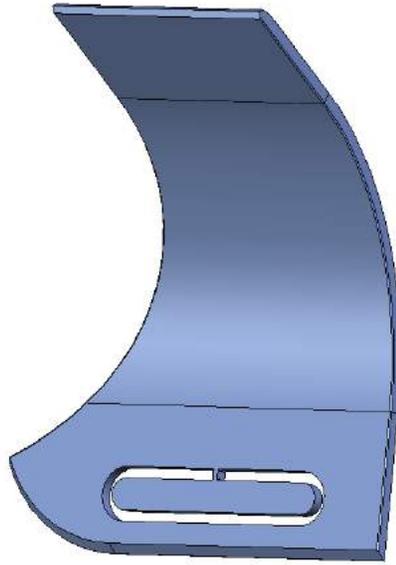


Figura 4.25 Arch Inner 01 y 02

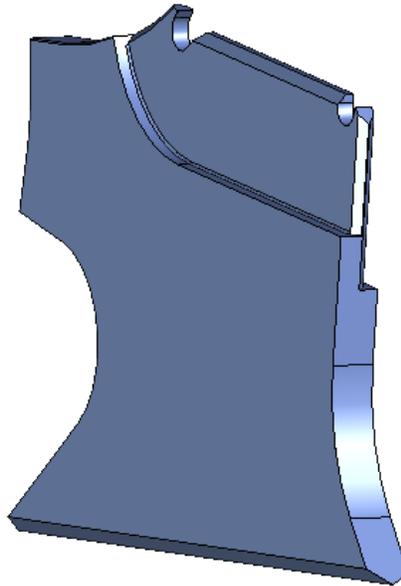


Figura 4.26 Arch Transition 01 y 02

Para su unión se requiere hacer uso correcto de una de las buenas prácticas localizadas “Longitud de cordones de soldadura al armar”, lo cual será representado como se muestra en la Figura 4.27. Para realizar este proceso se colocarán indicaciones en rojo de las zonas en las que hay que colocarlos, y su longitud (será definida más adelante con apoyo de los ingenieros especialistas del área).

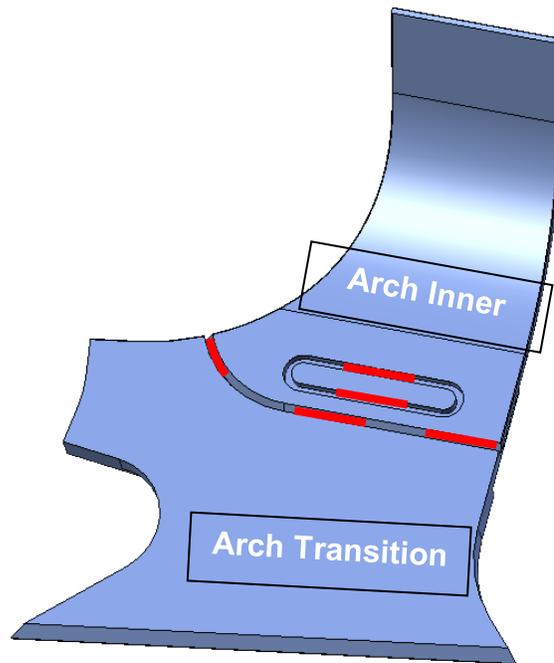


Figura 4.28 Buena práctica de longitud de cordones.

Posteriormente, será necesario agregar otra de las buenas prácticas antes de continuar con el soldado completo de las partes mencionadas, ésta es la colocación de puentes o candados que serán colocados como se muestra en la Figura 4.28.

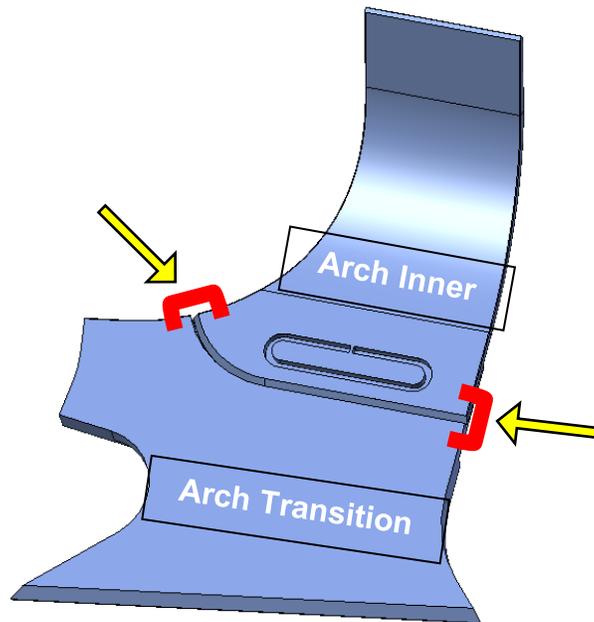


Figura 4.27 Buena práctica de colocación de candados.

Una de las prácticas más importantes para conseguir un correcto ensamble es la de alternar soldaduras en doble bisel o, en casos especiales como el presentado en la figura 4.29, será necesario alternar entre los puntos o áreas de soldado “1” y “2” cada vez que se consiga llenar aproximadamente un cuarto de cada una de ellas para, de esta forma, mantener el ensamble en la posición correcta evitando torsiones o dobladuras por calor excesivo en la zona.

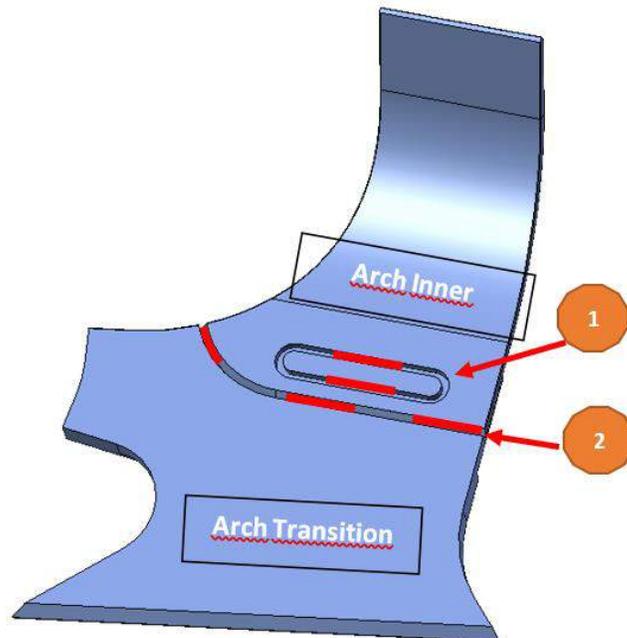


Figura 4.29 Buena práctica de alternar áreas de soldado

Este mismo caso, podrá ser observado en varias ocasiones en el ensamble “Side 01” (Figura 4.30), que se verá seriamente afectado en caso de no ser cuidadosamente soldado aplicando esta práctica, ya que es el ensamble más largo, teniendo mayor posibilidad de sufrir desviaciones o torciones en las áreas soldadas.

Como se muestra en la figura 4.30, cada una de las piezas que conforman el ensamble son de diferente color, teniendo una longitud del punto inicial de la primera pieza al extremo más lejano de aproximadamente 5.5 metros, lo cual, al tener una desviación de tan solo 1°, dificulta su posterior ensamble al armado final. Por lo que será de vital importancia, aplicar todos los puntos previos vistos en las buenas prácticas.

Una soldadura en la que sea necesaria la utilización de esta buena práctica será indicada en el paso a paso, para evitar ser omitida en producción, evitando fallas y posibles retrabajos en la zona.

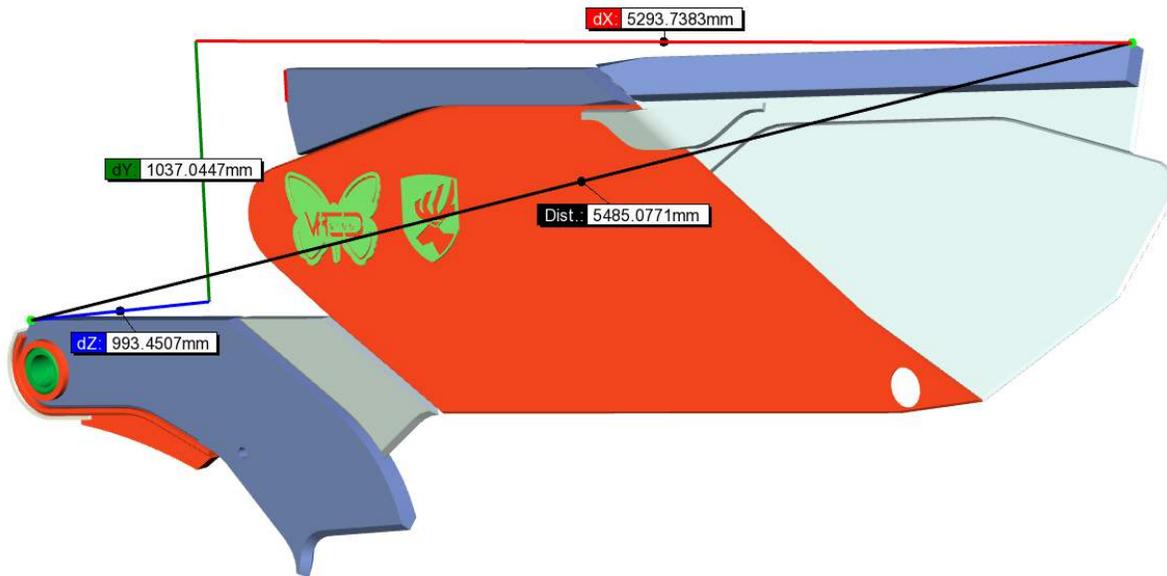


Figura 4.30 Ensamble Side 01 con medidas

En el caso del ensamblaje “Side 01”, la soldadura que será de vital importancia tener en consideración para dicha práctica será la mostrada en la figura 4.30, que al igual que en el “Arch 01” deberá ser girada tanto como sea necesario del lado “A” (figura 2.31) al lado “B” (Figura 4.32) para completar la soldadura aumentando un cuarto de su totalidad por lado.

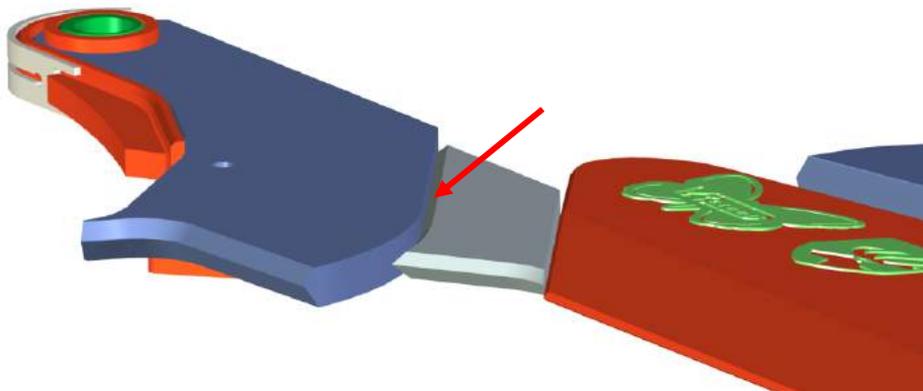


Figura 4.31 Ejemplo de buena práctica de alternar soldaduras en doble bisel (Lado A)

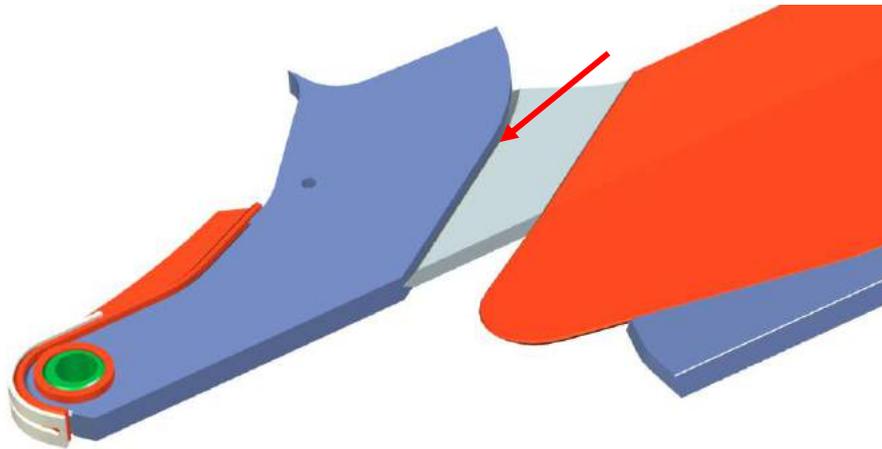


Figura 4.29 Ejemplo de buena práctica de alternar soldaduras en doble bisel (Lado B)

Lo siguiente en el paso a paso de este ensamble, serán los agarres para movimiento de ensambles, que deberán ser puestos de la manera más precisa posible para lograr un buen balance al levantar las piezas y tener que realizar maniobras con ellas, ya que el ensamble que se está analizando cuenta con un peso total de 3.3 toneladas, siendo muy peligroso el realizar maniobras. Al contar con el ensamble completo se

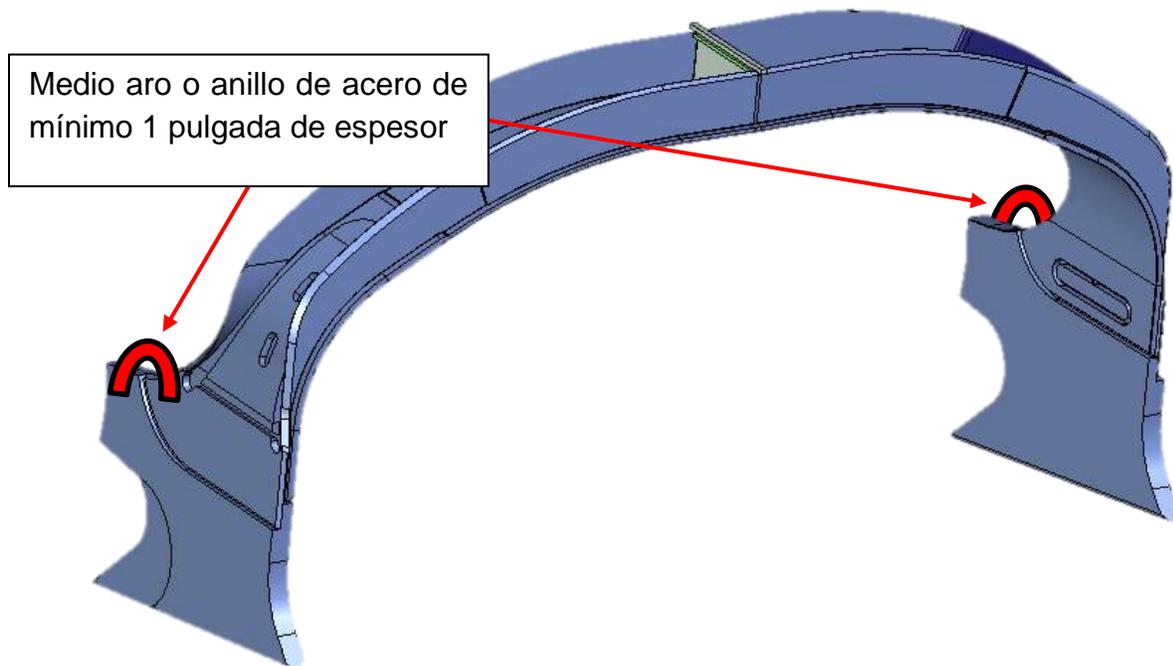


Figura 4.30 Buena práctica de agarres para movimiento de ensambles

recomendará la zona donde se colocará dicho agarre como se observa en la figura 4.33.

Para ver a mayor detalle el seguimiento de dicho ensamble y cómo será propuesto para la validación con los expertos se podrá consultar el anexo 7.3 Dicho documento será puesto en consideración con los expertos de la empresa en la siguiente etapa, para llegar a un manual adecuado que se utilice en producción donde no se omitan detalles importantes que pudieran causar algún tipo de falla.

En el caso de la buena práctica de la utilización de mantas, éstas serán indicadas por medio de una nota en cada uno de los ensambles, ya que no es necesario ser utilizado en todas las soldaduras. Para la colocación o asignación de las áreas que requieren enfriamiento lento se realizará la consulta en la siguiente etapa, para de esta manera agregarlo a la documentación que será entregada.

4.2.2 Etapa de Validación con expertos

En esta etapa, se presentó la propuesta de manual a los expertos del área de armado y soldadura, que incluye las buenas prácticas identificadas en la etapa 4.1.4.

Al presentar el manual, lo primero que se solicitó por parte del equipo de la empresa fue agregar algunos detalles no considerados previamente, presentados a continuación:

- Precaentados

Cada una de las áreas a soldar cuentan con su referencia en el plano de ensamblaje como se muestra en la figura 4.35. El precaentado destinado de cada área depende de varios aspectos determinados por tipo de material y espesor de placa, esto se puede ver en los manuales de Welding Process Specifications mostrado en la figura 4.31. Estos se pondrán en cada paso del manual, en los que sea necesario realizar un precaentado.

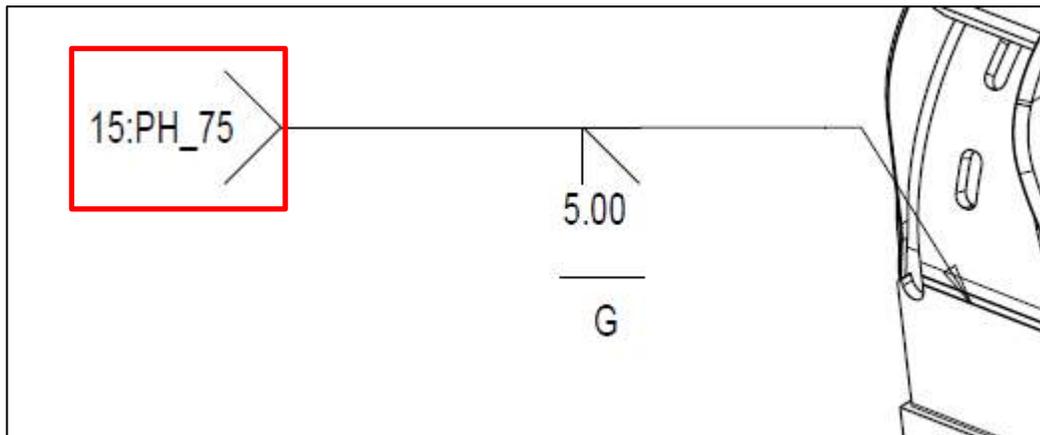


Figura 4.31 Muestra de precalentado en planos

Como se aprecia en la Figura 4.32, en este caso en específico el precalentado o PreHeat (PH) es de 75° centígrados donde debe presentar ambas placas a una distancia de 75 mm alrededor de la zona a soldar, dicho precalentado es realizado con sopletes de gas LP.

<u>Preheat</u>		
WPS	SPT	Pre-heat
VRWPS-046a	> 5mm ≤ 20mm	25°C
VRWPS-046b	> 20mm ≤ 40mm	125°C
VRWPS-046c	> 40mm ≤ 80mm	150°C

PH Maintenance: 75mm from weld

Max Interpass: 225°C

Note: Preheat should be increased by 25°C in highly humid environments or when the ambient temperature is below 5°C.

Figura 4.32 Ejemplo de indicaciones de preheat en Welding Process Especification

En las especificaciones de precalentado pudimos observar otro detalle que indica que la temperatura alcanzada puede ser excedida por 25° centígrados adicionales en casos de alta humedad en el ambiente o temperaturas menores a 5°.

- Separación entre piezas de ensamble

Esta separación es requerida en los planos de ensamble, donde se apoya un soldado con mayor penetración, obligando al soldador a realizar una fusión completa de la soldadura. Esta separación está indicada como se muestra en la figura 4.33, y será agregada sólo en los casos que sea mayor a 2.0 mm, ya que éste se considera como un estándar en la fabricación para obtener una soldadura correcta.

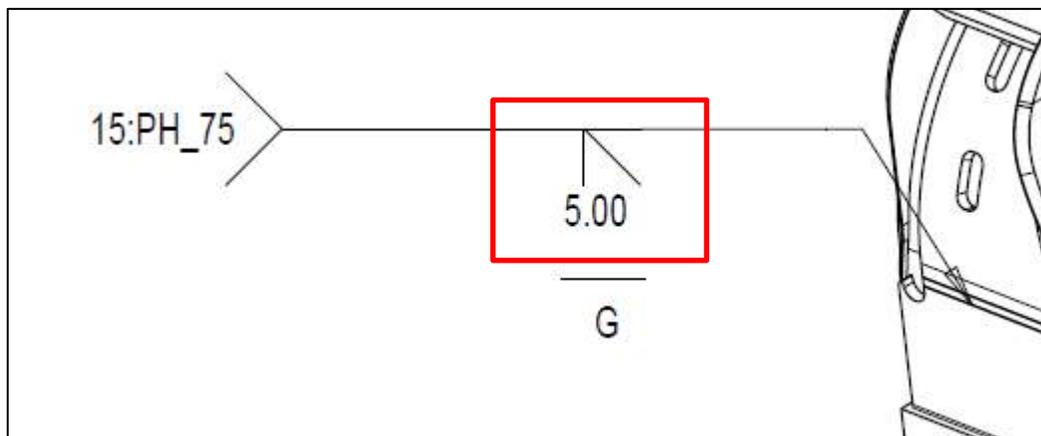


Figura 4.33 Ejemplo de separación entre placas a soldar

En el ejemplo, se puede observar en el recuadro rojo que la distancia de separación es distinta a la estándar, siendo requerida una separación de 5 mm para poder asegurar una fusión correcta de la soldadura.

Como se mencionó en la etapa anterior, otra práctica indispensable para poder tomar la decisión de cómo colocarlo en el manual es la que se refiere a la longitud de los cordones de soldadura en la etapa de armado, con el fin de lograr una correcta sujeción de las piezas, sin que, posteriormente puedan romperse a causa de tensiones en el

material, vibraciones, calentamientos o golpes en las piezas. Dicha medida que se pidió fuera documentada se indica a continuación:

- 3 pulgadas de cordón de soldadura por 5 pulgadas sin soldadura.

Dichas medidas son con base en la experiencia de los ingenieros del área, por lo que, en caso de presentar problemas en situaciones posteriores a la utilización del manual, no será responsabilidad del manual y podrá ser modificado para una mejor operación.

Estos cambios podrán ser observados en el anexo 7.4, documento para utilizar en la siguiente etapa, proceso que será de varias semanas para su conclusión en el área de producción de la empresa.

4.2.3 Etapa de implementación

Esta etapa se estableció entregando el manual de las partes detectadas como área de oportunidad, para generar su utilización por parte del área de producción de la empresa. Debido a los largos tiempos de fabricación previamente mencionados sólo será posible realizar la implementación en un número de parte a fabricar.

La implementación consistirá en llevar a cabo los subensambles previamente localizados Arch 01 y Side 01, verificando que se esté haciendo un uso correcto del seguimiento del manual, tanto en instrucciones de armado como en las buenas prácticas detectadas.

Se inició con una reunión por videollamada con el ingeniero encargado del área productiva y el gerente de ingeniería, donde se presentó el manual con los cambios solicitados en la revisión previa, acordando algunos puntos necesarios para una implementación sin la realización de una capacitación presencial para los operadores, por la limitante impuesta por la Secretaria de Salud debió a la contingencia sanitaria COVID-19:

- Capacitación de operadores (soldadores y ayudantes a participar en dicho proyecto) impartida por el ingeniero del área productiva.
- Seguimiento con fotografía de la utilización de las buenas prácticas.

- Realizar revisiones de los subensambles con ultrasonido y bajo los mismos criterios de los proyectos previos.
- Sólo se llevará el proyecto por los soldadores acordados para cada subensamble.
- Realizar entrega de los reportes de ultrasonido para realizar revisión de resultados obtenidos.
- Ambas partes se comprometieron a dar el mayor soporte posible sin necesidad de realizar visitas a planta.

Dicho manual fue presentado como se encuentra en el Anexo 7.4, por solicitud de la empresa productora sólo se presentará una parte de dicho manual, tratando de respetar la propiedad intelectual de la empresa.

El proceso de armado de los subensambles dio inició el 7 de julio del 2020, cada uno de los ensambles fue asignado a uno de los trabajadores de más experiencia, Armando en Arch 01 y Sergio en Side 01. Se conversó con ambos trabajadores, explicándoles el manual y cómo debían utilizarlo como una referencia de apoyo para realizar las soldaduras, el orden a seguir y la utilización de las buenas prácticas localizadas.

Por causas externas a la empresa, no se permitió el estar visitando a la empresa para dar seguimiento de la aplicación del manual para la fabricación de las partes, por lo que se solicitó a la empresa una entrega de los resultados de los estudios metalográficos realizados en cada una de las soldaduras de los subensambles, así como la duración en su fabricación.

En el momento de fabricación se hicieron llegar algunas fotografías, en las cuales se podía apreciar la utilización de las buenas prácticas mencionadas en el manual (figura 4.34 y 4.35), encontrando un detalle importante que se comentó al ingeniero, que los mismos soportes utilizados como candados para unión de piezas eran utilizados para movimiento de los ensambles, por lo que pudiera ser una mala interpretación de las prácticas localizadas, ya que esto podrá generar tensiones en las soldaduras aún no terminadas.



Figura 4.34 Fotografía de utilización errónea de candados.



Figura 4.35 Fotografía de utilización errónea de candados 2.

Otra práctica detectada en las fotografías facilitadas por la empresa, se pudo observar la realización de soldaduras alternadas en doble bisel (figura 4.36), evitando de esta manera deformaciones o calentamientos excesivos en la parte a soldar. Se apreció en uno de los ensambles en los cuales no se está realizando el estudio, pero sirve como referencia de que es algo que se está llevando a cabo.

Las otras buenas prácticas no pudieron ser verificadas por fotografía, pero según lo acordado con el ingeniero responsable en planta, supervisó la utilización de ellas. La confianza con la empresa y su personal responsable en la aplicación y observación del manual es un factor determinante para poder validar los resultados obtenidos y esperados.



Figura 4.36 Fotografía de alternado de soldaduras en doble bisel

4.2.4 Etapa de validación de resultados

Luego de 6 semanas de fabricación de los números de parte, se realizó entrega de los resultados metalográficos Anexo 7.5 (figura 4.37), así como imágenes del transcurso del proyecto Anexo 7.6 (figura 4.38).

Según los resultados entregados por el laboratorio de ultrasonido, podemos ver una gran mejoría en ambos casos, para el ensamble de Arch 01 se puede ver que no se encontró ninguna indicación o falla en las soldaduras y, para el Side 01, sólo se localizaron 3 indicaciones mencionadas como Class “A” en el reporte anterior.

IDENTIFICATION		DEFECT No.	TRANSDUCER ANGLE	DECIBELS O AMPLITUD				LENGTH IN INCHES		DISTANCE OF SOUNDING IN INCHES		FACE THICKNESS		DISTANCE IN INCHES		OBSERVATIONS
				DEFECTIVE LEVEL	REFERENCE LEVEL	ATTENUATION FACTOR	DEPTH LEVEL	LENGTH	DEPTH	FACE	BACK	X	Y			
COMPLETE PENETRATION JOINTS																
UT1702-01		70		51.6				2.78	1.00						A	WITHOUT IND.
OBSERVATIONS:																
The indications and the rejected pieces were marked and all the faults were repaired.																
CLAVE DEL DEFECTO																
FP Falta de Penetración RG Reflector Grande LE Línea de Escoria RP Reflector Pequeño PE Penetración Excesiva RM Reflector Menor RE Inclusiones de Escoria R Rotura PE Porsidad FF Falta de Fijación																
INSPECTOR	Site and signature received by the client															

IDENTIFICATION		DEFECT No.	TRANSDUCER ANGLE	DECIBELS O AMPLITUD				LENGTH IN INCHES		DISTANCE OF SOUNDING IN INCHES		FACE THICKNESS		DISTANCE IN INCHES		OBSERVATIONS
				DEFECTIVE LEVEL	REFERENCE LEVEL	ATTENUATION FACTOR	DEPTH LEVEL	LENGTH	DEPTH	FACE	BACK	X	Y			
COMPLETE PENETRATION JOINTS																
UT0703-01		1	80	51.2	71.9	59.9	9.49	2.50	0.92	2.00					A	ACCEPTABLE
UT0703-02		1	80	51.2	69.3	59.9	9.16	0.23	0.92	2.00					R	CLASS "A"
UT0703-03		1	80	51.2	70.3	59.9	8.88	1.71	0.92	2.00					R	CLASS "A"
UT0703-04		1	70	51.1	73.9	62.2	1.92	11.7	4.11	750					A	ACCEPTABLE
UT0703-05		1	70	51.1	71.3	62.2	4.86	6.53	4.11	750					A	ACCEPTABLE
UT0703-06		1	70	51.1	77.0	62.2	3.12	13.9	4.11	750					A	ACCEPTABLE
UT0703-07		1	70	51.1	67.4	62.2	0.74	4.66	4.11	750					R	CLASS "A"
UT0703-08		70		62.2					4.11	750					A	WITHOUT IND.
OBSERVATIONS:																
The indications and the rejected pieces were marked and all the faults were repaired.																
CLAVE DEL DEFECTO																
FP Falta de Penetración RG Reflector Grande LE Línea de Escoria RP Reflector Pequeño PE Penetración Excesiva RM Reflector Menor RE Inclusiones de Escoria R Rotura PE Porsidad FF Falta de Fijación																
INSPECTOR	Site and signature received by the client															

Figura 4.37 Resultados de ultrasonido en Arch 01 y Side 01



Figura 4.38 Imágenes de aplicación de buenas prácticas y desarrollo de proyecto

Por otro lado, en las imágenes entregadas del desarrollo del proyecto, podemos observar que en verdad se hizo un uso correcto de las buenas prácticas, utilizándolas para una mejoría en las habilidades productivas de la empresa, siempre en busca de un trabajo seguro y sin errores.

Al revisar el contenido del trabajo realizado se puede corroborar que sí se hizo uso adecuado de las buenas prácticas, con lo cual validamos uno de los puntos importantes de la investigación, y además se pudo observar una mejoría notable en las fallas localizadas por ultrasonido, siendo éste el indicador para cantidad de retrabajos realizados por proyecto o subensamble (tabla 4.12).

	ARCH 01	SIDE 01
FLY-387	11	10
FLY-403	6	5
Promedio previo	8.5	7.5
FLY-430	0	3

Tabla 4.12 cantidades de indicaciones encontradas por ultrasonido

Con estos resultados obtenidos se puede ver una mejoría clara en las cantidades de retrabajos realizados en los proyectos de Arch 01 y Side 01, obteniendo una mejoría del 100% y del 60% con respecto el promedio previo respectivamente.

4.2.5 Etapa de reporte a la dirección

Este reporte se realizó como parte del protocolo de terminación del proyecto en la empresa, por lo que se hizo entrega de los documentos elaborados para el área productiva de la empresa (Anexo 7.3 y 7.4).

Como principales temas salió a relucir la gran disminución en las fallas encontradas por ultrasonido, así como la importancia de estandarizar las prácticas encontradas.

Por otro lado, se les hizo saber las áreas de oportunidad encontradas y proyectos de mejora que podrían apoyar aún más a la empresa, y llevar a un mejor nivel a todos los soldadores.

5 CONCLUSIONES RECOMENDACIONES Y TRABAJOS FUTUROS

Según los objetivos planteados al inicio de la investigación, se completaron de manera satisfactoria con los resultados obtenidos en la reducción de retrabajos o indicaciones mostradas por los métodos de inspección no destructivos. Pudiendo reducir en más de un 25% como lo menciona uno de los objetivos específicos. Cumpliendo de esta manera la hipótesis generada, la cual menciona que un proceso basado en buenas prácticas ayudara a reducir los retrabajos de la empresa.

Al realizar el análisis de los documentos utilizados, se observó que se cuenta con una gran variedad de ellos y en ciertas ocasiones se contradicen en las formas o etapas de ensambles, lo cual puede ser uno de los factores principales que estén ocasionando errores en el proceso.

El diseño de un proceso basado en buenas prácticas y en las documentaciones con las que se contaba fue de gran utilidad y apoyará a la empresa a realizar un proceso más ordenado y práctico para evitar errores en las áreas productivas de la empresa.

La aplicación de las estrategias mencionadas como una documentación de las buenas prácticas, ayudará a proporcionar una guía o seguimiento del proceso y de las formas de trabajo para cada área, lo cual, al ser proyectos de larga duración donde un subensamble se realiza cada 3 meses aproximadamente, dará un soporte para la gestión del conocimiento adquirido con cada proyecto realizado, disminuyendo los tiempos perdidos y mejorando la productividad.

Para trabajos futuros se comentó a la dirección la recomendación como análisis posterior una estandarización de los parámetros de las máquinas de soldadura microalambre utilizadas, debido a que, cada soldador usa parámetros diferentes, haciendo que sea más difícil detectar cuando una de las soldaduras está en mal estado, lo que pudiera ocasionar fisuras o poca fusión en algunas zonas.

6 REFERENCIAS

- Aqlan, F. y Al-Fandi, L. (2018) 'Prioritizing process improvement initiatives in manufacturing environments', *International Journal of Production Economics*. Elsevier B.V., 196, pp. 261–268. doi: 10.1016/j.ijpe.2017.12.004.
- Arango Serna, M. D., Campuzano Zapata, L. F. y Zapata Cortes, J. A. (2015) 'Manufacturing process improvement using the Kanban', *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 14(27), pp. 221–233.
- Argote, L. y Ingram, P. (2000) 'Knowledge transfer: A basis for competitive advantage in firms', *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 82(1), pp. 150–169. doi: 10.1006/obhd.2000.2893.
- Arrieta Posada, J. G. (2011) 'Herramientas de producción Ayudas para el mejoramiento de los procesos productivos', *Fondo Editorial Universidad EAFIT*, 1, p. 150. doi: 10.1017/CBO9781107415324.004.
- Austin, R. B., Pishdad-Bozorgi, P. y De La Garza, J. M. (2016) 'Identifying and prioritizing best practices to achieve flash track projects', *Journal of Construction Engineering and Management*, 142(2), pp. 1–12. doi: 10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0001061.
- Barrena, M. I. (2000) 'Soldadura por fusión de materiales compuestos de matriz de aluminio', *Universidad Complutense de Madrid, Facultad De Ciencias Químicas*.
- Romero, B. y Proboste, F (2013) 'Aplicación del ultrasonido al control de calidad de procesos de soldadura.' Available at: http://repobib.ubiobio.cl/jspui/bitstream/123456789/799/1/Romero_Reyes_Bernardo.pdf.
- Carro Paz, R. y González Gómez, D. (2012) 'Diseño y selección de procesos', *Administración de las Operaciones*, p. 21. Available at: http://nulan.mdp.edu.ar/1613/1/08_diseno_procesos.pdf.
- Casebolt, J. M., Jbara, A. y Dori, D. (2019) 'Business process improvement using Object-Process Methodology', *Systems Engineering*, (November 2017), pp. 1–13. doi: 10.1002/sys.21499.
- Cruz Leon, A., Lipe Ticona, J. E., y Medina Escobedo, M. J. (2017). Propuesta de implementación de un sistema integrado de gestión para la empresa metalmecánica MAC Ingenieros Asociados S.R.L. Arequipa 2017.
- Guerrero, O. E. (2008) *Procesos de Manufactura En ingeniería industrial*. Universidad Nacional Abierta y a Distancia.
- Hernandez Sampieri, R., Fernandez Collado, C. y Baptista Lucio, M. del P. (2010)

- Metodología de la investigación*. Quinta, McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V. Quinta. Available at: <http://www.casadellibro.com/libro-metodologia-de-la-investigacion-5-ed-incluye-cd-rom/9786071502919/1960006>.
- ISO, Entendiendo el enfoque basado en procesos (2015). Available at: <https://www.nueva-iso-9001-2015.com/2014/11/iso-9001-entendiendo-enfoque-basado-procesos/>
- Kolb, D. A. (1984) 'Experiential Learning: Experience as The Source of Learning and Development', *Prentice Hall, Inc.*, (1984), pp. 20–38. doi: 10.1016/B978-0-7506-7223-8.50017-4.
- Li, Q., Tang, Q., Chan, L., Wei, H. Pu, Y., Jiang, H., Li, J., Zhou, J. (2018) 'Smart manufacturing standardization: Architectures, reference models and standards framework', *Computers in Industry*. Elsevier, 101(April), pp. 91–106. doi: 10.1016/j.compind.2018.06.005.
- Love, P. E. D., Ackermann, F. (2015) 'From Individual to Collective Learning: A Conceptual Learning Framework for Enacting Rework Prevention', *American Society of Civil Engineers*, (2007), pp. 1–10. doi: 10.1061/(ASCE)CO.
- Nor, N. M. (2004) 'Managing Knowledge Workers: A Study of Multimedia Super Corridor's Status Companies in Malaysia', *International Conference on Management of Technology (IAMOT)*, (Washington, D.C.), p. 2004.
- O`Dell, C. y Grayson, J. (2014) 'If Only We Knew What We Know : Identification and Transfer of Internal Best Practices', *California Management Review*, 40(3), pp. 154–174.
- Offsey, S. (1997) 'Knowledge Management: Linking People to Knowledge for Bottom Line Results', *Journal of Knowledge Management*, 1(2), pp. 113–122. doi: 10.1108/EUM0000000004586.
- Ortega Sevilla, E. X. y Townsend Piedra, S. G. (2011) *Diseño e Implementación de un Sistema de Control de Gestión en una Empresa de Manufactura Metalmecánica*. Available at: <https://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/19134>.
- Ruiz, A. (2015) 'Discontinuidades del metal base y de la soldadura', p. 26.
- Saavedra García, M. L. y Tapia Sánchez, B. (2011) 'Las mejores prácticas en la Mipyme Industrial Mexicana', *Congreso Internacional de Contaduría, Administración e Informática.*, p. 21.
- Safapour, E. y Kermanshachi, S. (2019) 'Identifying Early Indicators of Manageable Rework Causes and Selecting Mitigating Best Practices for Construction', *Journal of Management in Engineering*, 35(2). doi: 10.1061/(ASCE)ME.1943-5479.0000669.

- Segal, M., y Whitt, W., 1989, A queuing network analyzer for manufacturing. *Teletraffic Science for New Cost-Effective Systems, Networks and Services*, M. Bonatti (editor), Elsevier Science Publishers B.V., North-Holland.
- Shukla, J. (2017) 'GOOD MANUFACTURING BY: Dr . Jill Shukla', *Gujarat Technological University*.
- Sousa, S. D. (2008) 'The continuous improvement process in practice', *ICQR 2007 - Proceedings of the 5th International Conference on Quality and Reliability*, (November 2007), pp. 118–122.
- SUNARC (2007) 'Soldadura Mig/Mag', *Sunarc*, (34), p. 34. Available at: http://www.ridsso.com/documentos/muro/207_1414440280_544ea55888703.pdf
- Vazquez Peña, C. y Labarca, N. (2012) 'Calidad y estandarización como estrategias competitivas en el sector agroalimentario', *Revista Venezolana de Gerencia*, 17(60), pp. 695–708. Available at: <http://www.redalyc.org/pdf/290/29024892002.pdf>.

7 ANEXOS

7.1 Reportes de UT de Draglines FLY-387 y FLY-403

Client: JCR MINING Work N°: JCR1610 Pagina: 1 / 2
 Project: DRAG - LINE Authorized By: CLIENTE Fecha: _____
 Location: Hermosillo Sonora (Taller) Inspector/Level: ANTONIO MARTINEZ / II
 Procedure/Code/Specification: ANSI/AWS D.1.1-2015 SEC. 6 Time of Examination: - Fecha: 16-Oct-18
 Equipment Used: PANAMETRICS EPOCH XT Frequency (MHZ): 2.25 ϕ del Palpador: 70-80 D. Palpador ("): 0.625"

IDENTIFICATION	DEFECT No.	TRANSDUCER ANGLE	LEGS	DECIBELS / AMPLITUDE				LENGTH IN INCHES	DISTANCE OF SCRAPING IN INCHES	PIECE THICKNESS	DISTANCE IN INCHES		ACCEPTED OR REJECTED (A/R)	OBSERVATIONS
				DEFECTIVE LEVEL	REFERENCE LEVEL	ATTENUATION FACTOR	DEFAULT RANGE				X	Y		
				a	b	c	d							
COMPLETE PENETRATION JOINTS														
UT1610-01	1	60	1L2	71.7	55.6	2.80	13.2	6.055	1.75			A	CLASE "D"	
UT1610-02	1	60	1L2	65.3	55.6	3.26	6.34	6.055	1.75			R	CLASE "B"	
UT1610-03	1	70	1L1	60.8	55.6	3.85	1.34	4.11	.750			R	CLASE "A"	
UT1610-04	1	70	1L1	61.7	55.6	1.06	5.03	4.11	.750			R	CLASE "A"	
(The remaining rows in the table are crossed out with a diagonal line.)														

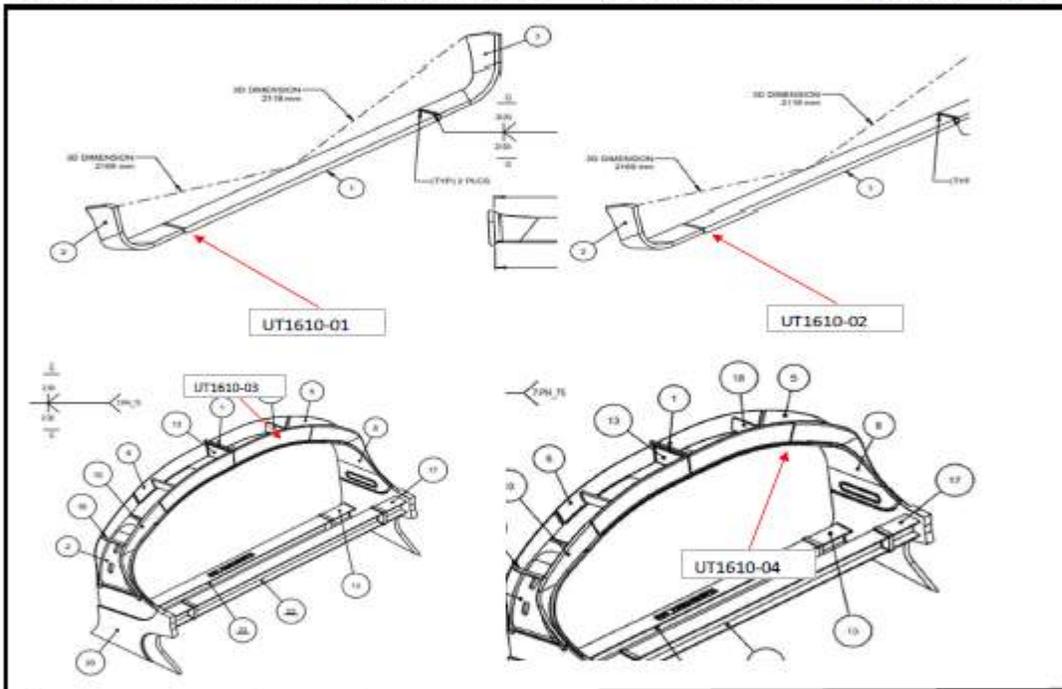
OBSERVATIONS:

The inspections and rejected parts were marked and all the faults were repaired.

INSPECTOR SIGNATURE _____
 DATE AND SIGNATURE OF THE CLIENT _____

KEY OF THE DEFECT	
FP	Lack of Penetration
LE	Slag Line
PE	Excessive Penetration
IE	Slag Inclusions
PE	Porosity
RG	Big Reflector
RP	Small Reflector
RM	Minor Reflector
R	Break
FF	Lack of Fusion

Client: JCR MINING Work N°: JCR1610 Pagina: 2 / 2
 Project: DRAG - LINE Authorized By: CLIENTE Fecha:
 Location: Hermosillo Sonora (Taller) Inspector/Level: ANTONIO MARTINEZ / II
 Procedure/Code/Specification: ANSIIAWS D.1.1-2015 SEC. 6 Time of Examination: - Fecha: 16-Oct-18
 Equipment Used: PANAMETRICS EPOCH XT Frequency (MHZ): 2.25 ϕ del Palpador: 70-80 D. Palpador ("): 0.625"



OBSERVATIONS:

The inspections and rejected parts were marked and all the faults were repaired.

INSPECTOR SIGNATURE	DATE AND SIGNATURE OF THE CLIENT	KEY OF THE DEFECT			
		FP	Lack of Penetration	RG	Big Reflector
		LE	Slag Line	RP	Small Reflector
		PE	Excessive Penetration	RM	Minor Reflector
		IE	Slag Inclusions	R	Break
		PE	Porosity	FF	Lack of Fusion

7.2 Encuesta respondida por operadores

Encuesta para operadores	
Nombre	Moises Bozalez
Puesto	Soldador
Antigüedad en la empresa	1
Experiencia en el área	7
Preguntas:	
1	<p>Considera que se cuenta con un manual optimo para su utilización en piso?</p> <p>No</p>
2	<p>Qué problema puede decir que hay en los manuales o procedimientos actuales?</p> <p>Muchos documentos diferentes y se terminan perdiendo, por loque se pierde mucho tiempo tratando de encontrar algo</p>
3	<p>Qué practicas o actividades no indicadas en los manuales considera puede ser agregada?</p> <p>Como ensamblar las piezas mas grandes entre ellas</p>
4	<p>Cual consideras es el retrabajo mas común y a que se debe?</p> <p>Fisuras por falta de limpieza</p>

7.3 Manual propuesto a expertos



TITULO: Procedimiento de Manufactura

ELABORADO POR: Ing. Carlos Pesqueira

INTRODUCCION:

Este documento contiene las instrucciones de fabricación y las mejores prácticas utilizadas para la fabricación de Dragline Bucket.

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN

La fabricación de cualquier estructura soldada grande requiere mucha planificación, preparación, experiencia en fabricación y buena mano de obra para entregar un producto de alta calidad al usuario final. Este documento sirve como una buena referencia sobre las mejores prácticas que se han adoptado para garantizar que se logre lo siguiente:

- Muestra de manera visual el diseño de ingeniería.
- Reduce la distorsión o calentamientos excesivos en áreas soldadas, preparando de manera adecuada y estratégica ciertos conjuntos en posiciones clave.
- Utilización de puentes o candados en las posiciones clave para garantizar que los subconjuntos principales interactúen sin problemas entre sí.
- Reducción de la etapa de aprendizaje y reducción de retrabajos.
- Este documento no es exhaustivo al detallar cada paso a seguir. No pretende reemplazar las documentaciones utilizadas previamente, para mayores especificaciones consultar al área de ingeniería.

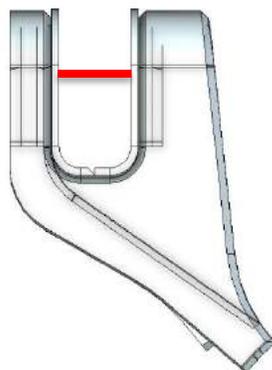
Este documento está dividido en dos secciones principales. En primer lugar, una sección general que explica algunas de las nomenclaturas generales relacionadas con los dibujos. En segundo lugar, una sección de procedimientos de construcción que proporcionará instrucciones específicas sobre el orden de montaje y las mejores prácticas relacionadas con cada ensamble en particular.

TB-031-001-TA001 (ASM TRUN 01)

1. Ensambla TB-031-001-T0007 y TB-031-001-T0009 a TB-031-001-T0001, intentando colocar los barrenos tan concéntricos como sea posible.

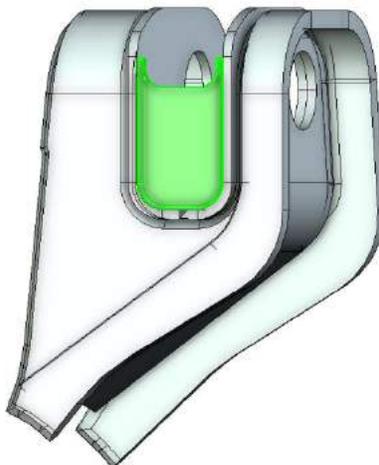


2. Coloca un sujetador temporal con las dimensiones especificadas.

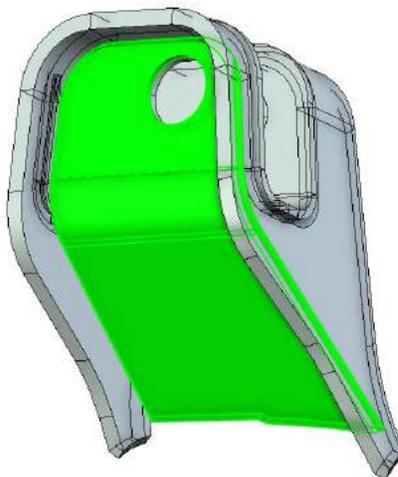


3. Suelta ambas piezas por completo:
 - La unión entre TB-031-001-T0007 y TB-031-001-T0009 deberá ser limpiada por la parte trasera hasta donde sea posible para realizar una soldadura de penetración completa.
 - La unión entre TB-031-001-T0007 y TB-031-001-T0009 a TB-031-001-T0001 tiene una sola soldadura de ranura biselada en el exterior y un filete en el interior. En esta etapa, solo se debe soldar la soldadura de ranura en el exterior

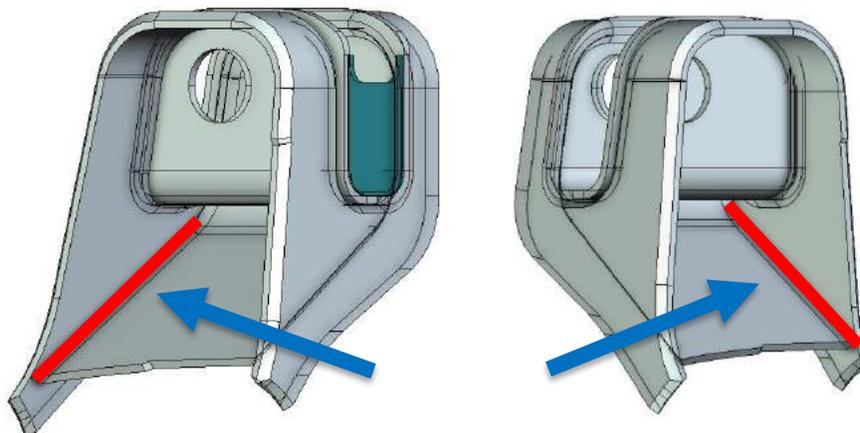
4. Ensambla y suelda TB-031-001-T0017 (soldadura de penetración completa), una vez terminado los sujetadores temporales pueden ser retirados.



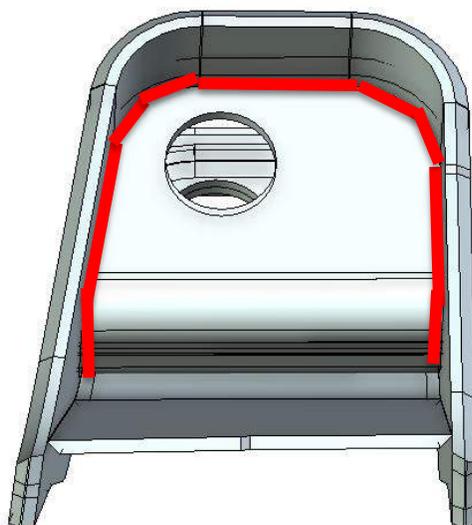
5. Ensambla TB-031-001-T0011. Intenta hacer que los barrenos sean lo más concéntricos posible.



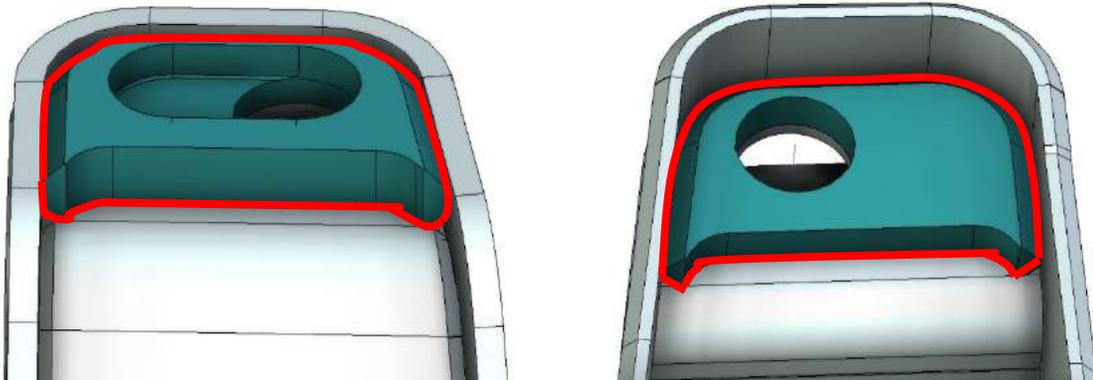
- Suelda la parte exterior al ras.
- Abre y limpia la parte interna para realizar una penetración completa tan profunda como sea posible. Suelda las áreas indicadas en el dibujo.



6. Suelda el bisel que se dejó limpio previamente. Coloca soldadura tan profundo como sea posible.
 - Nota: esta no es una soldadura de penetración completa.



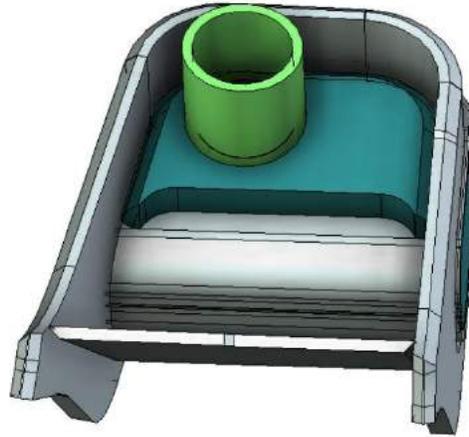
7. Ensambla y suelda TB-031-001-T0019. Trata de que los barrenos sean tan concéntricos como sea posible. Estas placas deberán ser soldadas alrededor de toda el área exterior visible.



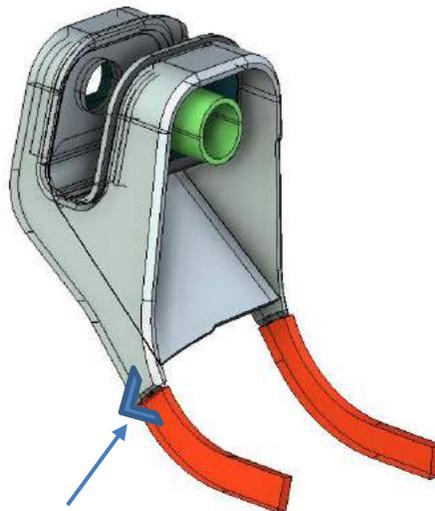
8. Como parte de un paso anterior, la soldadura puede ser terminada en las dimensiones correctas.



9. Ensambla y suelda TB-031-001-T0015. Asegúrate que el tubo se encuentre concéntrico y colocado de manera correcta.



10. Ensambla y suelda TB-031-001-T0003 y TB-031-001-T0005. Coloca un puente temporal para reducir dobladuras al soldar.



7.4 Manual con cambios solicitados por expertos de la empresa

TB-031-001-AA001 (ASM ARCH 01)

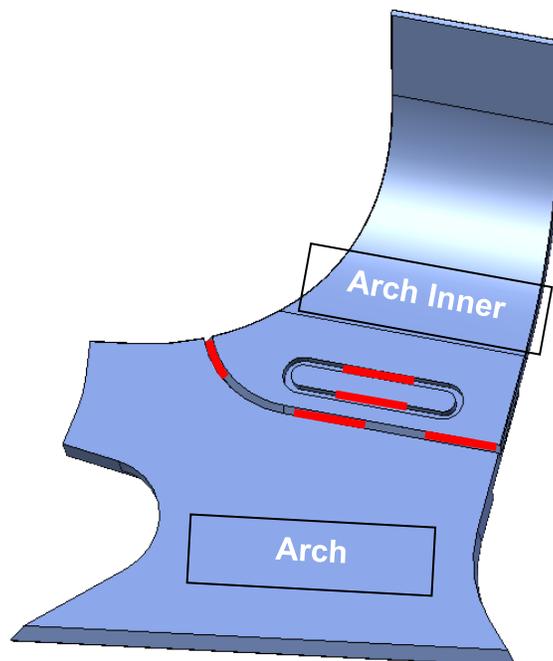
Al ensamblar o armar: 3 pulgadas de soldadura por 5 pulgadas sin soldadura.

Separación entre piezas: 2 mm de no ser indicado diferente.

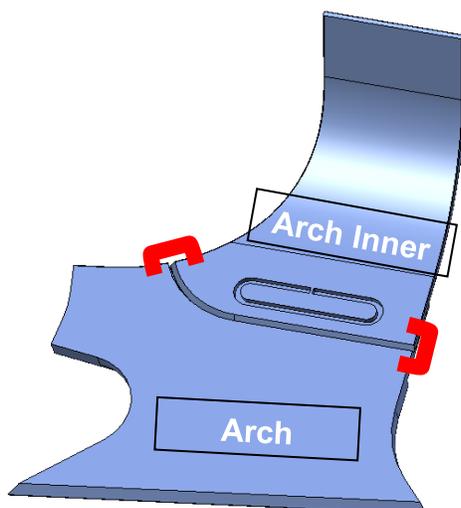
PASO A PASO:

SECCION ARCH TRANSITION & INNER

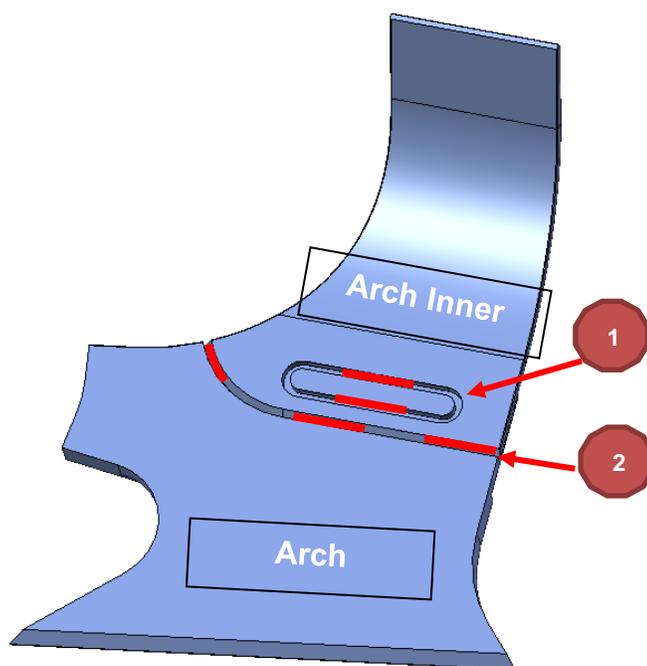
1. Ensambla y suelda TB-031-001-A0029-A “Arch Transition” al TB-031-001-A0001-A “Arch Inner 01”.
 - a. Temperatura de Pre calentado: **75°C**
 - b. Longitud de cordones para armado: **2 pulgadas de soldadura por 5 pulgadas**



2. Será necesario realizar una colocación de puentes para evitar el movimiento de las piezas al momento de soldar.



3. Alternar en las zonas “1” y “2” aproximadamente al completar un cuarto de la soldadura total en cada una de ellas hasta completar el bisel.



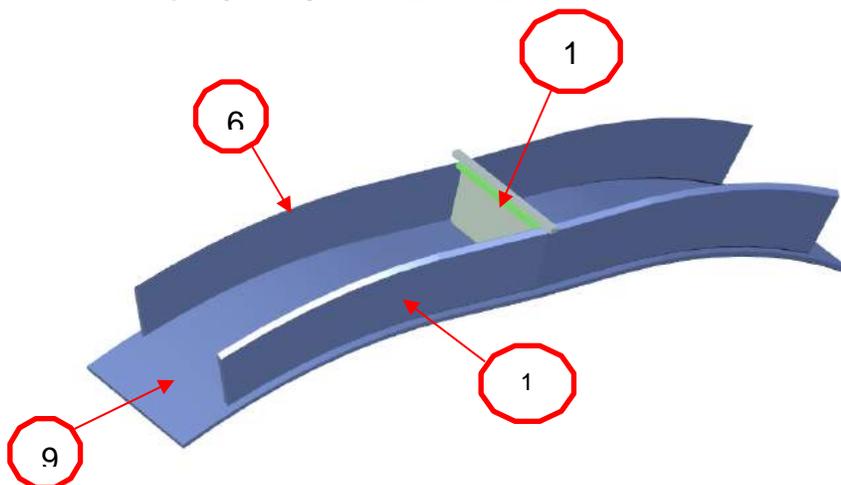
NOTA: Todas las áreas a soldar requieren un **PRECALENTADO A 75°**.

REPETIR EL MISMO PROCESO PARA LAS PIEZAS TB-031-001-A0030-A “Arch Transition 02” al TB-031-001-A0002-A “Arch Inner 02”.

4. Realizar Armado de las siguientes piezas:

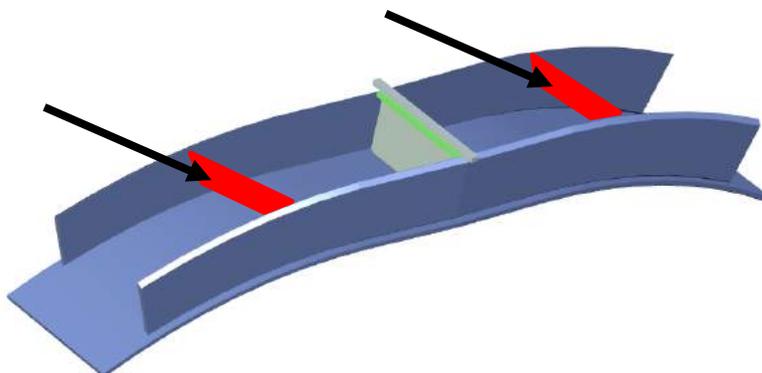
SECCION ARCH CENTRE

- Item 6: ARCH FRONT MID
- Item 12: ARCH REAR MID
- Item 13: ARCH STIFFENER BRACE
- Item 9: ARCH INNER MID



NOTA: Todas las áreas a soldar requieren un **PRECALENTADO A 75°**.

Antes de concluir el soldado agregar 2 candados (Estos serán temporales solo para terminar la soldadura).



NOTA: Girar tantas veces sea necesario para terminar soldadura y evitar torceduras por calentamiento excesivo (en doble bisel soldar un cuarto por un lado y un cuarto por el reverso, así sucesivamente hasta concluir con la soldadura).

7.5 Resultados de inspección de ultrasonido en FLY-430



Km. 1.3, Camino al Tazajal. Hermosillo, Sonora México.

Re: Professional Services of Engineering, Welding Inspection and Non-Destructive Testing for the manufacturing Project of FLY-0430 in workshop located in the city of Hermosillo Sonora Mexico.

At'n: Eng.
Quality Control and Production Leader.

This report presents the results of our welding inspection services for the project in reference.

Welding in general of fillet and complete penetration in connections of assembly of pieces was verified, as well as draws in the same ones applied by the personnel to his charge in workshop and / or in field by nondestructive tests of Visual Inspection, Industrial Ultrasound and magnetic particles.

Evaluation Criteria:

Visual Inspection and magnetic particles was evaluated according to ANSI AWS D.1.1 2015, Section 6, Table 6.1.- Visual Acceptance Criteria.

The Industrial Ultrasound Inspection was evaluated according to the code ANSI AWS D.1.1 2015, Section 6, Table 6.2 6.3.- UT Acceptance Criteria.

ASME BPVC 2010 Section V Article 7

Equipment Used for Ultrasonic Inspection:

- Equipment Ultrasoníc PANAMETRICS-NDT EPOCH XT, Serial Number: 070084504.
- Transducer Probe Ultrasoníc Panametrics, C540-SM Frequency de 2.25 MHZ, 0.5"
- Zapata de 70 degrees brand PANAMETRICS NDT ABSA-57 STEEL.
- Cable brand PANAMETREICS BNC-LEMO.
- Couplant: Acoplante Ultrasoníc ULTRAGEL II
- Calibration Block AWS IIW TIPO 1.

Equipment Used for Visual Inspection:

- Calibrador/medidor tipo Bridge Cam Gage

Equipment for Magnetic Particle:

- Magnaflux Yoke
- Model Y-1
- Serial # 0512
- Magnavis Dry Magnetic Particles

General:

A general inspection was carried out to release the parts, which were acceptable according to the code in reference.

We recommend verify the quality documentation (WPS, PQR, WPQ) for a better inspection and manage of the project.

All the indications marked on the inspected items were corrected in the field with positive results.

Hoping that the information contained in this report is very useful for your Project, we are at your service attentive to any doubt or comment about it.

Sincerely
ENDLAB Weld Laboratory
And Non-Destructive Testing.



Antonio M.
Specialist Welding Inspector AWS B5.2
ASNT TC 1A NIVEL II UT MT PT.
AWS Member
C.c.p. Archivo

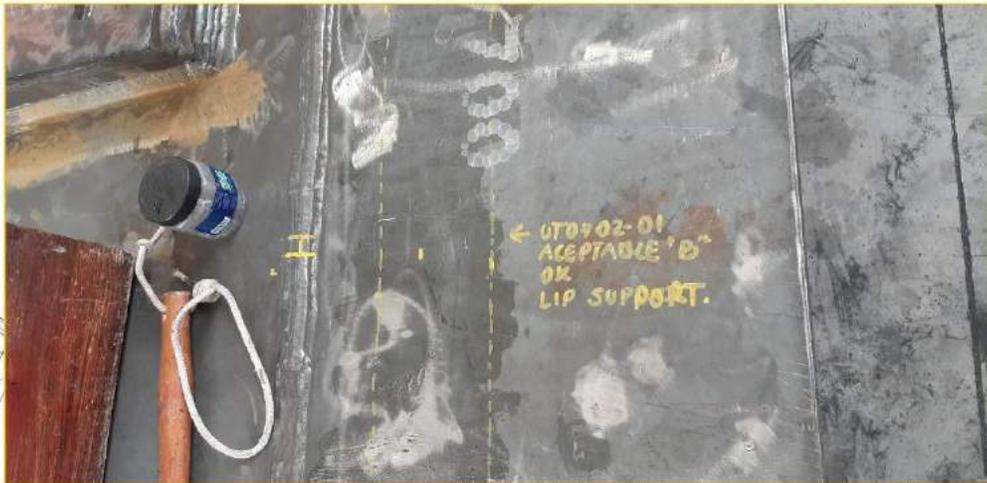


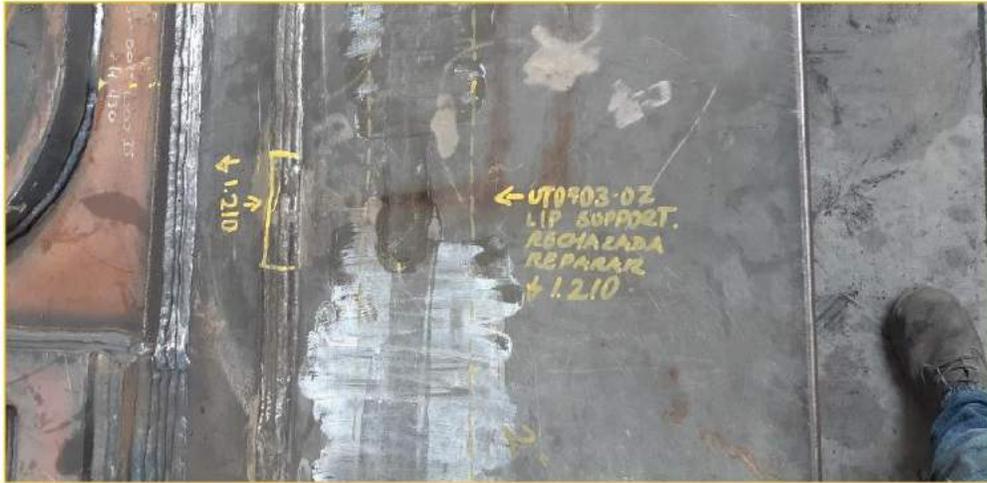
ASNT TC 1A NIVEL II UT Registro
No. Utg-11
AWS Member

PHOTOGRAPHIC REPORT



ASNT TC 1A NIVEL II UT Registro
No. Licp-11
AWS Member









ASNT TC 1A NIVEL II UT Registro
No. Usp-11
AWS Member

Client: JCR Work N°: JCR0703 Page: 1 / 1
 Project: FLY-0430 (Taller) Authorized by: CLIENTE
 Location: Hermosillo Sonora. Inspector / Level: / II
 Code/Especificacion: ANSI/AWS D.1.1-2015 SEC. 6 Time of examination: -
 Equipment Used: PANAMETRICS EPOCH XT Frequency(MHZ): 2.25 φ del Palpador: 70 D. Palpador ("): 0.625"

IDENTIFICATION	DEFECT No.	TRANSDUSER ANGLE	LEGS	DECIBELAS O AMPLITUD				LENGTH IN INCHES	DISTANCE OF SCRAPING IN INCHES	PIECE THICKNESS	DISTANCE IN INCHES		ACCEPTED OR REJECTED (A/R)	OBSERVATIONS
				DEFECTIVE LEVEL	REFERENCE LEVEL	ATTENUATION FACTOR	DEFAULT LEVEL				X	Y		
				a	b	c	d							
COMPLETE PENETRATION JOINTS														
UT0703-01	1	60	1L2	71.9	59.9	9.49	2.50		6.92	2.00			A	ACCEPTABLE
UT0703-02	1	60	1L2	69.3	59.9	9.16	0.23		6.92	2.00			R	CLASS "A"
UT0703-03	1	60	1L2	70.3	59.9	8.68	1.71		6.92	2.00			R	CLASS "A"
UT0703-04	1	70	1L1	75.9	62.2	1.92	11.7		4.11	.750			A	ACCEPTABLE
UT0703-05	1	70	1L1	71.3	62.2	4.86	6.53		4.11	.750			A	ACCEPTABLE
UT0703-06	1	70	1L1	77.0	62.2	3.12	13.9		4.11	.750			A	ACCEPTABLE
UT0703-07	1	70	1L1	67.4	62.2	0.74	4.46		4.11	.750			R	CLASS "A"
UT0703-08		70			62.2				4.11	.750			A	WITHOUT IND.
OBSERVATIONS:														
The indications and the rejected pieces were marked and all the faults were repaired.														
<small>ASNT TC 1A NIVEL II UT Registro No. Log-11 AWS Member</small>														
			CLAVE DEL DEFECTO											
			FP Falta de Penetración RG Reflector Grande LE Línea de Escoria RP Reflector Pequeño PE Penetración Excesiva RM Reflector Menor IE Inclusiones de Escoria R Rotura PE Porosidad FF Falta de Fusión											
INSPECTOR			date and signature received by the client											



Km. 1.3, Camino al Tazajal, Hermosillo, Sonora México.

Re: Professional Services of Engineering, Welding Inspection and Non-Destructive Testing for the manufacturing Project of FLY-0430 in workshop located in the city of Hermosillo Sonora Mexico.

At'n: Eng.
Quality Control and Production Leader.

This report presents the results of our welding inspection services for the project in reference.

Welding in general of fillet and complete penetration in connections of assembly of pieces was verified, as well as draws in the same ones applied by the personnel to his charge in workshop and / or in field by nondestructive tests of Visual Inspection, Industrial Ultrasound and magnetic particles.

Evaluation Criteria:

Visual Inspection and magnetic particles was evaluated according to ANSI AWS D.1.1 2015, Section 6, Table 6.1.- Visual Acceptance Criteria.

The Industrial Ultrasound Inspection was evaluated according to the code ANSI AWS D.1.1 2015, Section 6, Table 6.2 6.3.- UT Acceptance Criteria.

ASME BPVC 2010 Section V Article 7

Equipment Used for Ultrasonic Inspection:

- Equipment Ultrasoníc PANAMETRICS-NDT EPOCH XT, Serial Number: 070084504.
- Transducer Probe Ultrasoníc Panametrics, C540-SM Frequency de 2.25 MHZ, 0.5"
- Zapata de 70 degrees brad PANAMETRICS NDT ABSA-57 STEEL.
ASNT TC 1A NIPES UT Repair
No. Lic-11-1095
AWS Member 2025002
- Cable brand PANAMETREICS BNC-LEMO.
- Couplant: Acoplante Ultrasonico ULTRAGEL II
- Calibration Block AWS IIW TIPO 1.

Equipment Used for Visual Inspection:

- Calibrador/medidor tipo Bridge Cam Gage

Equipment for Magnetic Particle:

- Magnaflux Yoke
- Model Y-1
- Serial # 0512
- Magnavis Dry Magnetic Particles

General:

A general inspection was carried out to release the parts, which were acceptable according to the code in reference.

We recommend verify the quality documentation (WPS, PQR, WPQ) for a better inspection and manage of the project.

All the indications marked on the inspected items were corrected in the field with positive results.

Hoping that the information contained in this report is very useful for your Project, we are at your service attentive to any doubt or comment about it.

Sincerely
**Weld Laboratory
And Non-Destructive Testing.**

Antonio M
Specialist Welding Inspector AWS B5.2
ASNT TC 1A NIVEL II UT MT PT.
AWS Member
C.c.p. Archivo

ASNT TC 1A NIVEL II UT Registro
No: L10p-11-1085
AWS Member 2025002

PHOTOGRAPHIC REPORT

ASNT TC 1A NIVEL B UT Registro
No. Lic-11-
AWS Member

A handwritten signature in black ink, consisting of several overlapping, slanted lines.



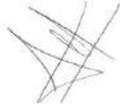


ASNT TC 1A NIVEL B UT Registro
No. L10g-11-
AWS Member



ACTIVITIES REPORT

ASNT TC 1A NIVEL II UT Registro
No: L10g-11
AWS Member



Client: JCR Work N°: JCR1702 Page: 1 / 1
 Project: FLY-0430 (Taller) Authorized by: Client
 Location: Hermosillo Sonora Inspector / Level: ANTONIO M / II
 Code/Specification: ANSIAWS D.1.1-2015 SEC. 6 Time of examination: -
 Equipment Used: PANAMETRICS EPOCH XT Frequency(MHZ): 2.25 φ del Palpador: 70 D. Palpador ("): 0.625"

IDENTIFICATION	DEFECT No.	TRANSDUSER ANGLE	LEGS	DECIBELAS O AMPLITUD				LENGTH IN INCHES	DISTANCE OF SCRAPING IN INCHES	PIECE THICKNESS	DISTANCE IN INCHES		ACCEPTED OR REJECTED (AIR)	OBSERVATIONS
				DEFECTIVE LEVEL	REFERENCE LEVEL	ATTENUATION FACTOR	DEFAULT LEVEL				X	Y		
				a	b	c	d							
COMPLETE PENETRATION JOINTS														
UT1702-01		70		51.6				2.74	1.00			A	WITHOUT IND.	
OBSERVATIONS: The indications and the rejected pieces were marked and all the faults were repaired. ASNT TC 1A NIVEL II UT Registro No. Log-11 AWS Member 														
INSPECTOR			date and signature received by the client											
CLAVE DEL DEFECTO FP Falta de Penetración RG Reflector Grande LE Línea de Escoria RP Reflector Pequeño PE Penetración Excesiva RM Reflector Menor IE Inclusiones de Escoria R Rotura PE Porosidad FF Falta de Fusión														

7.6 Imágenes del desarrollo del proyecto



















