



FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Industrial

“Mejora del proceso de soldadura para reducir costos
en la reparación de pilotes para una Defensa
Ribereña de la empresa Coiesu S.A.C”

Trabajo de suficiencia profesional para optar el título
profesional de:

Ingeniero Industrial

Autores:

Bach. Gladislao Robert Jiménez Fernández

Bach. Wilmer Paquiyauri Quispe

Asesor:

Ing. Dr. Juan Carlos Durand

Lima - Perú

2018

DEDICATORIA

El presente Trabajo de Suficiencia Profesional la dedicamos a Dios ya que gracias a Él hemos concluido la carrera, también

A nuestros padres, porque ellos siempre estuvieron ahí brindándonos todo su apoyo y consejos para ser mejores personas cada día.

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a nuestros padres principalmente por ser los motores de nuestros sueños y por brindarnos la confianza que necesitamos.

También agradecemos a nuestra familia por compartir nuestro anhelo y gracias a todas las personas que creyeron en la realización del Trabajo de Suficiencia Profesional.

Por ultimo agradecemos a nuestros docentes y asesor de tesis Dr. Ing. Juan Carlos Durand por el apoyo incondicional y por aportarnos su experiencia en el tema.

Tabla de contenidos

DEDICATORIA.....	2
AGRADECIMIENTO	3
TABLA DE CONTENIDOS.....	4
ÍNDICE DE TABLAS.....	5
ÍNDICE DE FIGURAS	7
ÍNDICE DE ECUACIONES	9
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	10
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	17
CAPÍTULO III: DESCRIPCIÓN DE LA EXPERIENCIA	46
CAPÍTULO IV: RESULTADOS	82
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES	99
RECOMENDACIONES	100
REFERENCIAS	101
ANEXOS.....	102

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Eficiencia de deposición de distintos procesos	21
Tabla 2. Factor de operación de distintos procesos	21
Tabla 3. Flujo de gas de distintos procesos	22
Tabla 4. Fórmulas para el cálculo de costos por metro lineal de soldadura	22
Tabla 5. Metodología del estudio de métodos	35
Tabla 6. Simbología empleada en el Diagrama de Actividades del Proceso	42
Tabla 7. Características del metal base	48
Tabla 8. Evaluación de los problemas relacionados con la aplicación de los métodos y tecnologías aplicados en los procesos de soldadura de la empresa	53
Tabla 9. Priorización de los problemas relacionados con la aplicación de los métodos y tecnologías aplicados en los procesos de soldadura de la empresa	54
Tabla 10. Estudio de métodos relacionados con la aplicación de los métodos y tecnologías aplicados en los procesos de soldadura de la empresa	57
Tabla 11. Componentes del plan de mejoras para adaptar los procesos de soldadura en la empresa bajo la tecnología FCAW	60
Tabla 12. Costo de máquinas y equipos de soldeo	63
Tabla 13 Costo de mano de obra	63
Tabla 14. Costo de Insumos de seguridad	64
Tabla 15. Costo de herramientas manuales	65
Tabla 16. Costo de Materiales Consumibles	66
Tabla 17. Comparativa de costo de Insumos usando SMAW y método FCAW	73
Tabla 18. Comparativa de costo de Mano de Obra	77
Tabla 19. Comparativa de costo de maquinaria usando método SMAW y método FCAW	80
Tabla 20. Costos totales de la reparación usando el método de soldeo SMAW	82
Tabla 21. Costos totales de la reparación usando el método de soldeo FCAW	83
Tabla 22. Comparativa de costos totales de la reparación (SMAW y FCAW)	84
Tabla 23. Precio de materiales	85
Tabla 24. Costos incurridos durante el proceso de implementación de la propuesta	92

Tabla 25. Estimación de costos para las actividades post implementación de propuesta	92
Tabla 26. Costos asociados al primer año de implementación de las actividades.	93
Tabla 27. Cálculo de los beneficios económicos por la aplicación de mejoras del proceso de soldadura para reducir costos en la reparación de pilotes para una defensa ribereña para la implementación.	94
Tabla 28. Relación Costo/Beneficio de la propuesta	95
Tabla 29. Comparación mensual Costo/Beneficio para obtener el punto de equilibrio	96
Tabla 30. Proyección de los costos del estudio y sus beneficios en los cinco años	97
Tabla 31. Cálculo del Valor Actual Neto (VAN)	98

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Organigrama de la empresa COIESU SAC	11
Figura 2. Ubicación de la defensa ribereña	13
Figura 3. Plantilla de prueba curva guiada	19
Figura 4. Proceso de soldadura SMAW	23
Figura 5. Equipo de soldadura SMAW	25
Figura 6. Proceso de soldadura con alambre tubular con protección gaseosa	27
Figura 7. .Equipo de soldeo para proceso FCAW	29
Figura 8. Equipo de soldadura FCAW	30
Figura 9. Remoción de material aportado	31
Figura 10. Preparación de bisel	32
Figura 11. Proceso de soldeo	33
Figura 12. Limpieza de soldadura con cepillo de acero	33
Figura 13. Prueba de ultrasonido	34
Figura 14. Círculo de Deming	37
Figura 15. Diagrama de Ishikawa	39
Figura 16. Diagrama de Pareto	41
Figura 17. Formato de diagrama de actividades del proceso DAP	43
Figura 18. Formato de diagrama de operaciones del proceso DOP	45
Figura 19. Defensa ribereña (Espigón)	47
Figura 20. Diagrama de análisis de procesos asociado al método SMAW	49
Figura 21. Diagrama de operaciones de procesos asociado al método SMAW	50
Figura 22. Representación gráfica de la toma de tiempos asociados al método SMAW	51
Figura 23. Diagrama de Causa y Efecto para identificar los problemas relacionados con la aplicación de los métodos y tecnologías aplicados en los procesos de soldadura de la empresa	52
Figura 24. Diagrama de Pareto para priorizar los problemas relacionados con la aplicación de los métodos y tecnologías aplicados en los procesos de soldadura de la empresa	54
Figura 25. Comparación de los procesos SMAW y FCAW	55

Figura 26. Diseño de la unión circunferencial Tubo-Placa	67
Figura 27. Área de Soldadura	68
Figura 28. Comparativa de costo de Insumos usando método SMAW y método FCAW	74
Figura 29. Comparativa de costo de mano de obra usando método SMAW y método FCAW	79
Figura 30. Comparativa de costo de maquinaria usando método SMAW y método FCAW	81
Figura 31. Porcentajes de costos totales asociados al método SMAW	83
Figura 32. Porcentajes de costos totales asociados al método FCAW	84
Figura 33. Diagrama de análisis de proceso asociados al método FCAW	86
Figura 34. Diagrama de operaciones de proceso asociados al método FCAW	87
Figura 35. Representación gráfica de la toma de tiempos asociados al método FCAW	88
Figura 36. Comparación grafica de los tiempos de cada método	89

ÍNDICE DE ECUACIONES

Costo total de implementación	66
Área de soldadura	68
Longitud de la soldadura	68
Peso del material depositado	69
Calculo de material requerido por junta de acuerdo al método de soldadura SMAW	70
Calculo de material requerido por junta de acuerdo al método de soldadura FCAW	70
Cantidad de material de aporte total para el método SMAW	71
Cantidad de material de aporte total para el método FCAW	71
Consumos del Gas protección	72
Indicadores de productividad de la tecnología actual y la tecnología implementada	90
Cálculo del Valor Actual Neto (van) de los beneficios proyectados a cinco años	97

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

Fundada en noviembre del 2014, Coiesu SAC es una empresa peruana de servicios de examinación, tratamiento térmico, inspecciones, soldaduras, entrenamiento y supervisión. Coiesu SAC busca cumplir con las expectativas de sus clientes, ofreciendo servicios de ensayos no destructivos (END), supervisión de construcciones soldadas y recubrimientos a cargo de inspectores certificados por la AWS, API y NACE, y entrenamiento, calificación y certificación de personal en ensayo no destructivos, de acuerdo a la práctica recomendada SNT- TC-1A (ASNT).

Misión

Brindar servicios especializados de Ensayos No Destructivos (END), Supervisión e Inspección de Soldadura y Recubrimientos a equipos y componentes estáticos, tales como Recipientes Atmosféricos; Recipientes a Presión; Sistemas de Tuberías de Potencia, Sistemas de Tuberías de Procesos y Transporte de Hidrocarburos; Estructuras Metálicas y Puentes Vehiculares y Peatonales; mediante profesionales confiables debidamente entrenados, calificados y certificados por la ASNT, API, AWS, NACE; a la industria de generación, minería, transporte, metal-mecánica, naval e hidrocarburos del Perú.

Visión

“Ser la empresa de servicios de Ensayos No Destructivos (END), Inspectores y Supervisores de Control de Calidad Soldadura y Recubrimientos, líder en el mercado peruano a Diciembre del 2020.”

En la Figura 1 se muestra la estructura organizacional de la empresa para el momento que se realizó la experiencia profesional:

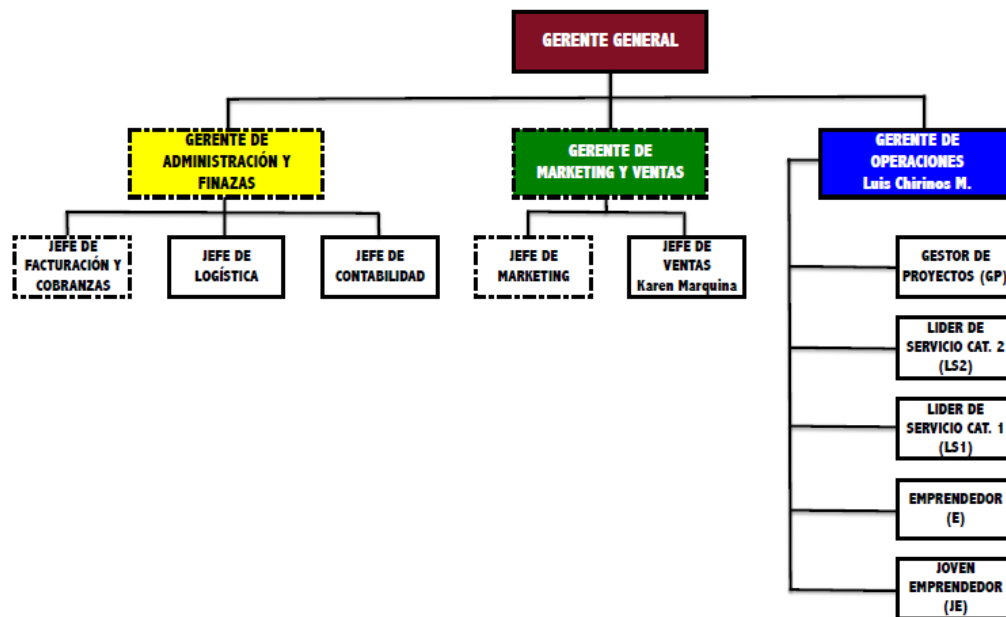


Figura 1. Organigrama de la empresa Coiesu SAC.
 Fuente: La empresa (2018).

Clientes

1. Consorcio Costa Park
2. Coney park
3. Odebrecht Infraestructura
4. Grupo Graña y Montero
5. GCZ Ingenieros SAC
6. HYRCO Estructuras
7. Imecon

Tipos de servicios que brinda la empresa Coiesu S.A.C

- Inspección Visual (VT)
- Líquidos Penetrantes (PT)
- Partículas Magnéticas (MT)
- Ultrasonido (UT).

La empresa COIESU S.A.C. brinda servicios especializados de ensayos no destructivos, supervisión e inspección de soldadura, y asesoría con profesionales calificados, experimentados en diversas industrias del país y debidamente calificados en las diversas exámenes, inspecciones y supervisiones ofrecidas. El objetivo de COIESU S.A.C., es cumplir cabalmente con las expectativas y convertirse en su socio estratégico de sus clientes, formando parte de su cadena de valor, y aportando al desarrollo técnico y económico de la industria del país.

Dentro de este contexto, COIESU SAC tiene como uno de sus clientes a la empresa Concesionaria Interoceánica Sur – Tramo 3 S.A. a quien le presta servicios de ensayos no destructivos, supervisión e inspección de soldadura y asesoría. En años recientes el río Madre de Dios erosionó y socavó de forma acelerada la orilla y talud de la margen derecha en la zona conocida como La Pastora, ocasionando el retroceso del filo del acantilado en más de 60 metros. Este complejo fenómeno natural puso bajo riesgo la infraestructura del tramo 3 de la carretera Interoceánica Sur.

En consecuencia, la empresa determinó la necesidad de realizar estudios especializados, y concluyó que la solución era construir una defensa ribereña en base a la construcción de 12 espigones metálicos, con el objetivo de reducir la velocidad de la corriente del río para permitir que se depositen sedimentos en el borde y se logre su estabilización. La presente investigación se da en este contexto, dado que la empresa contratista solicita a Coiesu una asesoría con respecto al proceso de soldeo en el plan de reparación de pilotes a orillas del Río Madre de Dios, Sector La Pastora km 480-070 al km 480-910: socavación rivera derecha del río Madre de Dios de la ciudad de Puerto Maldonado – tramo 3: puente Inambari – Iñapari del corredor vial interoceánico sur, Perú – Brasil – IIRSA SUR (Ver Figura 2).

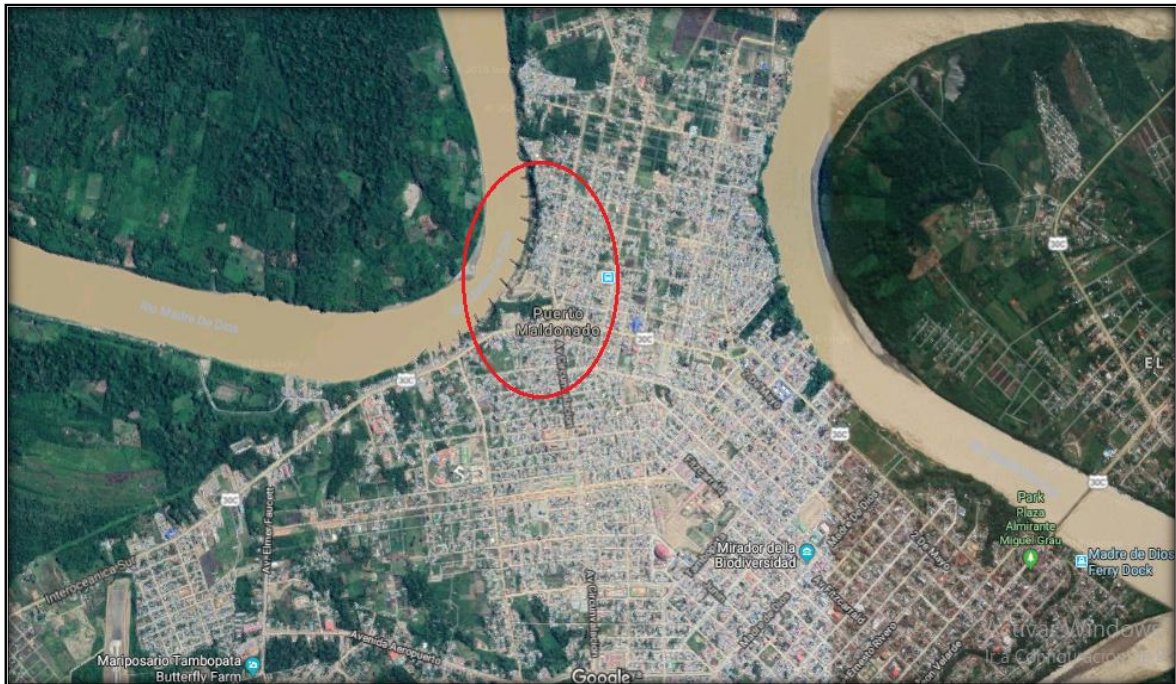


Figura 2: Ubicación de la defensa ribereña.

Fuente: Google Maps (2018).

En vista de lo planteado, a través del presente estudio, se propone reducir los costos a través de la mejora del proceso de soldeo con el fin de lograr una reducción en el costo de la reparación de pilotes para una defensa ribereña.

Realidad problemática a nivel internacional y nacional

A nivel internacional, los procesos de soldeo de mayor crecimiento son las soldaduras de metal bajo gas protector en alambre sencillo, soldadura por láser, soldadura por láser híbrida, el proceso Cold Metal Transfer (CMT), que permite el soldeo entre metales disímiles tales como el acero y el aluminio, el soldeo por explosión. Asimismo, existen fuentes de poder semiautomáticas que permiten desarrollar aplicaciones de soldeo especializadas y que generan la independización de la mano de obra del soldador, por lo cual se reconoce que la tecnología mundial se dirige hacia procesos automatizados como son la soldadura MIG (Metal Inert Gas) y FCAW (Flux Cored Arc Welding) orbital utilizadas en la construcción de oleoductos y de procesos robotizados para la manufactura.

Actualmente, se encuentran en pleno uso los procesos de inspección de uniones soldadas tales como la termografía pasiva y activa, la de ultrasonido “Face Array”, fluoroscopia de rayos X, la metalografía por réplica, y los de inspección visual remota. Así también, las técnicas de protección contra la corrosión influyen en el campo laboral a nivel mundial. En los países europeos y en América del Norte la formación y la actualización de los recursos humanos, se da de acuerdo a guías y normas establecidas y se realizan en centros de formación acreditados por la Asociación Americana de Soldadura.

En el Perú, la industria metalmecánica ha trabajado con procesos tradicionales de soldadura de manera manual y semiautomática que han generado problemas de costos elevados y retrasos en la ejecución de las tareas, tanto por la tecnología desactualizada como por procesos no optimizados que generan desperdicio de materiales y tiempos excesivos de producción. Las empresas en el Perú vienen siendo presionadas por la globalización y por ello se ven obligadas a mejorar su competitividad y por tanto se hace necesario mejorar los procesos, actualizar o innovar su tecnología para reducir costos y al mismo tiempo mejorar la calidad de sus productos o servicios y a partir de esta situación se busca implementar procesos de soldeo que reduzcan el desperdicio de materiales e insumos, y por tanto, que incrementen la productividad, que reduzcan los tiempos de los procesos y al mismo tiempo incrementen su calidad. Empujados por la necesidad, las empresas están migrando del soldeo manual utilizando SMAW al soldeo semiautomático con los procesos GMAW y FCAW, y actualmente la industria nacional se encuentra en pleno proceso de migración hacia procesos de soldeo mecanizado.

Realidad problemática a nivel local (institucional)

La empresa COIESU S.A.C. brinda servicios especializados de ensayos no destructivos, supervisión e inspección de soldadura, y asesoría con profesionales calificados, experimentados en diversas industrias del país y debidamente calificados en las diversas exámenes, inspecciones y supervisiones ofrecidas. El objetivo de COIESU S.A.C.,

es cumplir cabalmente con las expectativas y convertirse en su socio estratégico de sus clientes, formando parte de su cadena de valor, y aportando al desarrollo técnico y económico de la industria del país.

Formulación de problema

Problema General

¿De qué manera la mejora basada en la sustitución del proceso de soldeo SMAW por FCAW de acuerdo al estudio elaborado por la empresa Coiesu SAC incidiría sobre la reducción de costos de la empresa contratista de la reparación de pilotes?

Problemas Específicos

Problema Especifico 01

¿Cuál es la situación inicial en relación con los métodos y tecnologías aplicados en los procesos de soldadura de la empresa?

Problema Especifico 02

¿Cuáles elementos deben formar parte de un plan de mejoras para adaptar los procesos de soldadura en la empresa bajo la tecnología FCAW?

Problema Especifico 03

¿Cuáles son los costos y beneficios de la implementación de las mejoras desde las perspectivas de los insumos?

Problema Especifico 04

¿Cuáles son los costos y beneficios de la implementación de las mejoras desde las perspectivas de la mano de obra?

Problema Especifico 05

¿Cuáles son los costos y beneficios de la implementación de las mejoras desde las perspectivas de horas máquina?

Objetivo de la investigación

Objetivo General

Implementar un plan de mejora del proceso de soldadura para reducir costos en la reparación de pilotes para una defensa ribereña de la empresa Coiesu SAC.

Objetivos Específicos

Objetivo Especifico 01

Diagnosticar la situación inicial en relación con la aplicación de los métodos y tecnologías aplicados en los procesos de soldadura de la empresa.

Objetivo Especifico 02

Implementar un plan de mejoras para adaptar los procesos de soldadura en la empresa bajo la tecnología FCAW.

Objetivo Especifico 03

Evaluar el costo y beneficio de la implementación de las mejoras desde la perspectiva de los insumos requeridos para la reparación.

Objetivo Especifico 04

Evaluar el costo y beneficio de la implementación de las mejoras desde la perspectiva de la mano de obra requerida para la reparación.

Objetivo Especifico 05

Evaluar el costo y beneficio de la implementación de las mejoras desde la perspectiva de horas máquina requeridas para la reparación.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. Código de soldadura estructural AWS D1.1

El Código AWS D1.1 contiene las normas para la fabricación y montaje de estructuras de acero soldadas. Cuando el código sea estipulado en documentos contractuales, se requiere de carácter mandatorio conformidad con la totalidad de las provisiones del mismo, excepto por aquellas que el ingeniero o el contrato específicamente modifique o descarte. Composición del Código AWS D1.1 La edición 2015 se compone de: nueve secciones principales; nueve anexos con información mandatorios (A hasta J), once anexos informativos (K hasta U), y comentarios sobre las nueve secciones.

Limitaciones del código AWS D1.1: El código AWS D1.1 fue específicamente desarrollado para estructuras de acero soldadas que utilicen aceros al carbono y aceros de baja aleación con espesores de 1/8" (3mm) o mayores y con resistencia a la fluencia mínima especificada de 690 MPa o menor.

Registro de Calificación de Procedimiento (PQR): El PQR es un registro de todas las variables registradas durante las pruebas de soldadura de las muestras. Contiene, además, los resultados de los ensayos a las probetas probadas. El PQR no es obligatorio para el soldador o el operario de soldadura. Un WPS puede requerir de más de un PQR pero un PQR no puede apoyar a varias WPSs.

Especificación de procedimiento de soldadura (WPS): Un WPS es un procedimiento de soldadura calificado y escrito con el fin de proveer las directrices al soldador u operario de soldadura, para realizar las soldaduras de producción en conformidad con los requerimientos del Código especificado. Un WPS se realiza para verificar la compatibilidad de: metales base, metales de aporte de soldadura, así como de procesos y técnicas requeridas. El WPS final o de proceso terminado, describe todas las variables que intervienen directa e indirectamente los procesos de soldadura utilizados.

Calificación del desempeño de soldador, operador de soldadura o apuntalador

(WPQ): Una vez calificado el procedimiento de soldadura (WPS), no tiene utilidad hasta que los soldadores individuales, hayan sido calificados para realizar la soldadura de acuerdo a dicho procedimiento por lo que es necesario realizar los ensayos de calificación de soldador, para determinar si los soldadores poseen la habilidad suficiente para producir soldaduras satisfactorias, usando dichos procedimientos, juzgando el nivel de habilidad de los soldadores de producción.

La calificación de soldador tiene ciertas similitudes cuando se la compara con la calificación de procedimiento. Entre éstas, la existencia de variables esenciales. En el caso de calificación de soldador, éstas pueden incluir posición de soldadura, configuración del metal base y técnica específica de soldadura. Estas características están todas relacionadas con los aspectos de la operación de soldadura que están afectados directamente por la habilidad física del soldador.

El rango de calificación varía con las distintas configuraciones de soldadura: chapa a tope, filetes en chapa, y caño a tope. Es manifiesto que la calificación en chapa tope provee cobertura limitada para soldar en tubo, sin embargo, si el soldador califica en tubo, él o ella automáticamente califica para chapa. Además, las calificaciones en las posiciones 3G y 4G calificarán a ese soldador para todas las posiciones en chapa. También, la calificación en cualquiera de las posiciones para tubo 6G, o 2G, y 5G calificarán en todas las posiciones de tubo excepto aquellas de uniones T, Y, y K. La posición de ensayo 6GR, sin embargo, proveerá una cobertura total para todas las posiciones y configuraciones de tubos.

Tipos de ensayos de calificación según AWS D1.1/D1.1M:2015

Inspección visual: Previamente a los ensayos mecánicos, se identificará alguna discontinuidad o imperfecciones de la soldadura, mediante la inspección visual de acuerdo a AWS D1.1/D1.1M:2015 Sección 9, parte F (Criterios de Aceptación) 9.16 (Inspección Visual).

Ensayos mecánicos. Doblado de cara, raíz y lado: La finalidad de un ensayo de doblado es determinar el grado de integridad y ductilidad de las juntas soldadas. La ductilidad de una junta soldada, como evidencia por su habilidad para resistir desgarramientos y la presencia de discontinuidades en la superficie a tensión, es determinada en un ensayo de doblado guiado.

El ensayo de doblado en revestimientos soldados es usado para detectar fusión incompleta, desgarramiento de laminación, macro discontinuidades y el efecto de la configuración de pases. Cada probeta debe doblarse en un dispositivo de doblado que cumpla con los requerimientos mostrados en la figura 3. El espécimen debe ser colocado en el miembro de la matriz del dispositivo con la soldadura al centro. Las probetas de doblado de cara deben colocarse con la cara de la soldadura dirigida hacia a la abertura. Las probetas de doblado de lado deben colocarse con el lado que muestra la mayor discontinuidad, si es que lo hubiera, dirigida hacia la abertura.

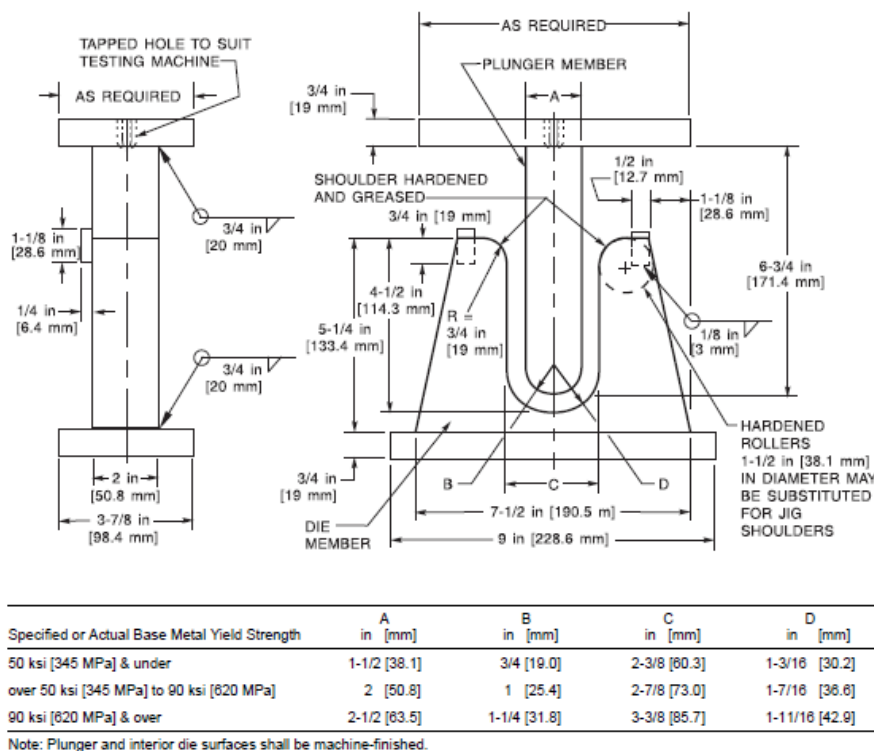


Figura 3: Plantilla de prueba curva guiada.

Fuente: Código AWS D1.1 (2015)

El punzón debe forzar al espécimen dentro de la matriz hasta que éste tome forma de U. La soldadura y las HAZ deben estar centradas y completamente dentro de la porción doblada del espécimen después del ensayo. Las probetas de ensayo deben retirarse del dispositivo cuando el rodillo externo haya sido movido 180° del punto de partida.

Tracción en sección reducida: Los ensayos de tracción son usados para determinar la resistencia a la tracción de las juntas soldadas de canal a temperatura ambiente. Proveen información de la resistencia, ductilidad, diseño de junta bajo esfuerzos de tracción axiales. Antes del ensayo, las probetas deben medirse el ancho menor y el espesor correspondiente de la sección reducida. El espécimen debe romperse bajo la carga de tracción, y debe determinarse la carga máxima. El área transversal debe obtenerse multiplicando el ancho por el espesor. La resistencia a la tracción debe obtenerse dividiendo la carga máxima por el área transversa.

2.2 Definición de Términos de Costos

Con el fin de alcanzar los objetivos del estudio, se realizan a continuación una serie de cálculos con los cuales se determina la sección de la junta a soldar, que será la que permitirá determinar la cantidad de material de aporte que será necesario. Se puede definir dos tipos de costos:

Directos: como la mano de obra del soldador y/u operador, materiales de aporte, el consumo de energía, entre otros.

Indirectos: engloban todos los gastos que incidirán en el costo total del trabajo a realizar, expresados en Soles. Estos incluyen la mano de obra indirecta, amortización de los equipos, costo de materiales, seguros, fletes y todos los elementos que agregan costo al trabajo. Así mismo, Antes de desarrollar las fórmulas es conveniente definir los términos involucrados en las mismas, estableciendo los conceptos básicos que utilizaremos en el desarrollo de éstas.

Peso del metal depositado: Es el peso del metal aportado que se necesita para cubrir la junta por cada metro lineal, para la cual es necesario calcular el área transversal del tipo de junta y bisel que se emplee en el soldeo.

Eficiencia de deposición del proceso: Es la relación entre la cantidad de material depositado expresado en kg y el peso del consumible en kg, incluyendo los descartes propios del proceso. (Colillas de electrodos, entre otros).

Tabla 1.

Eficiencia de deposición de distintos procesos

Proceso de soldadura	Eficiencia de deposición (%)
SMAW	60 – 70
MIG/MAG	90
FCAW con protección	83
FCAW sin protección	79
TIG	95
SAW	98

Fuente: Soldexa S.A., “Manual de Soldadura y Catálogo de Productos” (2017)

Factor de operación: Es el tiempo de cada proceso expresado en %, durante el cual el arco eléctrico está encendido por cada hora de trabajo. En todo trabajo de soldadura existe una gran cantidad de tiempo que se pierde en las tareas de preparación de juntas, amolado, cambio de electrodos, entre otros., las cuales prologan considerablemente el trabajo.

Tabla 2.

Factor de operación de distintos procesos

Proceso de soldadura	Factor de operación (%)
SMAW	5 – 30
MIG/MAG	10 – 60
FCAW	10 – 60
TIG	5 – 20
SAW	50 – 100

Fuente: Soldexa S.A., “Manual de Soldadura y Catálogo de Productos” (2017).

Mano de obra: Es el jornal pagado al soldador y/o operador relacionado con el trabajo y será expresado en Soles mensuales.

Flujo de gas: Cantidad de gas necesario para protección por unidad de tiempo (Ver Tabla 3).

Tabla 3.

Flujo de gas de distintos procesos

Proceso de soldadura	Flujo gas (m ³ /hr)
MIG/MAG	0.8 – 1.2
FCAW	1.0 – 1.4
TIG	0.5 – 1.0

Fuente: Soldexa S.A., “Manual de Soldadura y Catálogo de Productos (2017).”

Tabla 4

Fórmulas para el cálculo de costos por metro lineal de soldadura

Concepto	Fórmula	Unidad
Costo consumible	$\frac{Pmd \times Pc}{e}$	\$/m
Costo Mano Obra	$\frac{Pmd \times MO}{D \times fo}$	\$/m
Costo gas	$\frac{Pmd \times F \times Pg}{D}$	\$/m
Costo fundente	$Pmd \times ff \times Pf$	\$/m
Costo Energía	$\frac{Tf \times V \times I \times Pmd \times \eta}{1000 \times D \times fo}$	\$/m

Fuente: Soldexa S.A., “Manual de Soldadura y Catálogo de Productos” (2017)

2.3. Principios del proceso y procedimiento de soldadura SMAW

El proceso de soldadura por arco es uno de los más usados y abarca diversas técnicas. Una de esas técnicas es la soldadura por arco con metal protegido (SMAW), por sus siglas en inglés), también conocida como soldadura por arco con electrodo recubierto, soldadura de varilla o soldadura manual de arco metálico. Se trata de una técnica en la cual el calor de soldadura es generado por un arco eléctrico entre la pieza de trabajo (metal base) y un electrodo metálico consumible (metal de aporte) recubierto con materiales químicos en una composición adecuada (fundente). Se puede visualizar el proceso en la siguiente figura:

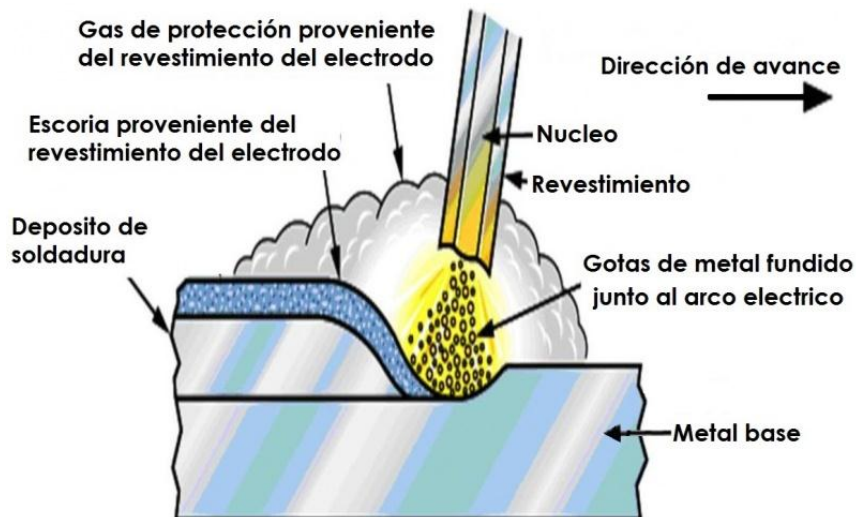


Figura 4. Proceso de soldadura SMAW
Fuente: Tomado de centro de conocimiento ESAB.

Cada uno de los elementos que participan en el proceso de soldadura SMAW cumple una función importante y a continuación se detallan:

El arco: el comienzo de todo proceso de soldadura por arco es precisamente la formación del arco. Una vez que este se establece, el metal de aporte y el fundente que lo recubre empiezan a consumirse. La fuerza del arco proporciona la acción de excavar el metal base para lograr la penetración deseada. Este proceso continúa a medida que la soldadura se ensancha y el electrodo avanza a lo largo de la pieza de trabajo.

El metal de aporte: al derretirse, forma gotas que se depositan sobre la pieza de trabajo dando lugar al charco de soldadura, que llena el espacio de soldadura y une las piezas en lo que se denomina una junta de soldadura. El fundente: se derrite junto con el metal de aporte formando un gas y una capa de escoria, que protegen el arco y el charco de soldadura. El fundente limpia la superficie metálica, suministra algunos elementos de aleación a la soldadura, protege el metal fundido contra la oxidación y estabiliza el arco.

Aplicaciones: Por razones de mayor productividad, calidad y rentabilidad, el proceso SMAW se ha ido reemplazando gradualmente. Sin embargo, la capacidad del proceso SMAW para lograr soldaduras en zonas de acceso restringido significa que todavía encuentra un uso considerable en ciertas situaciones y aplicaciones.

Además, la soldadura SMAW es muy versátil. Su campo de aplicaciones es enorme: casi todos los trabajos de pequeña y mediana soldadura de taller se efectúan con electrodo revestido; se puede soldar metal de casi cualquier espesor y se pueden hacer uniones de cualquier tipo. Sin embargo, el procedimiento de soldadura con electrodo revestido no se presta para su automatización o semi-automatización; su aplicación es esencialmente manual. La longitud de los electrodos es relativamente corta: de 230 a 700 mm. Por lo tanto, es un proceso principalmente para soldadura a pequeña escala. El soldador tiene que interrumpir el trabajo a intervalos regulares para cambiar el electrodo y debe limpiar el punto de inicio antes de empezar a usar electrodo nuevo. Sin embargo, aún con todo este tiempo muerto y de preparación, un soldador eficiente puede ser muy productivo.

Equipo de soldeo SMAW

Conocido por su simplicidad y facilidad de uso, el equipo de soldeo SMAW (ver figura 3.3); consiste en:

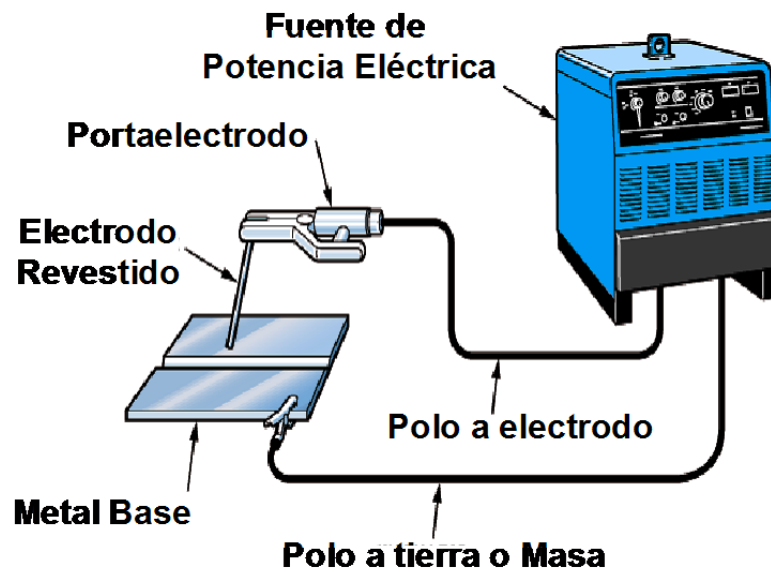


Figura. 5. Equipo de soldadura SMAW
Fuente: Manual de soldadura Soldexa SA. (2017)

Fuente de alimentación: Dependiendo del tipo de electrodo y del tipo y la posición de la pieza de trabajo, la fuente puede ser de corriente continua o corriente alterna. Si es de corriente continua, y nuevamente en función del tipo de electrodo y la naturaleza de la soldadura que se desea obtener, la conexión del electrodo a la fuente se puede efectuar de dos maneras:

Conexión al terminal negativo: en este caso se habla de un electrodo negativo o polaridad directa (DCEN, por sus siglas en inglés). Se utiliza cuando se desean lograr altas tasas de deposición y una baja penetración.

Conexión al terminal positivo: en este caso se habla de un electrodo positivo o polaridad inversa (DCEP, por sus siglas en inglés). Se utiliza cuando se desea lograr una penetración profunda.

Porta Electrodo: se conecta al cable de soldadura y conduce la corriente de soldadura hasta el electrodo. El mango aislado se utiliza para guiar el electrodo sobre la junta de soldadura y alimentar electrodo en el charco a medida que se consume. Los porta electrodos están disponibles en diversos tamaños y se clasifican según su capacidad para transportar la corriente.

Cable del electrodo y cable de masa: ambos son una parte importante del circuito de soldadura. Deben ser sumamente flexibles y tener un aislamiento resistente al calor. Las conexiones al porta electrodo, la pinza de masa y los terminales de la fuente de alimentación deben estar soldadas o perfectamente efectuadas para garantizar una baja resistencia eléctrica. El área de la sección transversal de estos cables debe ser de tamaño suficiente para transportar la corriente de soldadura con un mínimo de caída de voltaje. Cuanto mayor sea la longitud del cable, mayor debe ser su diámetro, a fin de reducir la resistencia y la caída de voltaje.

Pinza de masa: se utiliza para conectar el cable de masa a la pieza de trabajo. Se puede conectar directamente a la pieza, a la mesa o al porta pieza. Como parte del circuito de soldadura, la pinza de masa debe ser capaz de transportar la corriente de soldadura sin riesgo de sobrecalentamiento.

2.4. Principios del proceso y procedimiento de soldadura FCAW

Es un proceso de soldadura, en el que la fusión se logra mediante un arco producido entre un electrodo tubular (alambre consumible continuo) y la pieza. La protección se obtiene del fundente contenido dentro del alambre tubular pudiéndose utilizar con o sin gas de protección adicional. La técnica de soldeo con alambre tubular se diferencia del soldeo MIG/MAG en el tipo de electrodo, en este caso, es un alambre hueco y relleno de fundente el cual, al fundirse por la acción del arco eléctrico, deposita un metal fundido protegido con una fina capa de escoria; podríamos decir que es como un electrodo revestido al revés. En el resto hay bastantes similitudes con el proceso MIG/MAG. Dentro del proceso FCAW (Flux Cored Arc Welding) hay dos variantes:

Auto protegido (self-shielded o innershielded), que protege el baño de fusión gracias a la descomposición y vaporización del fundente.

Con protección de gas (gas-shielded ó outershielded), ver figura 3.2, que suele ser CO₂ o mezclas de CO₂ y argón, que utiliza gas de protección además de la acción protectora del fundente.

Con ambos métodos el electrodo forma una escoria que cubre y protege el metal de soldadura hasta que solidifica y, en ambos casos, la protección del arco puede soportar el viento y los agentes atmosféricos en mayor medida que los procesos con protección gaseosa. Es un proceso semiautomático, aunque también puede utilizarse en el soldeo mecanizado y automatizado.

El proceso de soldeo por arco con alambre tubular con protección gaseosa se le conoce por el siguiente nombre: FCAW-G, gas shielded flux cored arc welding (ANSI/AWS A3.0). El proceso de soldeo por arco con alambre tabular sin protección gaseosa se le conoce por el siguiente nombre: FCAW-S, self-shielded flux cored arc welding (ANSI/AWS A3.0).

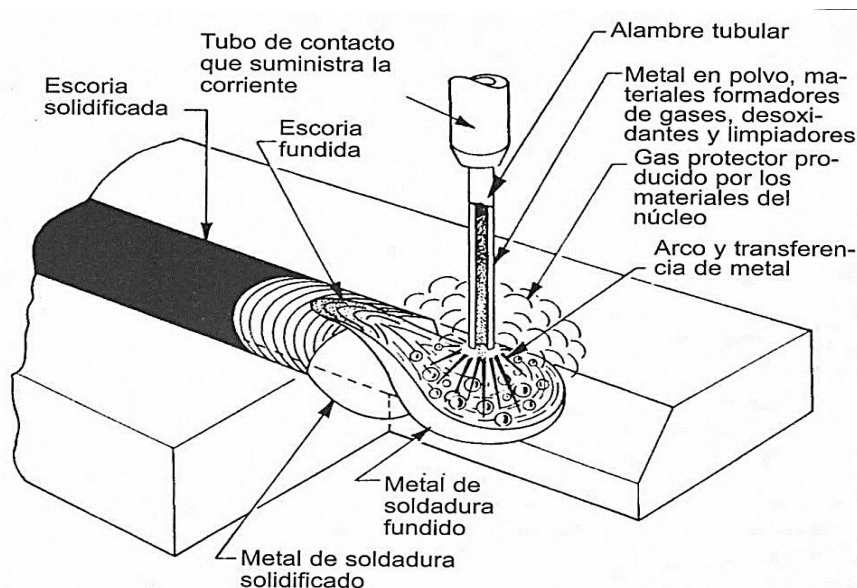


Figura 6. Proceso de soldadura con alambre tubular con protección gaseosa
Fuente: Manual Soldexa (2017).

Aplicaciones: Este proceso se utiliza para la soldadura de aceros al carbono, aceros de baja aleación, aceros inoxidables y fundiciones. La elección del tipo de proceso (auto protegido o protegido con gas) depende de las propiedades mecánicas deseadas, del tipo de alambre disponible y del tipo de unión; generalmente se utiliza el auto protegido en las mismas aplicaciones en las que se elegiría el soldeo con electrodo revestido, mientras que el proceso protegido por gas se utilizaría en aquellas aplicaciones en las que se selecciona el proceso MIG/MAG. El campo de aplicación de este proceso se centra, con preferencia, en construcciones tales como: astilleros, estructuras de edificios, depósitos de almacenamiento, plataformas petrolíferas, tuberías para gaseoductos y oleoductos, puentes, reparación de maquinaria, etc., siendo posible utilizarlo en cualquier posición.

Ventajas: No se requiere tanta limpieza del metal base como en el soldeo MIG/MAG. Al igual que los electrodos revestidos, los alambres utilizados en este proceso de soldeo generan por sí mismos el gas protector. Dicho gas se produce dentro del arco por lo que le afecta en menor medida las corrientes de aire, haciendo al proceso idóneo para utilizarlo en lugares donde las condiciones climatológicas sean adversas. Respecto al soldeo con electrodo revestido, este proceso tiene la ventaja de su mayor productividad que se traduce en una reducción del coste de los productos. En la actualidad está limitado al soldeo de todo tipo de aceros y aleaciones base níquel.

Desventajas: La principal desventaja frente a otro tipo de procesos es el tiempo que se emplea en retirar la escoria, que puede convertirle en un proceso no competitivo, especialmente en las pasadas de raíz. Otra desventaja es la gran cantidad de humos que se producen durante el soldeo. Otra desventaja respecto al soldeo con electrodo revestido es el mayor coste del equipo, que supone una mayor inversión inicial. Los alambres tubulares son más caros que los alambres sólidos, excepto para algunos aceros de alta aleación. En la actualidad está limitado al soldeo de todo tipo de aceros y aleaciones base níquel.

Equipo de soldeo FCAW. El equipo de soldeo (ver figura 7); consiste en:

- Fuente de energía.
- Sistema de alimentación de alambre.

- Pistola.
- Alimentación de gas protector y de agua de refrigeración.
- Panel de control.

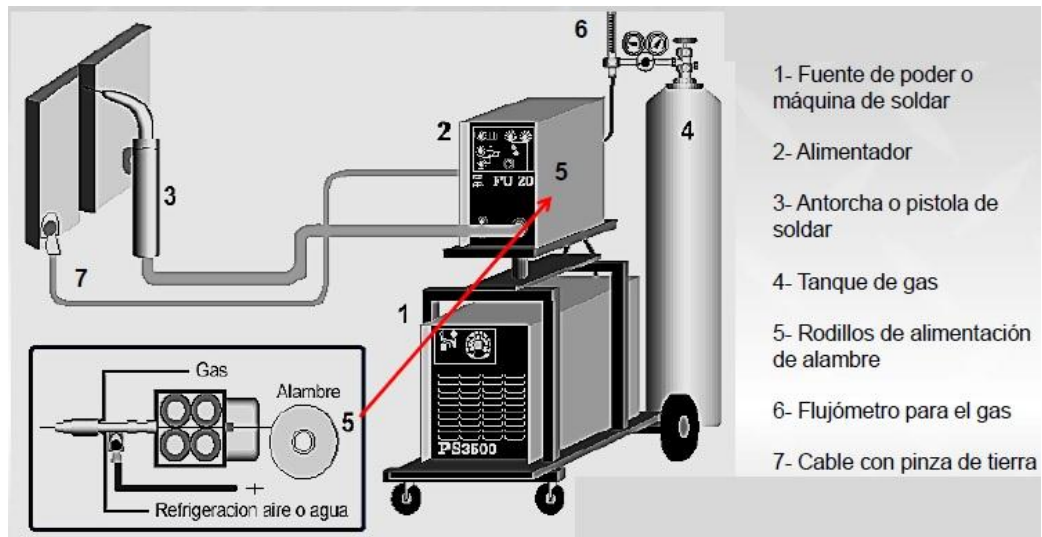


Figura 7. Equipo de Soldeo para proceso FCAW
Fuente: Manual de soldadura INDURA.

Fuente de energía: La fuente de energía deberá ser capaz de funcionar a elevadas intensidades, generalmente menores de 500A en el soldeo semiautomático y suministrar corriente continua. La fuente de energía recomendada es una fuente de voltaje constante.

Sistema de alimentación de alambre: La unidad de alimentación de alambre/electrodo es un dispositivo mecánico que mediante la tracción de los rodillos sobre el alambre, permite que éste pueda desplazarse a través de la guía de la pistola para fundirse en el arco.

Pistola: La pistola para soldar por arco con protección de gas es un dispositivo mecánico complejo ya que deben permitir el libre movimiento del electrodo, transmitir corriente al mismo y dirigir el gas de protección. El método de refrigeración (agua o aire) y la localización de los controles de alimentación del alambre y gases de protección, añaden complejidad al diseño de las pistolas.

Alimentación de gas protector y de agua de refrigeración. La alimentación de gas se hace desde la botella de gas que tiene en su salida un flujómetro para poder graduar el caudal de gas de protección necesario en cada caso particular. El suministro de gas se puede realizar también desde una batería de botellas o desde un depósito. Cuando se suelda con corrientes elevadas es necesario utilizar pistolas refrigeradas por agua, ya que la pistola usando solo el gas de protección sería insuficiente, para evitar que se produzcan daños.

El proceso de soldeo de las juntas circunferenciales para la reparación de Pilotes sigue una serie de pasos que se detallan a continuación:

Instalación de equipo (por junta). Esta etapa del proceso tiene como fin instalar los equipos necesarios para realizar el proceso de soldeo. Requiere de un tiempo de 10 minutos para SMAW y 20 minutos para soldar con FCAW. El tiempo de instalación de FCAW es mayor ya que se requiere un mayor número de equipos para su ejecución (Ver Figura 8).



Figura 8. Equipo de soldadura FCAW
Fuente: Catalogo Miller (2018)

Remoción del material aportado. Como lo indica su nombre esta etapa del proceso consiste en la remoción del material de aporte dañado mediante el uso del equipo de arco aire, con el fin de realizar la reparación, como se observa en la figura 9. Este proceso toma un tiempo aproximado de 20 minutos tanto para SMAW como para FCAW.



Figura 9. Remoción de material aportado

Fuente: Tomada en la reparación de pilotes de la defensa ribereña (2018)

Preparación de bisel: En este paso se realiza el bisel del tubo en un ángulo de 45° en base al procedimiento establecido para tal fin. Para obtener una buena calidad de soldeo se debe realizar la preparación de bordes y separación entre piezas adecuada para asegurar una penetración total del cordón. Una vez realizado se verifican las dimensiones mediante el instrumento de medición (Bridge Cam) como se observa en la siguiente figura:



Figura 10: Preparación de bisel

Fuente: Tomada de la reparación de pilotes de la defensa ribereña (2018)

Pre calentamiento del material base: Por condiciones del procedimiento de soldadura la temperatura de pre calentamiento es de 20° C mínimo. Esto se realiza en un tiempo de 5 minutos para ambos métodos de soldeo. La temperatura de pre calentamiento requerida “*depende sobre todo de la composición química y propiedades mecánicas del material, su espesor, la rigidez de los miembros a unir y del proceso de soldadura*”. Se puede aplicar pre calentamiento a los elementos asoldar para prevenir fracturas, reducir la dureza de la zona afectada por el calor, reducir las tensiones residuales y minimizar la distorsión.

Soldeo: El proceso de soldeo es la etapa más importante del proceso, y consiste en la unión de un tubo de diámetro 610 mm a una placa de 25 mm de espesor. Como se describió anteriormente la soldadura se realiza en posición 4G (Sobre Cabeza). Requiere de 6 pases de soldadura utilizando un electrodo de 1,2 mm a penetración completa.



Figura 11.: Proceso de soldeo.

Fuente: Tomada de la reparación de pilotes de la defensa ribereña (2018)

Limpieza del perímetro de soldeo: Esta etapa del proceso tiene como objetivo limpiar y extraer las impurezas (escorias) que resultan del proceso de soldeo. Esta limpieza se repite luego de cada paso de soldadura. Para el caso de estudio se requiere de 2 minutos por pasada tanto para el proceso SMAW como para FCAW. Como se observa en la figura esto se realiza mediante el uso de un cepillo metálico acoplado a una herramienta eléctrica.



Figura 12. Limpieza de soldadura con cepillo de acero.

Fuente: Coiesu SAC (2018)

Inspección por ultrasonido: Esta etapa del proceso permite detectar discontinuidades sub superficiales e internas en la junta soldada para asegurar la sanidad de la soldadura. Se realiza mediante el uso de un equipo de ultrasonido de contacto, por lo que hay que preparar la junta soldada con gel ultrasónico, con lo cual se obtiene mayor confiabilidad.



Figura 13. Prueba de ultrasonido.

Fuente: Tomada en la reparación de pilotes de la defensa ribereña (2018)

2.5. Estudio de Métodos

El estudio de métodos es una de las más importantes herramientas de la Ingeniería Industrial, que se basa en el registro, análisis y examen crítico sistemático de la metodología existente y proyectada utilizada para llevar a cabo un trabajo u operación. El objetivo fundamental del Estudio de Métodos es el aplicar métodos más sencillos y eficientes para de esta manera aumentar la productividad de cualquier sistema productivo.

La evolución del Estudio de Métodos consiste en abarcar en primera instancia lo general para luego abarcar lo particular, de acuerdo con esta premisa, el estudio de métodos debe empezar por lo más general dentro de un sistema productivo, es decir, el proceso para luego llegar a lo más particular, es decir, la operación. De esta forma, el estudio de métodos posee una metodología que contribuye a la consecución del procedimiento básico del estudio de trabajo, el cual consta de siete etapas fundamentales, como se muestra en la Tabla 5:

Tabla 5.

Metodología del estudio de métodos.

Etapas	Análisis del proceso	Análisis de la operación
SELECCIONAR el trabajo al cual se hará el estudio.	Teniendo en cuenta consideraciones económicas, de tipo técnico y reacciones humanas.	Teniendo en cuenta consideraciones económicas, de tipo técnico y reacciones humanas.
REGISTRAR toda la información referente al método actual.	Diagrama de proceso actual: sinóptico, analítico y de recorrido.	Diagrama de operación bimanual actual.
EXAMINAR críticamente lo registrado.	La técnica del interrogatorio: Preguntas preliminares.	La técnica del interrogatorio: Preguntas preliminares a la operación completa.
IDEAR el método propuesto.	La técnica del interrogatorio: Preguntas de fondo.	La técnica del interrogatorio: Preguntas de fondo a la operación completa "Principios de la economía de movimientos"
DEFINIR el nuevo método (Propuesto).	Diagrama de proceso propuesto: sinóptico, analítico y de recorrido.	Diagrama de operación bimanual del método propuesto.
IMPLANTAR el nuevo método	Participación de la mano de obra y relaciones humanas.	Participación de la mano de obra y relaciones humanas.
MANTENER en uso el nuevo método.	Inspeccionar regularmente.	Inspeccionar regularmente.

Fuente: www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingenieroindustrial/ingeniería-de-metodos. (2018)

Es necesario recordar que en la práctica el encargado de realizar el estudio de métodos se encontrará eventualmente con situaciones que están de ser ideales para la aplicación continua del algoritmo de mejora. Por ejemplo, una vez se evalúen los resultados que produciría un nuevo método, se determina que estos no justifican la implementación del mismo, por ende, se deberá recomenzar e idear una nueva solución.

Importancia de la Ingeniería de Métodos en un sistema productivo: Si se considera al departamento de producción como el corazón de una empresa industrial, las actividades de métodos, estudio de tiempos y salarios son el corazón del grupo de fabricación. Más que en cualquier otra parte, es aquí donde se determina si un producto va a ser producido de manera competitiva. También es aquí donde se aplican la iniciativa y el ingenio para desarrollar herramientas, relaciones hombre-máquina y estaciones de trabajo eficientes para trabajos nuevos antes de iniciar la producción, asegurando de este modo que el producto pase las pruebas frente a la fuerte competición.

En esta fase es donde se emplea continuamente la creatividad para mejorar los métodos existentes y afirmar a la empresa en posición adelantada en su línea de productos. En esta actividad se puede mantener buenas relaciones laborales mediante el establecimiento de normas justas de trabajo, o bien, dichas relaciones pueden resultar afectadas de forma adversa por la adopción de normas no equitativas.

Objetivos y beneficios de la aplicación del estudio de métodos: Los objetivos principales de la Ingeniería de Métodos son aumentar la productividad y reducir el costo por unidad, permitiendo así que se logre la mayor producción de bienes para mayor número de personas. La capacidad para producir más con menos dará por resultado más trabajo para más personas durante un mayor número de horas por año. Los beneficios prácticos de la aplicación de la Ingeniería de Métodos son:

- Minimizan el tiempo requerido para la ejecución de trabajos.

- Conservan los recursos y minimizan los costos especificando los materiales directos e indirectos más apropiados para la producción de bienes y servicios.
- Efectúan la producción sin perder de vista la disponibilidad de energéticos o de la energía.
- Proporcionan un producto que es cada vez más confiable y de alta calidad.
- Maximizan la seguridad, la salud y el bienestar de todos los empleados o trabajadores.
- Realizan la producción considerando cada vez más la protección necesaria de las condiciones ambientales.
- Aplican un programa de administración según un alto nivel humano.

2.6.El Ciclo de Deming

El círculo PDCA es un procedimiento empleado en la mejora continua de procesos, además: “Es una guía lógica y racional para actuar en una gran variedad de situaciones, una de las cuales es resolver problemas” Escalante, 2011 (p.43)

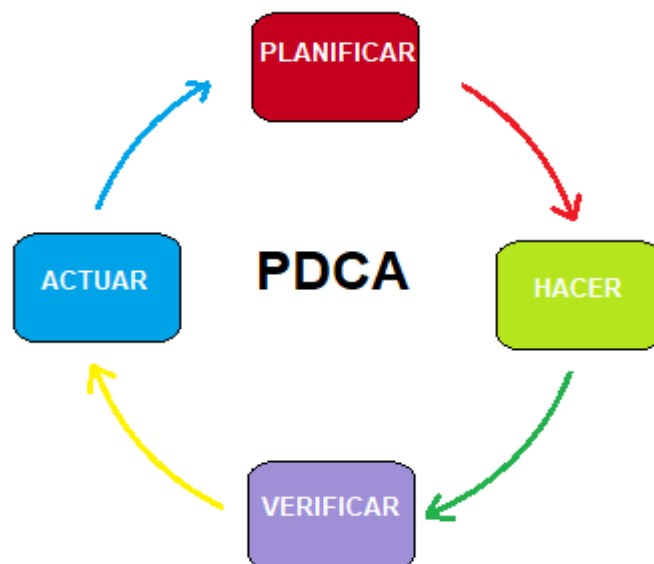


Figura 14. Círculo de Deming
Fuente: Elaboración Propia (2018)

Las fases o pasos del PDCA son los siguientes:

Planear

- Definir el problema/seleccionar la actividad
- Definir y describir el proceso

Hacer

- Evaluar los sistemas de medición
- Determinar las variables significativas
 - Evaluar la capacidad del proceso
 - Optimizar y robustecer el proceso

Verificar

- Validar la mejora

Actuar

- Controlar y dar seguimiento al proceso
- Mejorar continuamente

Para lograr los objetivos anteriores Deming plantea los siguientes puntos (14 puntos de Deming) para implementar la mejora de la calidad del proceso:

- Crear consistencia del propósito.
- Dirigir para promover el cambio.
- Construir calidad en el producto; dejar de depender de las inspecciones para encontrar los problemas.
- Construir relaciones de largo plazo con base en el desempeño en lugar de hacer negocios con base en el precio.
- Mejorar el producto, la calidad y el servicio de manera continua.
- Comenzar la capacitación.
- Enfatizar el liderazgo.
- Eliminar el temor.

- Derribar las barreras entre departamentos.
- Dejar de reprender a los trabajadores.
- Apoyar, ayudar y mejorar.
- Eliminar las barreras para sentir orgullo en el trabajo.
- Instituir un programa vigoroso de educación y auto superación.
- Hacer que todos en la compañía trabajen en la transformación

2.7. Diagrama Causa - Efecto (Ishikawa)

El objetivo de este diagrama consiste en buscar las diferentes causas que afectan el proceso o problema en particular y de esta forma se evita buscar de manera directa las soluciones sin antes conocer y cuestionar las verdaderas causas que originan el problema. Gutiérrez y De la Vara (2013) definieron que el diagrama de Ishikawa es un “Método gráfico que relaciona un problema o efecto con los factores o causas que posiblemente lo generan” (p. 147).

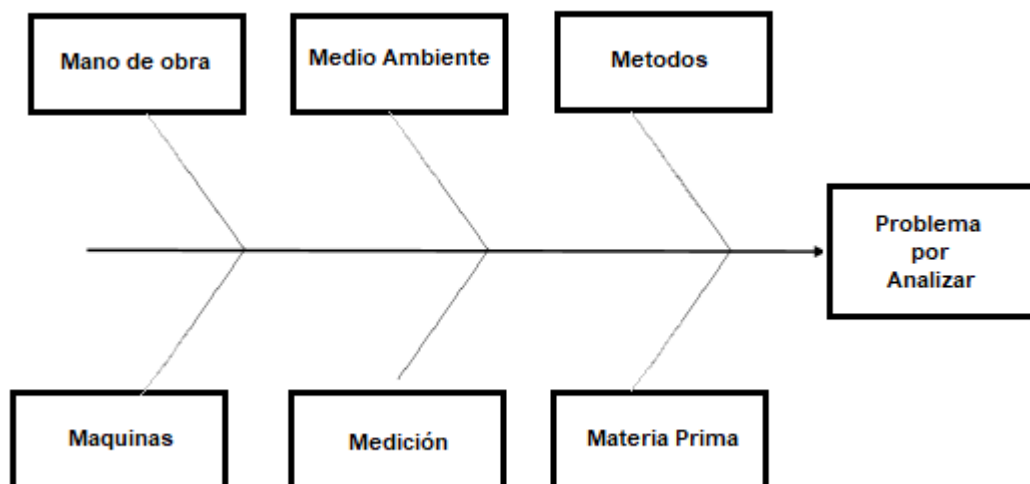


Figura 15: Diagrama de Ishikawa
Fuente: Elaboración propia (2018)

Los factores son los siguientes:

- **Métodos:** Los procedimientos usados en la realización de actividades.
- **Mano de obra:** La gente que realiza las actividades.
- **Materia prima:** El material que se usa para producir.
- **Medición:** Los instrumentos empleados para evaluar los procesos y productos.
- **Medio ambiente:** Las condiciones del lugar del trabajo.
- **Maquinaria y equipo:** Los equipos y periféricos usados para producir

Elementos claves del pensamiento de Ishikawa:

- La calidad empieza con la educación y termina con la educación.
- El primer paso a la calidad es conocer lo que el cliente requiere.
- El estado ideal de la calidad es cuando la inspección no es necesaria.
- Hay que remover la raíz del problema, no los síntomas.
- El control de la calidad es responsabilidad de todos los trabajadores.
- No hay que confundir los medios con los objetivos.
- Primero poner la calidad y después poner las ganancias a largo plazo.
- El comercio es la entrada y salida de la calidad.
- Los altos ejecutivos de las empresas no deben de tener envidia cuando un obrero da una opinión valiosa.
- Los problemas pueden ser resueltos con simples herramientas para el análisis.
- Información sin información de dispersión es información falsa.

2.8. Diagrama de Pareto

Gutiérrez y De la Vara (2013) definieron que el diagrama de Pareto es un “Gráfico de barras que ayuda a identificar prioridades y causas, ya que se ordenan por orden de importancia a los diferentes problemas que se representan en un proceso” (p.136). La utilidad principal del diagrama está respaldada por el principio de Pareto ley 80-20, donde se reconoce que pocos elementos vitales (20%) generan la mayor parte del efecto (80%), es decir, que más del 80% de la problemática en las industrias son generadas por causas comunes que actúan de manera repetitiva en los procesos y son muy pocos los problemas vitales que requieren ser priorizados.

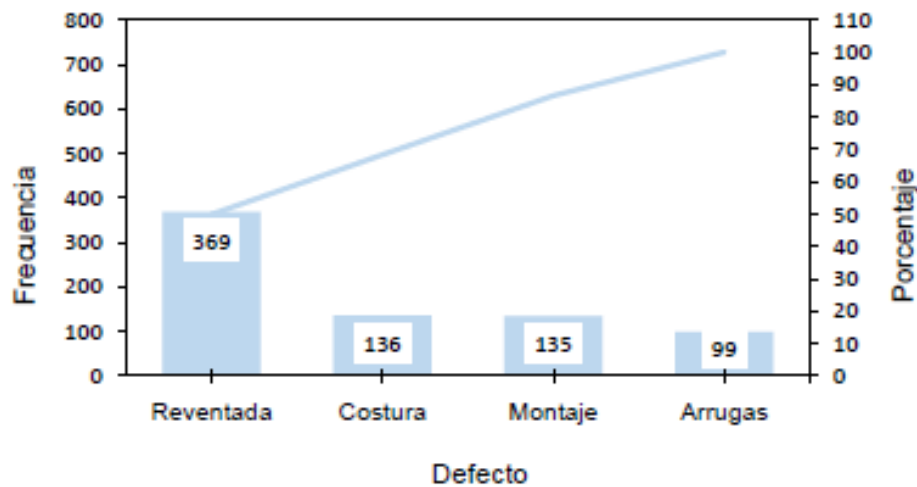


Figura 16: Diagrama de Pareto
Fuente: Tomado de Gutiérrez y De La Vara (2013).



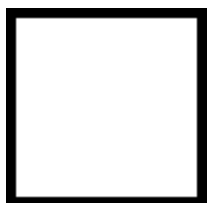


2.9 Diagrama de Análisis de Proceso.

El análisis de un proceso es la descomposición de este en sus diferentes fases de trabajo, a fin de estudiarlas y averiguar su eficiencia. Este es el punto de partida para mejorar los procesos. Existen distintos tipos de diagramas que permitan realizar este análisis, entre ellos se encuentra el Diagrama de Análisis de Proceso o DAP, es cual es una representación gráfica de la secuencia de todas las operaciones, transportes, inspecciones y almacenamientos que ocurren durante el proceso, asimismo incluye información necesaria para el análisis del proceso como: tiempos y distancias recorridas; este diagrama representa el proceso real.

En otras palabras, el Diagrama de Actividades del Proceso DAP, es una representación gráfica simbólica del trabajo realizado o que se va a realizar en un producto a medida que pasa por algunas o por todas las etapas de un proceso. Tiene como objetivos: Formarse una imagen de la secuencia total de acontecimientos que ocurren durante el proceso; estudiar los acontecimientos en forma sistemática; mejorar el manejo o manipulación de materiales; escoger operaciones para un estudio más detallado comparar métodos y estudiar las operaciones y demás acontecimientos en relación unos con otros. Emplea la simbología mostrada en la Tabla 6.

Tabla 6.

Simbología empleada en el Diagrama de Actividades del Proceso DAP.

Tipo	Descripción	Simbología
Operación	Se usa cuando se modifican intencionalmente las características físicas o químicas de un objeto o se está preparando para otra operación, transporte, inspección o almacenaje. Se produce también una operación cuando el operario proporciona o recibe información y cuando planea o calcula.	
Transporte	Se usa cuando se traslada un objeto o cuando una persona va de un lugar a otro, excepto cuando el movimiento forma parte de la operación o es causado por el operador en la estación de trabajo.	
Inspección	Se usa cuando se examina un objeto para identificarlo o cuando se verifica la calidad o cantidad de cualquier de sus características	
Demora	Se produce cuando un objeto o persona espera la acción planeada siguiente.	
Almacenamiento	Se usa cuando un objeto se guarda y protege contra el retiro no autorizado	

Fuente: blog.conductuempresa.com/2016/05/dap-estructura.html (2018)

2.10. Diagrama de Operaciones de Proceso (DOP).

El diagrama de operaciones del proceso (DOP) es un diagrama que muestra las operaciones principales del proceso y las inspecciones presentes en este. Por tal motivo solo se utilizan los símbolos de operación e inspección al momento de elaborar un DOP. Además, en su elaboración no se incluye quién realiza el proceso ya que se enfatiza en el proceso por sí mismo. Mediante esta herramienta es posible conocer las operaciones e inspecciones correspondientes a un proceso siguiendo un orden cronológico. Es por esto que las operaciones e inspecciones deben de estar debidamente numeradas.

La gráfica muestra la entrada de todos los componentes y subensambles al ensamble principal. De la misma manera como un esquema muestra detalles de diseño tales como partes, tolerancias y especificaciones, la gráfica del proceso operativo ofrece detalles de la manufactura y del negocio con sólo echar un vistazo. Para elaborar un diagrama es ésta clase se utilizan dos símbolos: un círculo pequeño para representar una operación, y un cuadrado que representa una inspección. Se llama operación a la transformación intencional de una pieza; se llama inspección a la comparación de la pieza con una norma o estándar para determinar su calidad. El diagrama une los símbolos con líneas rectas, las verticales indican la secuencia del proceso y las horizontales, que entroncan con las primeras, indican el material entrante al proceso. Se debe indicar el tiempo de cada operación o inspección.

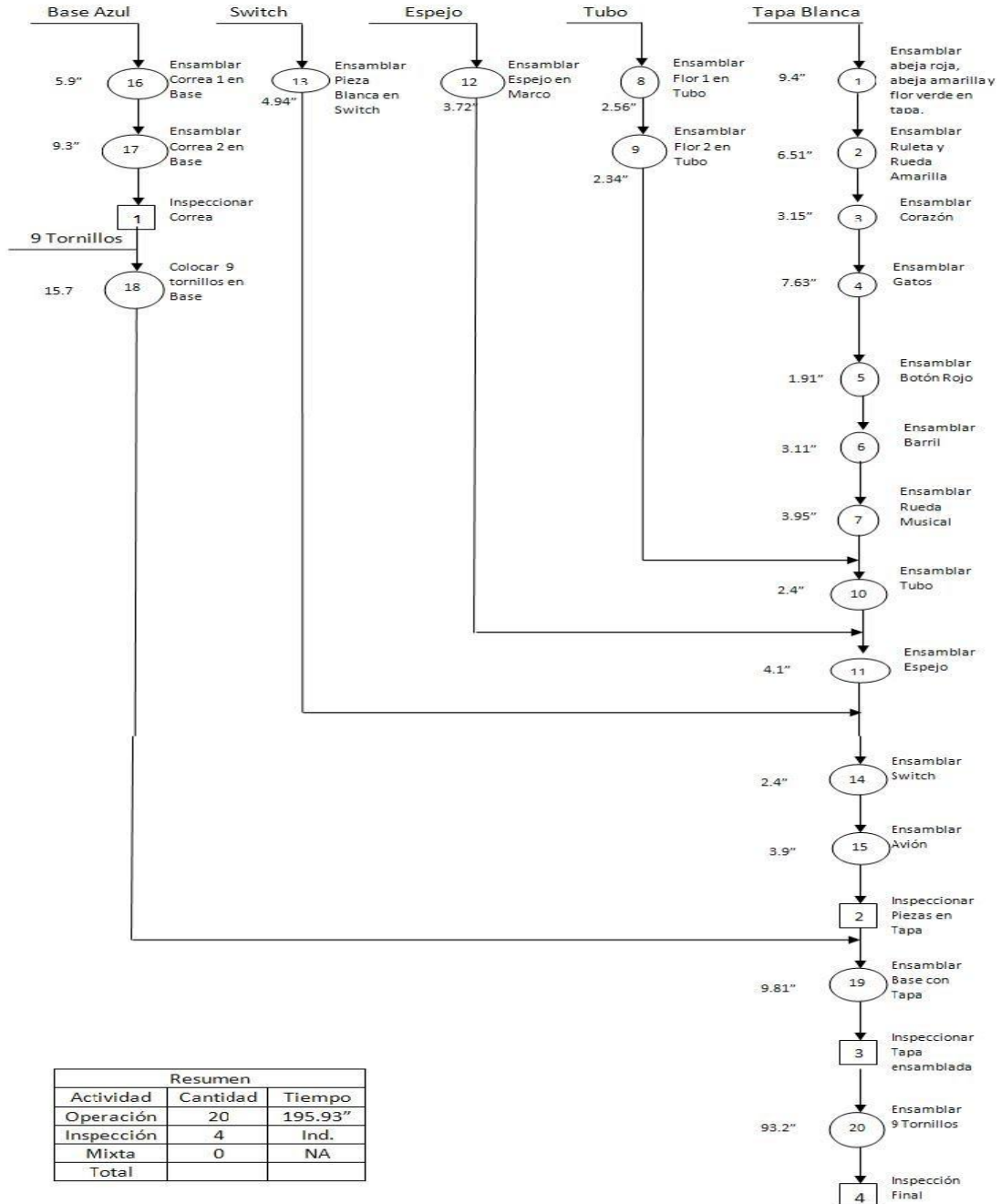
Antes de comenzar la construcción real de la gráfica de procesos operativos, los analistas identifican la gráfica por medio del título —Gráfica del proceso operativo—, e información adicional como el número de parte, número de plano, descripción del proceso, método actual o propuesto, fecha y nombre de la persona que elaboró la gráfica.

A continuación, se muestra un ejemplo de un diagrama de operaciones de proceso Las aplicaciones del DOP se dan tanto para procesos de fabricación como para procesos administrativos. Sirve como herramienta para diagnosticar los problemas actuales de los procesos en el nivel más general, para entrar a un mayor detalle se requiere de otras herramientas. En la figura 2.17 se muestra un ejemplo del DOP:

MEJORA DEL PROCESO DE SOLDADURA PARA REDUCIR COSTOS EN LA REPARACION DE PILOTES PARA UNA DEFENSA RIBEREÑA DE LA EMPRESA COIESU S.A.C.

Diagrama de Operación del Proceso

Concepto: Activity Center Método: Actual Hoja: 1 de 1
 Elaboró: García Vallejo Gabriela y Gutiérrez Zazueta Alicia Gpe. Código: 42-1K
 VoBo: Ing. Alejandra Arana Lugo Fecha: 21/05/14



Resumen		
Actividad	Cantidad	Tiempo
Operación	20	195.93"
Inspección	4	Ind.
Mixta	0	NA
Total		

Figura 18: Formato de Diagrama de Operaciones del Proceso DOP.
 Fuente: Salas (2013).

CAPÍTULO III. DESCRIPCIÓN DE LA EXPERIENCIA

El siguiente estudio tuvo como objetivo principal la mejora del proceso de soldadura en la reparación de pilotes para una defensa ribereña bajo la asesoría técnica de la empresa Coeisu SAC con el fin de evaluar la sustitución del método de Soldadura SMAW (Soldadura de arco con metal protegido) por el método FCAW (Soldadura de arco con núcleo fundente). La empresa Coiesu S.A.C. vio una oportunidad de mejorar el rendimiento de la reparación de pilotes para una defensa ribereña, con una visión de mejora en el proceso del soldeo, en base a la reducción de los costos y al mismo tiempo el incremento de la calidad. Para ello se hace un estudio inicial utilizando el diagrama de causa-efecto. En ella se evidencia que el costo en el aspecto de máquinas se manifiesta un exceso de horas maquina generada por paradas innecesarias y por el uso de una tecnología de soldeo desactualizada (SMAW).

Por lo anteriormente citado la empresa COIESU S.A.C se plantea la realización de una serie de pruebas y mejoras bajo el concepto PDCA o círculo de Deming, que permitan verificar la viabilidad económica y la mejora del proceso de soldadura en la reparación de pilotes para una defensa ribereña realizado mediante la aplicación del proceso de soldadura FCAW bajo la norma AWS (American Welding Society) código D1.1/D1.1 M-2015).

Para realizar dicha evaluación se hizo una caracterización mediante pruebas y ensayos de ambos métodos de soldadura, utilizando la metodología PDCA para determinar los parámetros necesarios que permitan mejorar el proceso de soldadura mediante un proceso en base a la norma AWS, la calificación de los operarios, la reducción de tiempos y materiales utilizados. Para cumplir con las metas trazadas en el plan de actividades de la experiencia laboral, el estudio cumplió con cinco etapas, las cuales se mencionan a continuación:

3.1. Diagnóstico de la situación inicial en relación con la aplicación de los métodos y tecnologías aplicados en los procesos de soldadura de la empresa. ´

La empresa Coiesu S.A.C. vio una oportunidad de asesorar a la empresa responsable de la reparación de Pilotes para una Defensa Ribereña, con una visión de mejora en el proceso del soldeo con respecto a la reducción de los costos y al mismo tiempo el incremento de la calidad. Para ello se hace un estudio inicial utilizando el diagrama de causa-efecto. En ella se evidencia que el costo en el aspecto de máquinas se manifiesta un exceso de horas maquina generada por el uso de una tecnología de soldeo desactualizada (SMAW).

En este sentido, el proceso de reparación de los Pilotes para una Defensa Ribereña, consiste en la reparación de la soldadura circunferencial de 320 juntas de tubos y láminas en acero al carbono ASTM A572 Grado 50, donde el proceso de soldeo toma gran importancia debido al costo, por tal motivo se requiere de un proceso que brinde mayor eficiencia en el proceso.



Figura 19: Defensa ribereña (Espigón)

Fuente: Tomada de la reparación de una defensa ribereña.

Características del tubo y láminas. El metal base que se utilizó en la reparación de Pilotes tiene las siguientes características:

Tabla 7.

Características del metal base.

<i>Dimensiones</i>	
Diámetro tubo	610 mm
Altura	12000 mm
<i>Material base</i>	
Acero ASTM A572 Gr 50	Espesor: 12 mm

Fuente: Especificaciones técnicas (2015).

Características del Acero ASTM A572 Gr 50: Las placas de acero de alta resistencia y baja aleación poseen mayor resistencia que las placas tradicionales de acero al carbón, además de contar con gran ductilidad, facilidad de rolado y soldado, dureza y resistencia a la fatiga. Estas placas de acero pueden reducir sustancialmente los costos de producción al dotar la resistencia requerida con un peso mucho menor. El tipo de acero que abarca esta especificación normalizada se considera cinco grados de acero estructural de alta resistencia y de baja aleación en perfiles, placas y barras.

Diagnóstico del proceso. El estudio de métodos se realiza con el Diagrama de Análisis de Procesos asociado al método SMAW, el cual se muestra en la figura 20., su respectivo DOP en la figura 21 y la toma de tiempos en la figura 22. El estudio del proceso se hace mediante la aplicación del diagrama de Causa y efecto con el fin de determinar las causas raíz de los problemas presentes en el mismo, el cual se muestra en la figura 23.

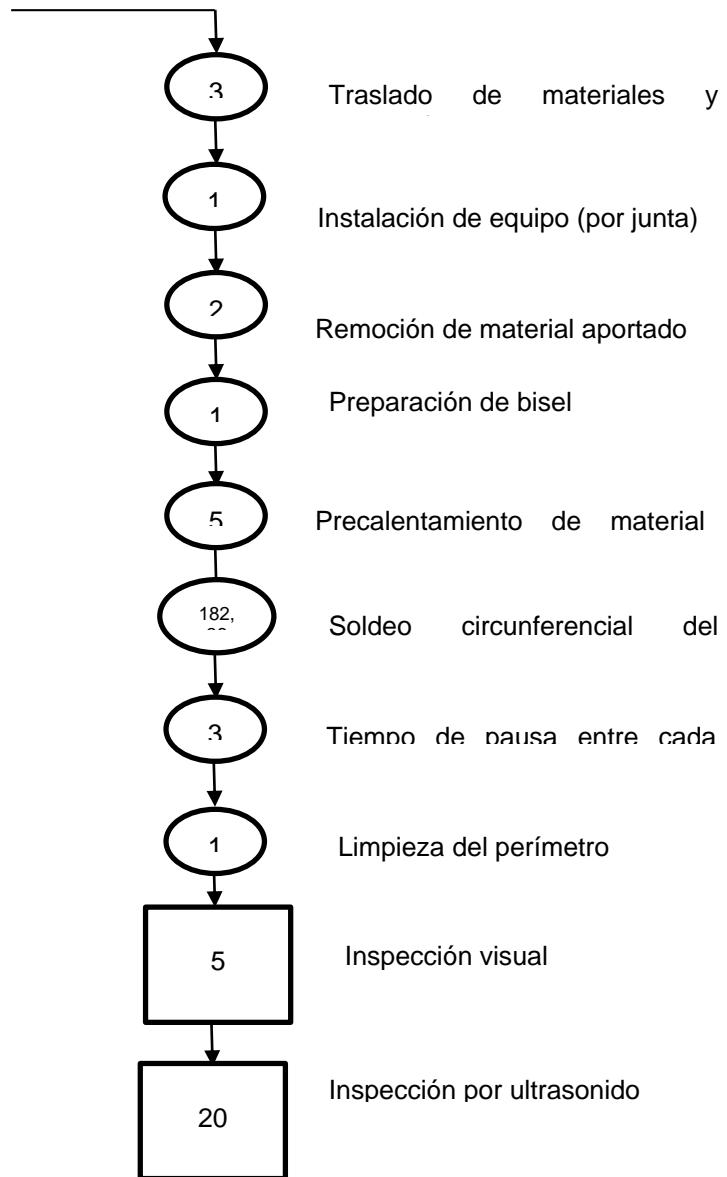
MEJORA DEL PROCESO DE SOLDADURA PARA
REDUCIR COSTOS EN LA REPARACION DE
PILOTES PARA UNA DEFENSA RIBEREÑA
DE LA EMPRESA COIESU S.A.C.

Diagrama de análisis de proceso - metodología SMAW									
Diagrama Num: 001		Hoja 1 de 1		Resumen					
Objeto: Evaluación metodología SMAW			Actividad		Actual	Propuesta	Economía		
Actividad:			Operación						
Método: Actual			Transporte						
Lugar: Defensa Ribereña			Espera/Demora						
Operario (s): 26		Fecha: 27/11/2018		Inspección					
Fecha:		Almacenamiento		Distancia (m)					
Aprobado por:		Fecha:		Tiempo (min-hombre)		7			
Compuesto por: G. Jiménez y W. Paquiyauri			Costo		Mano de obra S/. 236.593,99		Materiales S/. 125.644,00		
Aprobado por:			- Mano de obra		Maquinaria S/. 57.462,00				
			- Maquinaria y Material		274,36				
Descripción				Cantidad	Tiempo	Distancia	Símbolo		Observaciones
							○ □ D ⇨ ▼		
Traslado de materiales y personal				1	3	1		⇨	
Instalación de equipo (por junta)				1	10	2	○		
Remoción de material aportado				1	20	0	○		
Preparación de bisel				1	10	1	○		
Precalentamiento de material base				1	5	0	○		
Soldeo circunferencial del perímetro				8	182,36	0	○		
Tiempo de pausa entre cada soldeo				12	3	0	○		
Limpieza del perímetro				8	16	1	○		
Inspección visual				1	5	0		□	
Inspección por ultrasonido				1	20	0		□	
Total				35	274,36	5,00			

Figura 20: Diagrama de análisis de procesos asociado al método SMAW.

Fuente: Elaboración propia (2018).

Reparación de pilotes



Resumen		
Actividad	Cantidad	Tiempo
Operación	8	249.36''
Inspección	2	25'
Mixta	0	N.A
Total	10	274.36''

Figura 21: Diagrama de Operaciones de Procesos asociado al método SMAW
Fuente: Elaboración Propia (2018).

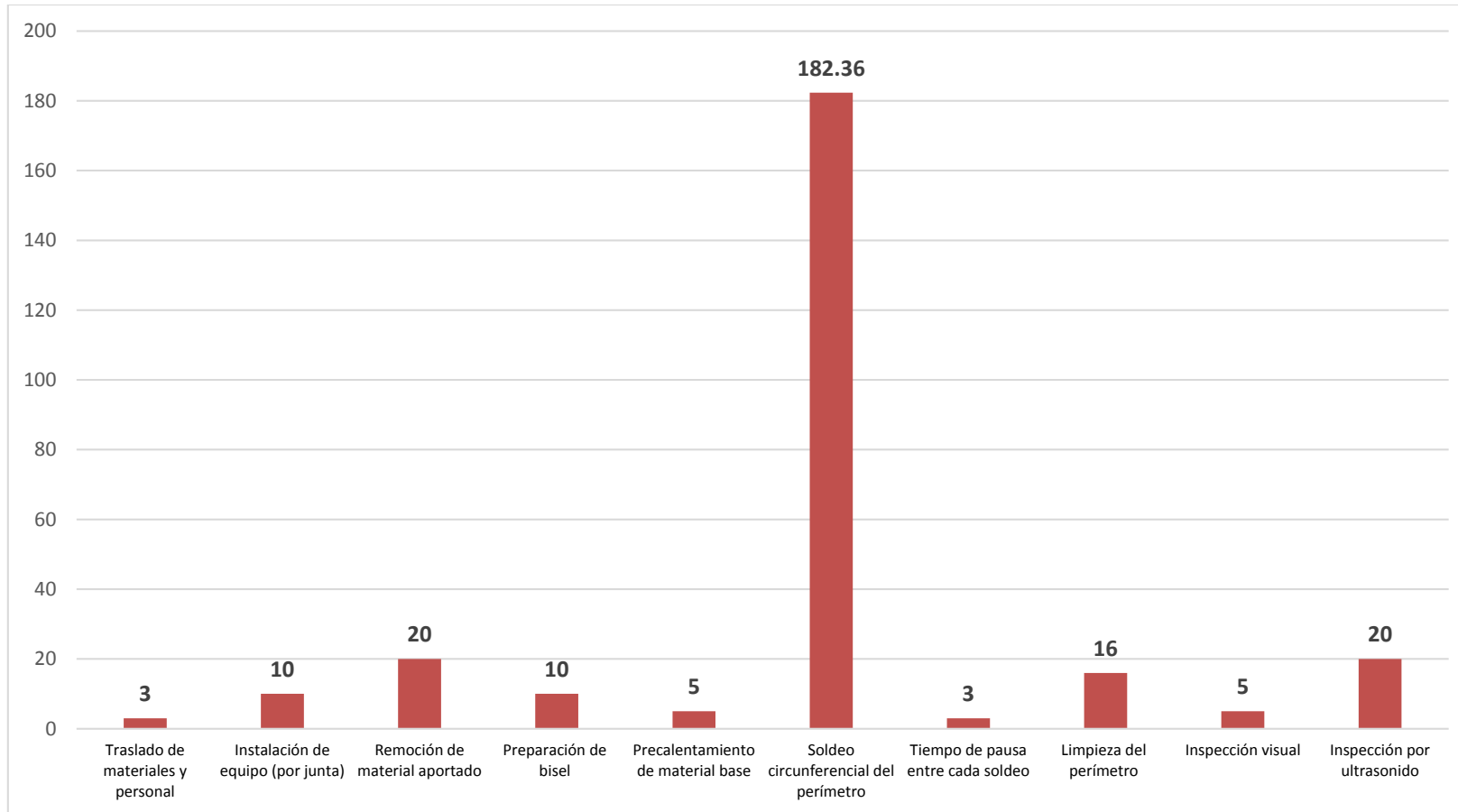


Figura 22: Representación gráfica de la toma de tiempos asociados al método SMAW

Fuente: Elaboración propia (2018).

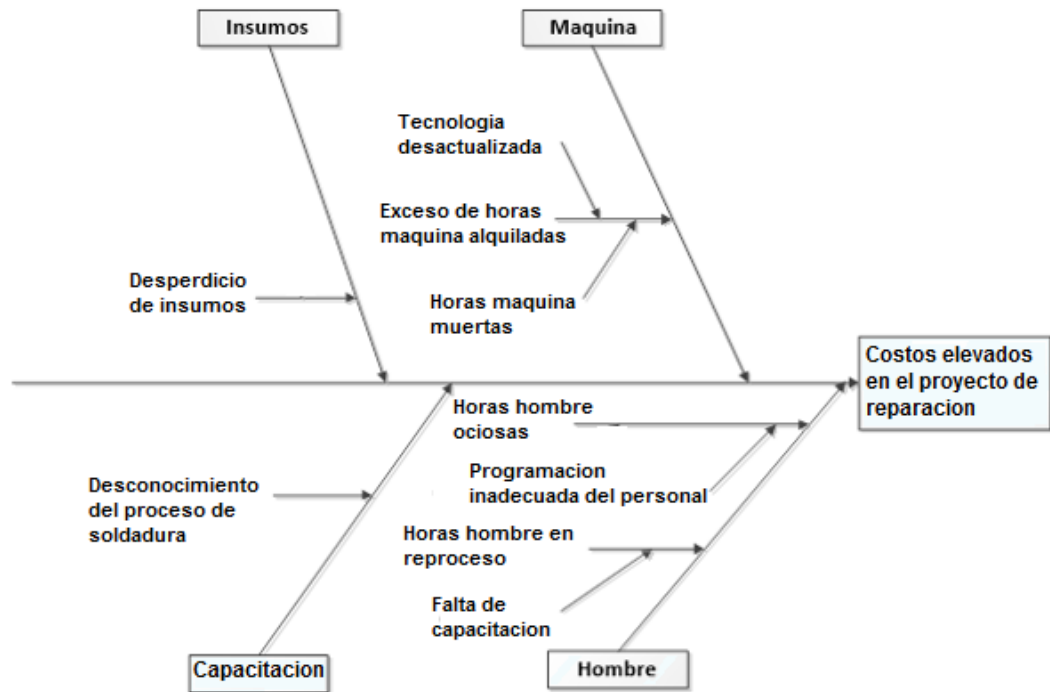


Figura 23. Diagrama de Causa y Efecto para identificar los problemas relacionados con la aplicación de los métodos y tecnologías aplicados en los procesos de soldadura de la empresa.

Fuente: Elaboración propia (2018).

Se determinaron un total de seis causas raíz que generan el elevado costo en el proceso de soldeo, seguidamente se hizo el análisis de prioridad de atención a la solución de las causas raíz haciendo uso del Diagrama de Pareto en función de tres criterios: Impacto, factibilidad y costo.

El factor impacto se refiere en el grado que la causa raíz genera un impacto en el costo del proceso de soldeo, para lo cual se le otorga los siguientes puntajes: 1 punto para el impacto bajo, 2 puntos para el impacto medio, y 3 puntos para el impacto alto.

El factor factibilidad se refiere al grado de complejidad de solución de la causa raíz y para el cual se otorgan los siguientes puntajes: 1 punto para un grado altamente o muy poco factible, 2 puntos para un grado medio de complejidad, y 3 puntos para un grado de baja complejidad.

El factor costo se refiere al grado de inversión que se requiere para la implementación de la solución de la causa raíz y para el cual se otorgan los siguientes puntajes: 1 punto para el costo alto, 2 puntos para el costo medio, y 3 puntos para el costo bajo.

Tabla 8:

Evaluación de los problemas relacionados con la aplicación de los métodos y tecnologías aplicados en los procesos de soldadura de la empresa.

Causas Raíz	Criterios de Priorización				Prioridad
	Impacto	Factibilidad	Costo		
Tecnología desactualizada	3	3	2		18
Horas maquina muertas	1	2	3		6
Programación inadecuada de personal	1	2	3		6
Rotura de stock de insumos	1	2	2		4
Falta de capacitación del personal	1	3	1		3
Factores climáticos adversos en área de soldeo	2	1	1		2

Fuente: Elaboración propia (2018).

Tabla 9.

Priorización de los problemas relacionados con la aplicación de los métodos y tecnologías aplicados en los procesos de soldadura de la empresa.

Código	Causas Raíz	Prioridad	Porcentaje	Porcentaje acumulado
CR1	Tecnología desactualizada	18	46%	46%
CR2	Horas maquina muertas	6	15%	62%
CR3	Programación inadecuada de personal	6	15%	77%
CR4	Rotura de stock de insumos	4	10%	87%
CR5	Falta de capacitación del personal	3	8%	95%
CR6	Factores climáticos adversos en área de soldeo	2	5%	100%
Total		39	100%	

Fuente: Elaboración propia (2018)

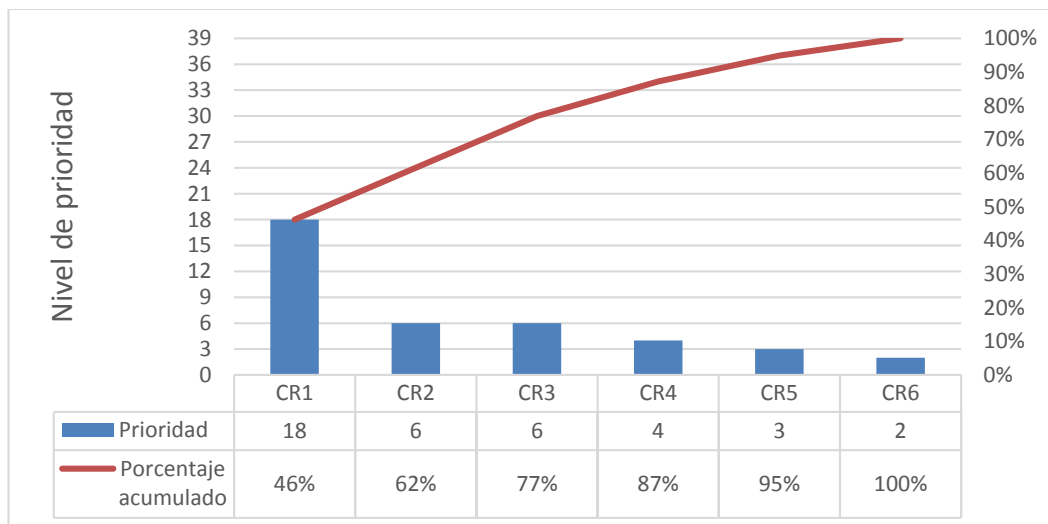


Figura 24. Diagrama de Pareto para priorizar los problemas relacionados con la aplicación de los métodos y tecnologías aplicados en los procesos de soldadura de la empresa.

Fuente: Elaboración propia (2018).

De acuerdo al análisis de prioridad se determina que la causa raíz referida a la tecnología desactualizada tiene la mayor prioridad de solución, por lo cual se procedió a analizar este aspecto. Sin embargo, existe en el mercado otra tecnología conocida como soldadura FCAW cuyo desempeño es superior y aunque su inversión inicial en equipos es mayor respecto a la soldadura SMAW su rendimiento a largo plazo compensa dichos costos. Sin embargo, se debe evaluar varios parámetros como el tiempo de ejecución de las tareas, el nivel de desperdicio generado, la tasa de deposición, el conocimiento del método por parte del soldador, las características de la estructura.

Comparación grafica entre el proceso SMAW Y FCAW

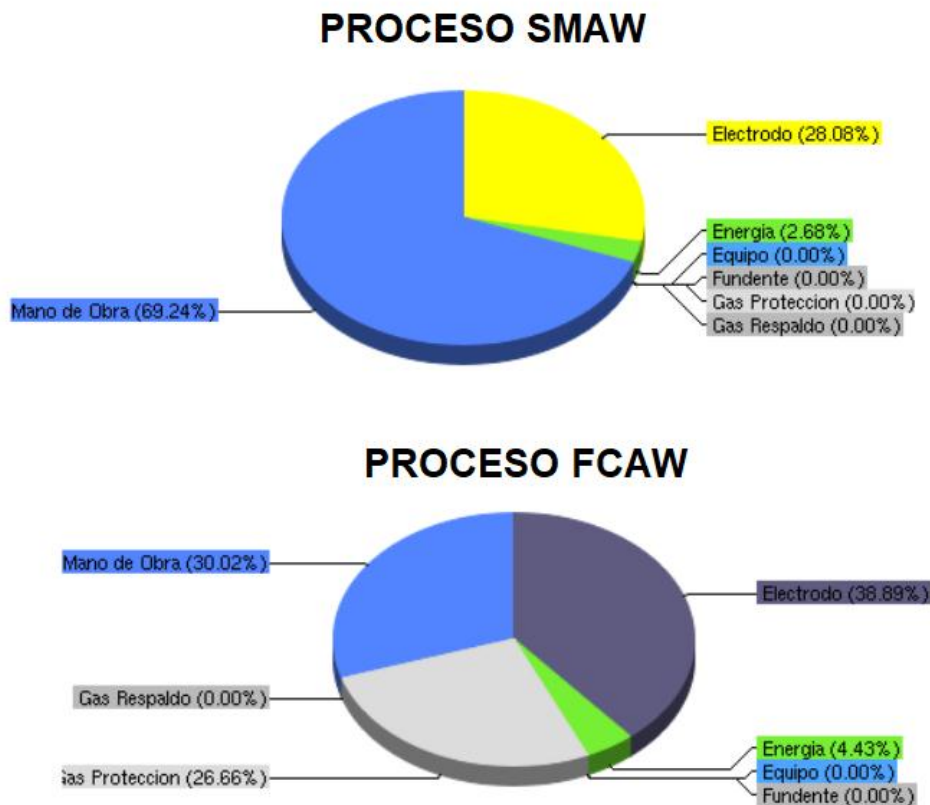


Figura 25. Comparación de los procesos SMAW y FCAW

Fuente: Manual de soldadura Indura (2016).

De la figura anterior se obtiene que básicamente el costo de la soldadura SMAW proviene mayormente de la mano de obra con un 69,24 %, y del consumible (electrodos) con un 28.08% del costo total.

Diagnóstico del método SMAW: como desventajas detectadas para este método, en líneas generales, se podría decir que es menos ecológico a comparación con otros procesos, se necesita remover la escoria y si no se le da una adecuada limpieza entre cordones el cordón puede sufrir una serie de discontinuidades; es un proceso lento, debido a la baja tasa de deposición y a la necesidad de retirar la escoria. La tasa de deposición es baja, debido a que el electrodo sólo puede consumirse hasta una longitud mínima (unos 5 cm); No resulta productivo para espesores mayores de 28 mm y no es aplicable a metales de bajo punto de fusión, debido a que el intenso calor del arco es excesivo para ellos, además de limitación en lugares de difícil acceso.

Viabilidad del estudio: Para determinar la viabilidad del estudio se deben considerar los siguientes aspectos, adicional a los elementos desarrollados a lo largo de la investigación, por lo que se recomienda a la organización considerar estos aspectos para garantizar la sostenibilidad en el tiempo de la propuesta. Esta justificación requiere un importante esfuerzo analítico de preparación, ya que existen muchas variables que pueden afectar la viabilidad de un plan:

- a) Cumplimiento de los cronogramas de trabajo: Los trabajos tienen que ser entregados dentro de un plazo determinado para entregar beneficios. Si se exceden los límites fijados, puede acabarse con los beneficios que lo justifican.
- b) Cambios en las especificaciones y alcance: este tipo de variaciones deben ser cuidadosamente evaluadas, en la medida de lo posible, para determinar su impacto en la generación final de beneficios de la iniciativa.
- c) Problemas de calidad: durante la fase de ejecución, puede ocurrir que se haga imposible de cumplir con las expectativas iniciales en materia de calidad. Este descubrimiento puede tener un efecto inmediato en la aprobación del cliente y, por tanto, la capacidad de uso de los productos por parte del usuario final.
- d) Evaluación calidad y costo: Los cambios necesarios aplicables a la calidad deben ser evaluados teniendo en cuenta el costo que implican y su repercusión en los beneficios.

Tabla 10.

Estudio de métodos relacionados con la aplicación de los métodos y tecnologías aplicados en los procesos de soldadura de la empresa.

Etapas	Análisis del proceso	Análisis de la operación
SELECCIONAR el trabajo al cual se hará el estudio.	Reducir los costos a través de la mejora del proceso de soldeo con el fin de lograr una reducción en el costo del proceso de soldeo para la reparación de Pilotes para una Defensa Ribereña.	Plan de mejora del proceso de soldadura bajo la tecnología FCAW para reducir costos relacionados con insumos, maquinarias y mano de obra de la reparación de Pilotes.
REGISTRAR toda la información referente al método actual.	El proceso de reparación de los Pilotes para una Defensa Ribereña, consiste en la reparación de la soldadura circunferencial de 320 juntas de tubos y láminas en acero al carbono ASTM A572 Grado 50.	Recopilación de la información relacionada con: Características de materiales. Diagrama de análisis de operación actual.
EXAMINAR críticamente lo registrado.	Se determinaron un total de seis causas raíz que generan el elevado costo en el proceso de soldeo, seguidamente se hizo el análisis de prioridad de atención a la solución de las causas raíz haciendo uso del Diagrama de Pareto en función de tres criterios: Impacto, factibilidad y costo.	Diagrama de causa y efecto. Diagrama de Pareto.
IDEAR el método propuesto.	La tecnología utilizada para el proceso de soldeo era la soldadura SMAW, en la cual el calor de la soldadura se genera por un arco eléctrico entre la pieza de trabajo y un electrodo consumible metálico.	Sin embargo, se debe evaluar varios parámetros como el tiempo de ejecución de las tareas, el nivel de desperdicio generado, la tasa de deposición, el conocimiento del método por parte del soldador, las características de la estructura.

Etapas	Análisis del proceso	Análisis de la operación
DEFINIR el nuevo método (Propuesto).	Se presentan las acciones para la implementación de mejoras en el proceso de soldadura de la reparación de Pilotes de una Defensa Ribereña basadas en la metodología PDCA (círculo de Deming) para aumentar la productividad en la empresa contratista en el año 2018	Diagrama de análisis de operación del método propuesto. Evaluación comparativa del costo y beneficio de la implementación de las mejoras desde la perspectiva de los insumos, mano de obra y maquinarias.
IMPLANTAR el nuevo método	Plan de mejoras para adaptar los procesos de soldadura en la empresa bajo la tecnología FCAW.	Elaboración de Procedimientos para pruebas. Elaboración de pruebas de soldadura. Comparación de procesos SMAW Y FCAW mediante pruebas de soldadura en ambos procesos Estudio de riesgos laborales.
MANTENER en uso el nuevo método.	Inspeccionar regularmente.	Inspeccionar regularmente. Desarrollar el WPS Y PQR de las pruebas de soldadura Crear las tablas de riesgos laborales y definir las medidas de prevención de los mismos. Calificación de todos los soldadores de la empresa en el uso del proceso de soldeo FCAW.

Fuente: Elaboración propia (2018).

3.2. Implementación un plan de mejoras para adaptar los procesos de soldadura en la empresa bajo la tecnología FCAW.

En esta sección del estudio se presentan las acciones para la implementación de mejoras en el proceso de soldadura de la reparación de Pilotes de una Defensa Ribereña basadas en la metodología PDCA (círculo de Deming) para aumentar la productividad en la empresa contratista en el año 2018.

Debido al altísimo nivel de competitividad actual, las empresas necesitan mejorar continuamente sus actividades y recursos con la finalidad de orientarlos hacia mejores resultados, mediante la utilización de herramientas y metodologías que permitan a las organizaciones configurar su proceso de gestión y mejora continua. Utilizando el Ciclo PDCA (o círculo de Deming) como herramienta básica para lograr tal fin, permite la implementación de un sistema de mejora continua cuyo objetivo final es la autoevaluación, permitiendo conocer a las organizaciones sus fortalezas y las áreas de mejora en las que se deberá actuar con el fin de mantener la competitividad. En el Anexo 2 se detalla el manual del Plan de mejora para la implementación.

Tabla 11.

Componentes del plan de mejoras para adaptar los procesos de soldadura en la empresa bajo la tecnología FCAW.

Elemento	Diagnóstico del proceso
Objetivos	Diagnosticar los problemas presentes en el proceso productivo de la empresa.
Actuaciones	Reunión del comité con el departamento de soldadura y calidad de la empresa para definir las condiciones actuales en cuanto al proceso de soldadura. Aplicar herramientas de mejora de procesos (PCDA, Diagrama de Pareto) para determinar los factores que afectan al proceso actual y la implementación de nuevas tecnologías.
Responsable	Comité de mejora. Jefe de Soldadura. Jefe de Control de Calidad.
Recursos	Papelería, Normas AWS.
Procedimiento	Describir, analizar y documentar los factores incidentes en la realización del proceso de soldeo de la empresa.
Cronograma	Semana 1 Julio de 2018
Indicadores	Circulo de Deming, Diagrama de Ishikawa , Diagrama de Pareto
Elemento	Elaboración de Procedimientos para pruebas
Objetivos	Desarrollar el WPS Y PQR de las pruebas de soldadura
Actuaciones	Reunión del comité con el departamento de soldadura y calidad de la empresa para definir los parámetros de las pruebas de soldadura.
Responsable	Comité de mejora.
Recursos	Papelería, Normas AWS.
Procedimiento	Plasmar en formato las condiciones en que se llevaran a cabo las pruebas y los requisitos de acuerdo a la Norma D1.1/ D1.1 M 2015
Cronograma	Semana 1 Julio de 2018
Indicadores	WPS, PQR, Aplicación de normas.
Elemento	Comparación de procesos SMAW Y FCAW mediante pruebas de soldadura en ambos procesos.
Objetivos	Obtener los tiempos promedios de las etapas del proceso de soldeo según el WPS inicial.
Actuaciones	Realizar selección de 2 Soldadores por cada método de soldeo
Responsable	Jefe de Soldadura y Jefe de Control de calidad

Tabla 11.

Componentes del plan de mejoras para adaptar los procesos de soldadura en la empresa bajo la tecnología FCAW (Cont.).

Procedimiento	WPS 01, WPS 01
Cronograma	Semana 1 Julio de 2018
Indicadores	Tiempo de soldeo, Calidad de la soldadura.
Elemento	Estudio de riesgos laborales
Objetivos	Obtener los factores que pueden poner en riesgo al trabajador durante el proceso de soldeo. Crear un manual de prevención de riesgos laborales.
Actuaciones	Crear las tablas de riesgos laborales y definir las medidas de prevención de los mismos.
Responsable	Jefe de seguridad industrial
	<i>Fuente:</i> Elaboración propia
Recursos	Normas aplicables. Papelería.
Procedimiento	Mediante un estudio en el sitio de realización de las pruebas se verifican y se documentan todas las posibles causas de accidente
Cronograma	Semana 1 Julio de 2018
Indicadores	Riesgos laborales, Uso de equipo requerido, Condiciones del ambiente
Elemento	Calificación de Soldadores
Objetivos	Calificación de todos los soldadores de la empresa en el uso del proceso de soldeo FCAW
Actuaciones	Cursos de Soldadura FCAW por especialista dentro de la empresa. Calificación de los soldadores bajo el WPS Y PQR de proceso verificado bajo las normas AWS D1.1/1.1 M-2015
Responsable	Especialista FCAW. Comité de mejora. Jefe de soldadura.
Recursos	Máquinas para Soldeo SMAW (Lincon LR-322) Y FCAW (Miller 420) y sus respectivos accesorios. Insumos: Cronometro, Combustible para generación de energía, electrodos,(E-7018 D: 1/8 pulg – E71H D: 1,2 MM) Material Arco-Aire, Equipo Arco aire, Esmeril, Cepillo de Alambre, Medidor de ultrasonido, Calibrador de bisel) Personal: Soldador, ayudante, supervisor de área, armador, inspector de soldadura, comité de mejora.
(2018).	
Procedimiento	Realizar curso acerca de la soldadura FCAW. Mediante PRUEBA INDIVIDUAL verificar que cada soldador cumple con los conocimientos y la habilidad necesaria para realizar el soldeo con FCAW establecidos en el WPS y PQR de proceso
Cronograma	Semana 1 Julio de 2018
Indicadores	Aprobación de curso y pruebas de soldadura bajo WPS y PQR de proceso.

Costos de la implementación del proceso FCAW

De acuerdo al estudio realizado y la experiencia de la empresa Coeisu SAC, el mayor costo de la implementación del sistema FCAW en su etapa inicial es la realización de las pruebas de soldadura y la certificación de soldadores, más un 15% correspondiente a gastos de personal (comité), papelería y otros insumos menores, por lo que este será el factor a evaluar. Se procede a analizar y estimar los costos asociados con el proceso de pruebas y calificación de soldadura FCAW requerido de acuerdo a las especificaciones del cliente, el cual indicará el costo final de un proceso de soldadura de acuerdo a cada variable que interviene en el proceso requerido como son:

- Equipo de soldeo y corte
- Mano de obra
- Insumos de seguridad
- Herramientas manuales
- Materiales Consumibles
- Gastos administrativos y operativos, transporte, papelería y otros insumos, equivalentes al 15% de total de los gastos incurridos.

Costo de Máquinas y equipos de Soldeo.

De acuerdo a los requerimientos de la empresa Coeisu SAC y del trabajo a realizar (trabajo de campo), el equipo a utilizar será alquilado a una empresa especialista en el área, la cual garantiza el correcto funcionamiento, calibración y asesoría técnica. El costo de alquiler de los equipos para realizar las pruebas de soldadura y la calificación de soldadores son los siguientes:

Tabla 12.

Costo de máquinas y equipos de soldeo.

Ítem	Cantidad	Alquiler (Soles/día)	Costo total (Soles)
Alquiler de máquinas de soldadura SMAW	2	57.00	114,00
Alquiler de máquinas de soldadura FCAW	2	80.00	160,00
Alquiler de un grupo electrógeno	2	512.00	1024,00
Alquiler de un equipo arco aire	2	145,00	290,00
Total Costo (Soles)			1588,00

Fuente: Elaboración propia (2018)

Costo de mano de obra: Al igual que el ítem anterior se considera el proceso de implementación, pruebas y de calificación de soldadores. Este monto equivale a un total de 192 horas/hombre, y se utiliza para definir y procedimiento y el análisis de recursos humanos de la propuesta (Ver método 5W1H en Anexo 2 y procedimiento de implementación en Anexo 3)

Tabla 13.

Costo de mano de obra.

Ítem	Cant.	día	Costo día/	Costo total
Soldadores	4	2	150.00	1.200,00
Armadores	1	2	126,66	253,32
Ayudantes	4	2	63,33	506,64
Supervisor	1	2	233,33	466,66
Inspectores	2	2	376,00	1.504,00
Total Costos (Soles)				3.930,62

Fuente: Elaboración Propia (2018)

Costos de insumos de seguridad

Estos insumos se utilizan tanto para las pruebas de soldadura como para la calificación de soldadores.

Tabla 14.

Costo de Insumos de seguridad.

Descripción	Cant (Unidad)	Precio (Soles)	Unitario Precio (Soles)	Total
Guantes API	6		27,00	162,00
Delantal	6		19,00	114,00
Mangas	6		18,00	108,00
Gafas	6		8,00	48,00
P. Auditivos	6		3,00	27,00
Mascarilla	6		18,00	108,00
P. Facial	6		8,00	48,00
Ropa de trabajo	6		70,00	420,00
Botas	6		100,00	600,00
			Total Costos (Soles)	1,635,00

Fuente: Elaboración Propia (2018)

Herramientas manuales: Las herramientas manuales se utilizan para el proceso de pruebas y de calificación de soldadores.

Tabla 15.

Costo de herramientas manuales.

Descripción	Cantidad (U)	Precio Unitario (S/)	Precio Total (S/)
Escuadra	3	6,00	18,00
Flexo metro	2	5,00	10,00
Plomada	1	18,00	18,00
Martillo	2	36,00	72,00
Nivel	2	27,00	54,00
Centro punto	1	15,00	15,00
Llaves	3	105,00	315,00
Calibrador	1	550,00	550,00
Amoladora	2	750,00	1.500,00
Total Costos (Soles)			2.552,00

Fuente: Elaboración Propia (2018)

Costos de Materiales Consumibles: En lo referente a los costos de los materiales se mencionan los consumibles más utilizados en el proceso de soldadura.

Tabla 16.

Costo de Materiales Consumibles

Descripción	Cantidad (U)	Precio Unitario (Soles)	Precio Total (Soles)
Electrodos E7018	1 lata	280,00	280,00
Alambre Protegido E71H	1 rollo	186,00	186,00
Disco Corte	10 unidades	7,00	70,00
Disco Desbaste	10 unidades	8,00	80,00
Vidrio Negro N. 11 Y 12	8 unidades	2,00	16,00
Material Arco aire	3 cajas	512,00	1536,00
Combustible generación energía	180,00 galones	13,80	2484,00
Gas CO2	4 botellas	90,00	360,00
Total Costos (Soles)			5012,00

Fuente: Elaboración Propia (2018)

De acuerdo a los valores anteriores el proceso de pruebas y calificación de soldadores tuvo un costo de 14.717,62 Soles. Como se explicó anteriormente hay que agregar los costos menores equivalentes al 10 % más un 5% por imprevistos.

El costo total de implementación será entonces:

$$CTI: 1,15 \bullet CPC = 1,15 \bullet 14.717,62 = 16.925,26 \text{ Soles}$$

CTI: 16.925,26 Soles

3.3. Evaluación del costo y beneficio de la implementación de las mejoras desde la perspectiva de los insumos

Cálculos preliminares para determinar los costos asociados de la reparación.

Estructuras a soldar

Diseño en junta a tope en media “V” de penetración completa

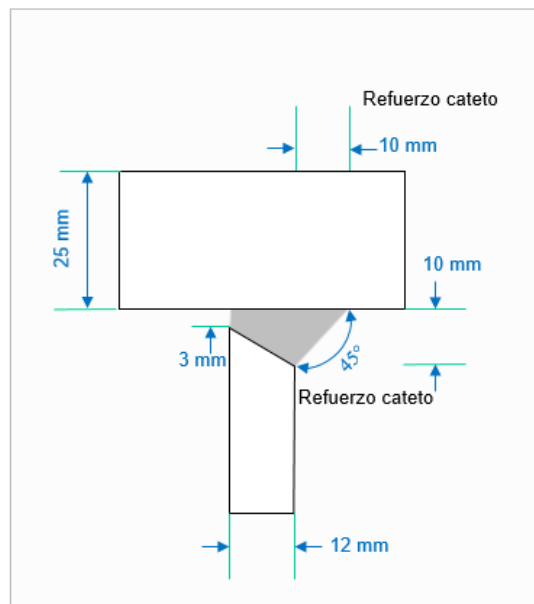


Figura 26. Diseño de la unión circunferencial Tubo-Placa
Fuente: Elaboración propia (2018)

Calculo del área del diseño de junta: El área de la junta de soldadura de la reparación, está determinada por el área del cordón y el área del refuerzo (filete), de acuerdo a la siguiente figura:

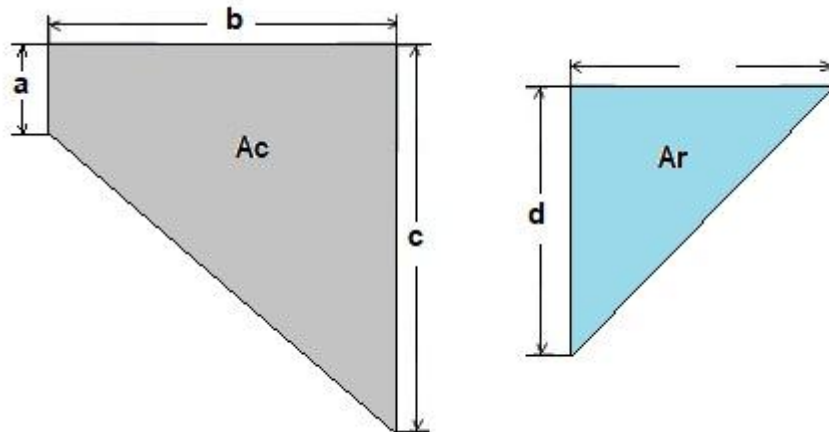


Figura 27. Área de Soldadura.
Fuente: Elaboración propia (2018)

Donde:

$$a = 3 \text{ mm}$$

$$b = 12 \text{ mm}$$

$$c = 15 \text{ mm}$$

$$d = 10 \text{ mm}$$

El área de soldadura se determina de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$A_s = A_c + A_r = b(a+c)/2 + (d^2)/2$$

Sustituyendo los valores:

$$A_s = 12(15+3)/2 + (10^2)/2 = 158 \text{ mm}^2$$

La longitud de la soldadura es equivalente al perímetro del tubo, entonces:

$$L_s = \pi \cdot dt$$

Donde:

$$Dt = 610 \text{ mm}$$

Entonces=

$$L_s = \pi \cdot 610 \text{ mm} = 1916 \text{ mm}$$

Se calcula la densidad de los materiales de aporte, para ambos procesos de soldadura de acuerdo a la composición química de las tablas del fabricante.

$$\sigma = \frac{\text{Fe}\% \cdot \sigma_{\text{fe}} + \text{C}\% \cdot \sigma_{\text{c}} + \text{Mn}\% \cdot \sigma_{\text{mn}} + \text{Si}\% \cdot \sigma_{\text{si}} + \text{P}\% \cdot \sigma_{\text{p}} + \text{S}\% \cdot \sigma_{\text{s}} + \text{Cr}\% \cdot \sigma_{\text{cr}} + \text{Ni}\% \cdot \sigma_{\text{ni}} + \text{Mo}\% \cdot \sigma_{\text{mo}}}{100}$$

Las densidades de los elementos son los siguientes, Fe, C, Mn, Si, P, S, Cr, Ni y Mo 7.874, 2.26, 7.43, 2.33, 1.82, 2.07, 7.19, 8.9 y 10.2 g/cm³

$$\sigma_{\text{E71T-1C}} = 7,8209 \text{ gr/cm}^3$$

$$\sigma_{\text{E7018}} = 7,8173 \text{ gr/cm}^3$$

El peso del material depositado teórico o PMD se determina por:

$$\text{PMD} = \text{As} \cdot \text{Ls} \cdot \sigma_{\text{Material de aporte}}$$

$$\text{As} = 158 \text{ mm}^2 = 158 \text{ mm}^2$$

$$\text{Perímetro} = 1916 \text{ mm}$$

$$\sigma_{\text{Material de aporte}} = 7,82 \text{ gr/cm}^3$$

Sustituyendo los valores respectivos:

$$\text{PMD} = 158 \text{ mm} \cdot 1916 \text{ mm} \cdot 7,82 \text{ gr/cm}^3 = 2367,96 \text{ gr}$$

Entonces la cantidad de metal de aporte requerido para soldar una junta completa (un tubo) es de:

$$\text{PMD} = 2.37 \text{ kg}$$

Calculo de material requerido por junta de acuerdo al método de soldadura SMAW:

Para el método de soldadura SMAW se tiene una eficiencia de deposición de 60-70% de acuerdo al manual de soldadura INDURA. Entonces la cantidad de material en Kilogramos que se requiere para soldar una junta completa usando el método SMAW será:

$$\text{PMD (SMAW)} = 2,37 \text{ kg} / 0.6 = 3,95 \text{ kg}$$

Calculo de material requerido por junta de acuerdo al método de soldadura FCAW:

Para el método de soldadura FCAW se tiene una eficiencia de deposición de 80-90% de acuerdo al manual de soldadura INDURA. Entonces la cantidad de material en Kilogramos que se requiere para soldar una junta completa usando el método SMAW será:

$$\text{PMD (FCAW)} = 2,37 \text{ kg} / 0.8 = 2,96 \text{ kg}$$

Calculo del material de aporte total para los métodos de soldadura SMAW y FCAW:

De acuerdo a las condiciones de la reparación de Pilotes se contempla la soldadura de 320 juntas a tope de penetración completa (JCP)

Cantidad de material de aporte total para el método SMAW

$$\text{PMD SMAW total} = 3,95 \text{ kg} \times 320 = 1264 \text{ kg}$$

Cada Lata de electrodos E-7018 contiene un total de 20 kg.

Entonces la cantidad de latas de electrodos requerida será de:

$$\text{latas Electrodos E-7018 (SMAW)} = 1264 \text{ Kg} / 20 \text{ Kg} = 63,2 \text{ latas}$$

$$\text{Total } 63,2 \text{ latas (redondeo)} = 64 \text{ latas}$$

Cantidad de material de aporte total para el método FCAW

$$\text{PMD SMAW total} = 2,96 \text{ kg} \times 320 = 947,2 \text{ kg}$$

Ya que cada rollo de alambre tiene un peso aproximado de 15 kg.

Entonces la cantidad de rollos de alambre para el proceso FCAW será de:

$$\text{Rollo de alambre (FCAW)} = 947,2 \text{ Kg} / 15 \text{ Kg} = 63,14 \text{ Rollos}$$

$$\text{Total } 63,14 \text{ Rollos (Redondeo)} = 64 \text{ Rollos}$$

Consumos del Gas protección

Para el consumo de gas que se emplea en la unión soldada necesitaremos conocer el valor del flujo de gas (Se obtiene del WPS), la razón de deposición del material, 2.5 Kg/h (valores obtenidos del gráfico del fabricante) y la masa utilizada en la junta.

$$V_{\text{gas}} = F_{\text{gas}} * \left(\frac{1}{Rd}\right) * M_{E71T-1C}$$

Se tiene el valor del flujo de gas que es de 17 Lt/m que es utilizado en campo, cumpliendo la función de proteger el charco de soldadura para así evitar defectos como falta de fusión, fisuras, porosidades, entre otros. Hay que recordar que estos valores son extraídos del WPS tomando en cuenta la posición de soldeo.

$$V_{\text{gas}} = 17 \frac{\text{L}}{\text{min}} * \frac{60 \text{ min}}{1 \text{ h}} * \frac{1 \text{ cm}^3}{10^3 \text{ L}} \left(\frac{1 \text{ h}}{2.5 \text{ Kg}}\right) * 2.37 \text{ kg}$$

$$V_{\text{gas}} = 966.96 \text{ m}^3$$

Costo de gas utilizado: Con el valor del gas utilizado en la junta, procedemos a multiplicar por el costo del gas. El valor de la botella de gas es de S/.90, con un volumen de gas aproximado de 10.5 m³ (hoja técnica CO2).

$$C_{\text{gas}} = V_{\text{gas}} * B_{\text{gas}} \left(\frac{\text{S/.}}{\text{m}^3} \right)$$

$$C_{\text{gas}} = 0.966 \text{ m}^3 \left(\frac{\text{S/.90}}{10.5\text{m}^3} \right)$$

$$C_{\text{gas}} = \text{S/. 8.28}$$

De esta forma, en la Tabla 17 se muestra la comparativa de costo de insumos usando método SMAW y método FCAW:

Tabla 17.

Comparativa de costo de Insumos usando método SMAW y método FCAW.

Ítem	Utilizando Proceso SMAW			Utilizando Proceso FCAW		
	CANT	Costo S/	Costo total S/.	CANT	Costo S/	Costo total S/.
Material de aporte (electrodo revestido)	64 latas	280,00	17.920,00	64 rollos	186,00	11.904,00
Combustible (para generación de energía)	5.580 galones	13,80	77.004,00	3.600 Galones	13,80	49.680,00
Material arco aire (electrodo carbono)	60 cajas	512,00	30.720,00	60 cajas	512,00	30.720,00
Gas CO2	-	-		30 Botellas	90,00	2.700,00
	Total costo S/. (SMAW)		125.644,00	Total costo S/. (FCAW)		95.004,00

Fuente: Elaboración propia (2018).

Análisis de los resultados: De la tabla comparativa anterior de los costos de insumos asociados de la reparación respecto al costo de insumos para ambos métodos de soldadura, se observa que usando FCAW se obtendrá una disminución de costo total de 30.640,00 Soles. Se hace una representación gráfica en la figura 28:

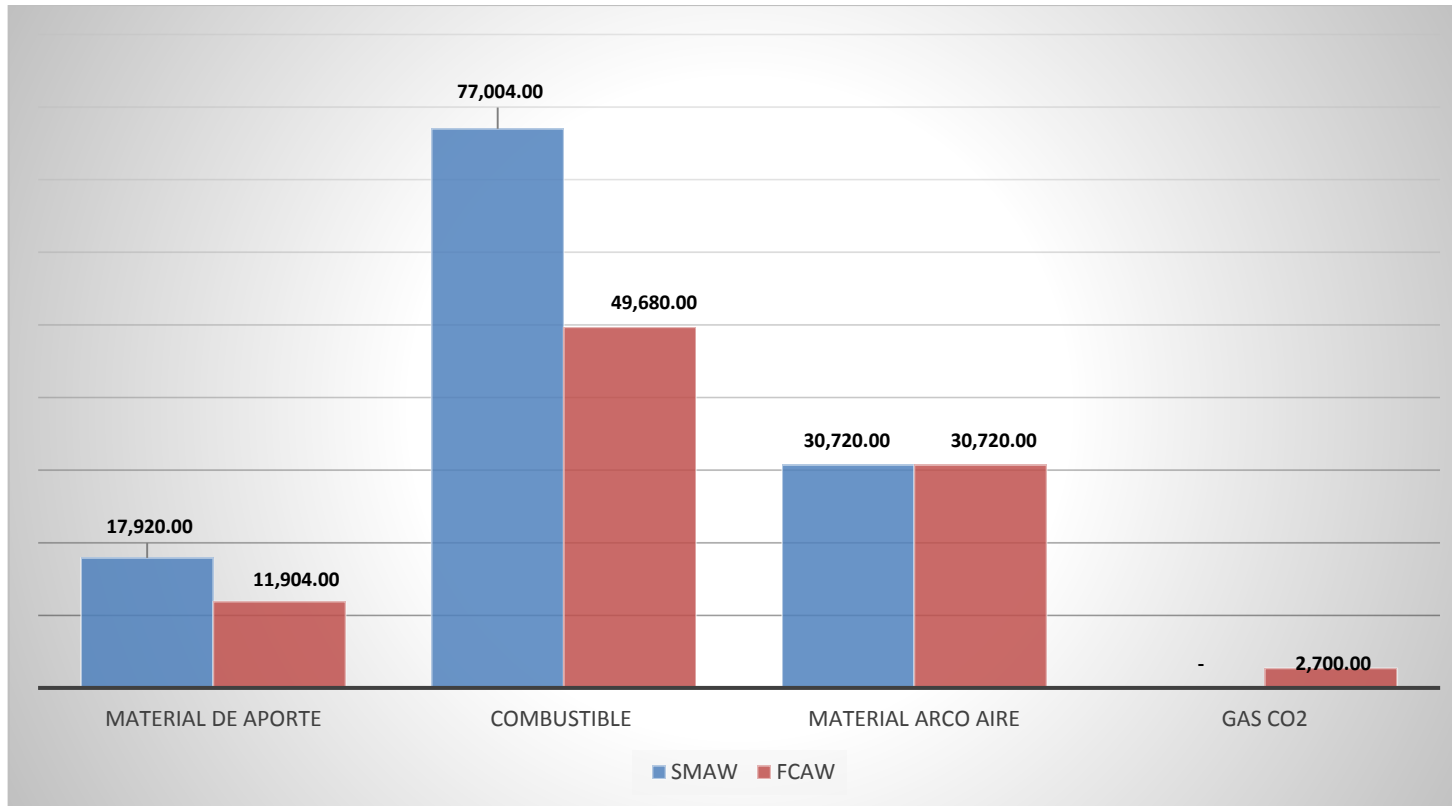


Figura 28. Comparativa de costo de Insumos usando método SMAW y método FCAW

Fuente: Elaboración propia (2018).

3.4. Evaluación del costo y beneficio de la implementación de las mejoras desde la perspectiva de la mano de obra requerida.

El proceso de soldeo se realiza siguiendo los siguientes pasos (Obtenido en las pruebas de soldadura):

Traslado del personal, equipo y materiales al lugar de trabajo: 3 minutos

Instalación de equipo (por junta) – (10 minutos para SMAW Y 20 minutos para FCAW)

Remoción de material aportado - 20 minutos

Preparación de bisel – 10 minutos

Pre calentamiento de material base – 5 minutos

Soldo primer pase a raíz del perímetro (8 pasos para SMAW Y 6 pasos para FCAW)

Limpieza del perímetro (8 y 6 se repiten de acuerdo al número de pases)

Inspección visual: 5 minutos

Inspección por ultrasonido: 20 minutos

Cálculo del tiempo de soldeo para los métodos de soldadura SMAW y FCAW de acuerdo a la velocidad de avance:

La velocidad de avance de acuerdo a las pruebas realizadas es de:

Va (SMAW) = 8-11 cm/min (Se utilizó el promedio o 9.5 cm/min)

Va (FCAW)= 12-23 cm /min (Se utiliza el promedio de 17.5 cm/min)

Para la junta circunferencial completa cuya longitud es de 191,6 cm se tiene que:

Total tiempo para la junta usando SMAW= $191,6 \text{ cm} / 9,5 \text{ cm/min} = 20,17 \text{ min}$

Va (SMAW)= 20,17 min

Total tiempo para la junta usando FCAW= $191,6 \text{ cm} / 17,5 \text{ cm/min} = 10,95 \text{ min}$

Va (FCAW)= 10,95 min

Cálculo comparativo entre la soldadura SMAW (Shielded Metal Arc Welding), Soldadura por Arco de electrodo revestido y la soldadura FCAW (Flux-Cored Arc welding), Soldadura por Arco con Núcleo Fundente

Cálculo del tiempo total de soldeo con SMAW (8 pases)

- Traslado del personal, equipo y materiales al lugar de trabajo: 3 minutos
- Instalación de equipo (por junta)= 10 minutos
- Remoción de material aportado =20 minutos
- Preparación de bisel = 10 minutos
- Precalentamiento de material base= 5 minutos
- Soldeo circunferencial del perímetro= 20.17 minutos + 12 interrupciones (15 segundos). Total = 23.17 x 8 pases = 185.36 minutos
- Limpieza del perímetro 2 minutos por pasada Total 16 minutos en 8 pases
- Inspección visual =5 minutos
- Inspección por ultrasonido= 20 minutos

Tiempo Total SMAW = 274,36 MINUTOS = 4,57 horas

Tiempo total de soldeo de reparación del proceso SMAW= 320 • 4,57 horas = 1.462,40 horas \cong 61 días

Calculo del tiempo de soldeo con FCAW (6 pasadas)

- Traslado del personal, equipo y materiales al lugar de trabajo: 3 minutos
- Instalación de equipo (por junta) = 20 minutos
- Remoción de material aportado =20 minutos
- Preparación de bisel = 10 minutos
- Precalentamiento de material base= 5 minutos
- Soldeo circunferencial del perímetro= 10,95 minutos + 3 interrupciones (3 minutos). Total = 13.95 x 6 pases = 83,7 minutos
- Limpieza del perímetro 2 minutos por pasada Total 12 minutos en 6 pasadas.
- Inspección visual =5 minutos
- Inspección por ultrasonido= 20 minutos.

Total tiempo para una junta circunferencial usando FCAW = 178,70 minutos = 2,97 horas

Tiempo total de soldeo de reparación del proceso FCAW= 320 • 2,97 horas = 953,07 horas \cong 40 días.

Tabla 18.

Comparativa de costo de Mano de Obra usando método SMAW y método FCAW

Ítem	Usando proceso SMAW				Usando proceso FCAW				
	Cant.	Costo día/	Días	Costo total S/.	Cant.	Costo día S/	Días	Costo total S/.	
Soldadores	10	150,00	61	91.500,00	10	150,00	40	60.000,00	
Armadores	6	126,66	61	46.357,56	6	126,66	40	30.398,40	
Ayudantes	10	63,33	61	38.631,30	10	63,33	40	25.332,00	
Supervisor	1	233,33	61	14.233,13	1	233,33	40	9.333,20	
Inspectores	2	376,00	61	45.872,00	2	376,00	40	30.080,00	
Total costo S/.				236.593,99	1.1. Total costo S/.				155.143,60

Fuente: Elaboración Propia (2018)

Análisis: de los costos asociados de la reparación desde la perspectiva de la mano de obra, para ambos métodos de soldadura, se obtiene que usando FCAW se obtendrá un ahorro total de 81.450,39 Soles. Cabe destacar que la diferencia de costos en mano de obra, proviene de la diferencia de tiempo de ejecución de ambos procesos (61 días vs 40 días) motivado principalmente por el bajo rendimiento del proceso SMAW. Se hace una representación gráfica en la figura 29.

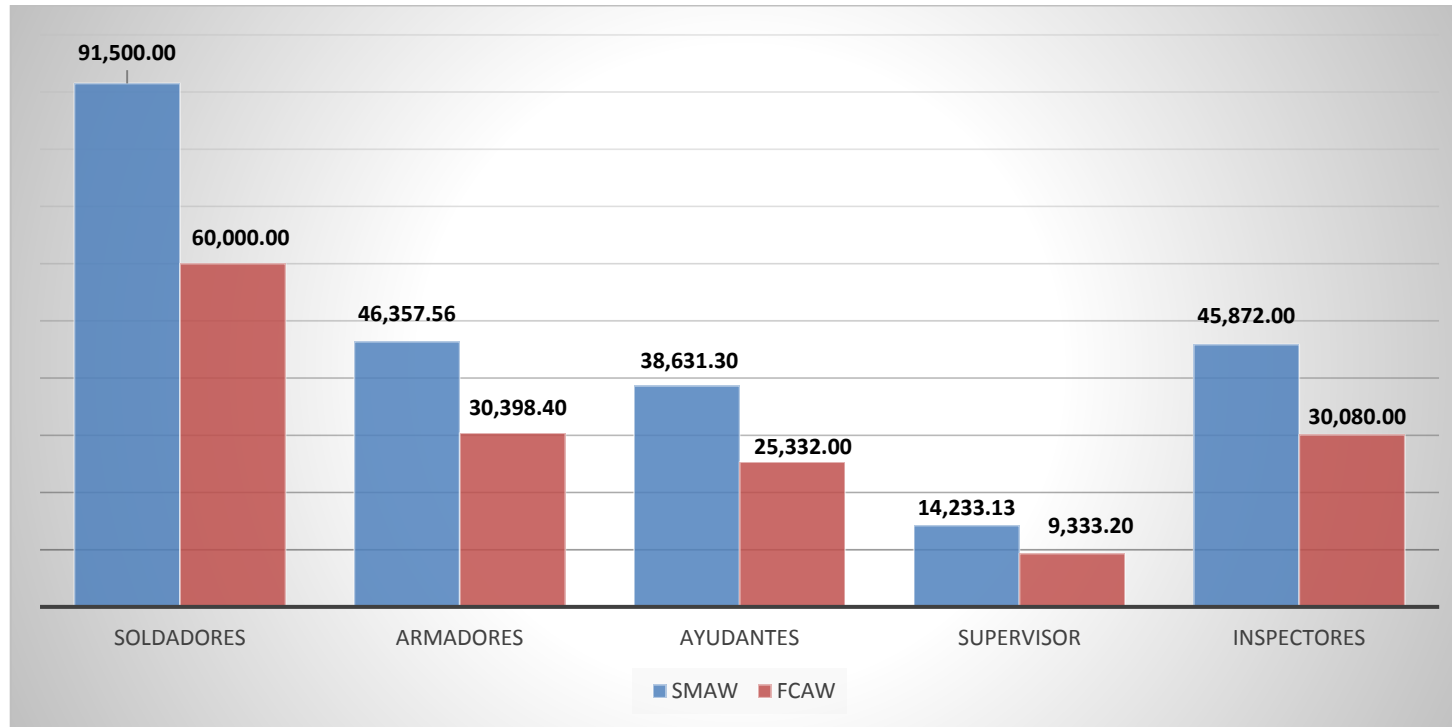


Figura 29. Comparativa de costo de mano de obra usando método SMAW y método FCAW

Fuente: Elaboración propia (2018).

3.5. Evaluación del costo y beneficio de la implementación de las mejoras desde la perspectiva de horas máquina.

La última de las evaluaciones consistió en del costo y beneficio de la implementación de las mejoras desde la perspectiva de horas máquina, la cual se extrae de los costos comparativos del alquiler de equipos. De esta forma, en la Tabla 19 se muestra la comparativa de costo de maquinarias usando método SMAW y método FCAW:

Tabla 19.

Comparativa de costo de maquinaria usando método SMAW y método FCAW.

Item.	Utilizando Proceso SMAW				Utilizando Proceso FCAW				
	Cant.	Costo por día (24hrs) S/.	Días	Costo total	Cant	Costo por día (24hrs) S/.	Días	Costo Total	
Alquiler de máquinas de soldadura	5	285,00	61	17.385,00	5	400,00	40	16.000,00	
Alquiler de grupo electrógeno	1	512,00	61	31.232,00	1	512,00	40	20.480,00	
Alquiler de equipo arco aire	1	145,00	61	8.845,00	1	145,00	40	5.800,00	
Total costo S/				57.462,00	Total costo S/				42.280,00

Fuente: Elaboración Propia (2018)

Análisis: A partir de la tabla anterior se obtiene que los costos de maquinaria para el proceso FCAW son menores al del proceso SMAW, con una disminución de costos total de 15.182 Soles. Cabe destacar que, aunque los costos de alquiler de las máquinas de soldar para el proceso FCAW son superiores a los de SMAW (400 soles/día vs 285 soles/día), el menor tiempo de realización de la reparación compensa esta diferencia de costos. Se hace una representación gráfica en la figura 30.

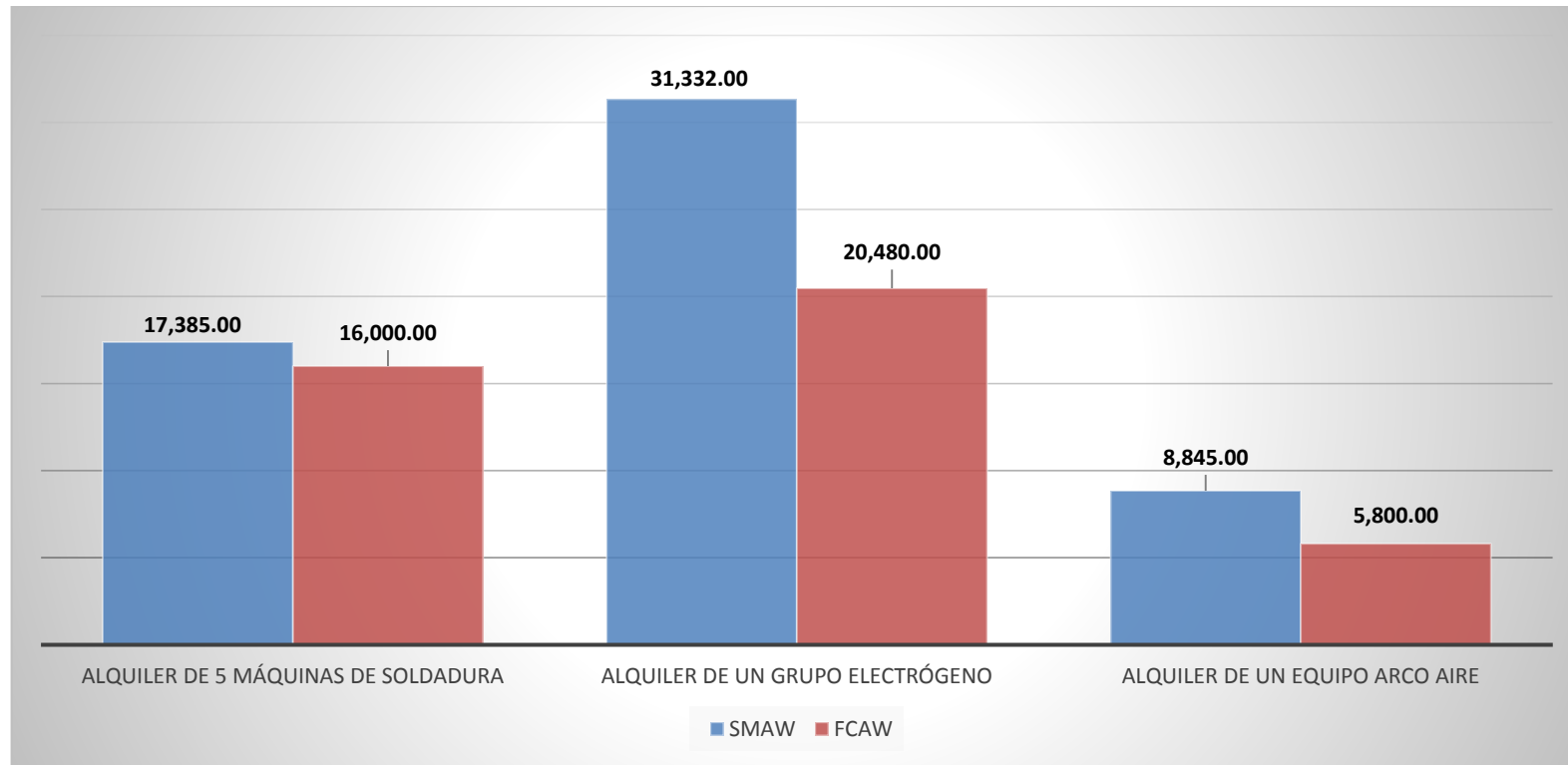


Figura 30. Comparativa de costo de maquinaria usando método SMAW y método FCAW

Fuente: Elaboración propia (2018).

CAPÍTULO IV. RESULTADOS

A partir del estudio comparativo de los procesos de soldadura SMAW y FCAW aplicado en la reparación de Pilotes para una Defensa Ribereña, la aplicación de la metodología de mejoramiento de procesos (PDCA, diagrama de Pareto y diagrama de Ishikawa) se obtuvieron los siguientes resultados.

- a) La forma de distribuir los costos es la denominada proporcional o según avance, ya que el costo se distribuye de forma proporcional al avance de la tarea.
- b) Los costos de ejecución totales de la reparación se determinan a partir del costo de máquinas, costos de insumos y el costo de personal más un diez (10) % adicional de imprevistos menos los costos asociados al proceso de implantación (CTI).

Costos totales de la reparación usando el método de soldeo SMAW

Tabla 20.

Costos totales de la reparación usando el método de soldeo SMAW

Total costo en máquinas con SMAW 61 días S/.	57.462,00
Total costo de insumos con SMAW 61 días S/.	125.644,00
Total costo de mano de obra con SMAW 61 días S/.	236.593,99
Subtotal S/.	419.699,99
Otros (10% del subtotal)	41.969,99
Total costo SMAW S/.	461.679,98

Fuente: Elaboración propia (2018).

De la tabla 19 de costos totales asociadas al método de soldadura SMAW se obtiene que el elemento de mayor costo es la mano de obra, la cual representa el 51,24 % (ver figura 4.1) del costo total sin incluir imprevistos. El costo total de la reparación utilizando el proceso de soldeo SMAW asciende a 461.669, 98 Soles.

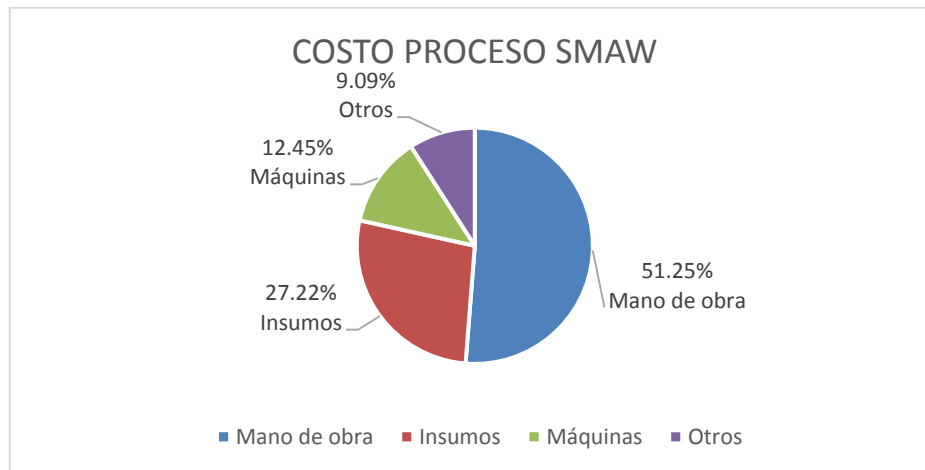


Figura 31: Porcentajes de costos totales asociados al método SMAW
Fuente: Propia (2018).

Tabla 21.

Costos totales de la reparación usando el método de soldeo FCAW

Total costo en máquinas con FCAW 40 días S/.	42.280,00
Total costo de insumos con FCAW 40 días S/.	95.004,00
Total costo de mano de obra con FCAW 40 días S/.	155.143,60
Subtotal S/.	292.427,60
Otros (10% del subtotal)	29.242,76
Total costo FCAW S/.	321.670,36

Fuente: Elaboración Propia (2018).

Resultado 2: De la tabla 20, de costos totales asociadas al método de soldadura FCAW se obtiene que el elemento de mayor costo al igual que en el proceso SMAW es la mano de obra, la cual representa el 48,23 % (ver figura 4.2) del costo total sin incluir imprevistos. El costo total de la reparación utilizando el proceso de soldeo FCAW asciende a 321.670,36 Soles, el cual es menor al proceso SMAW.

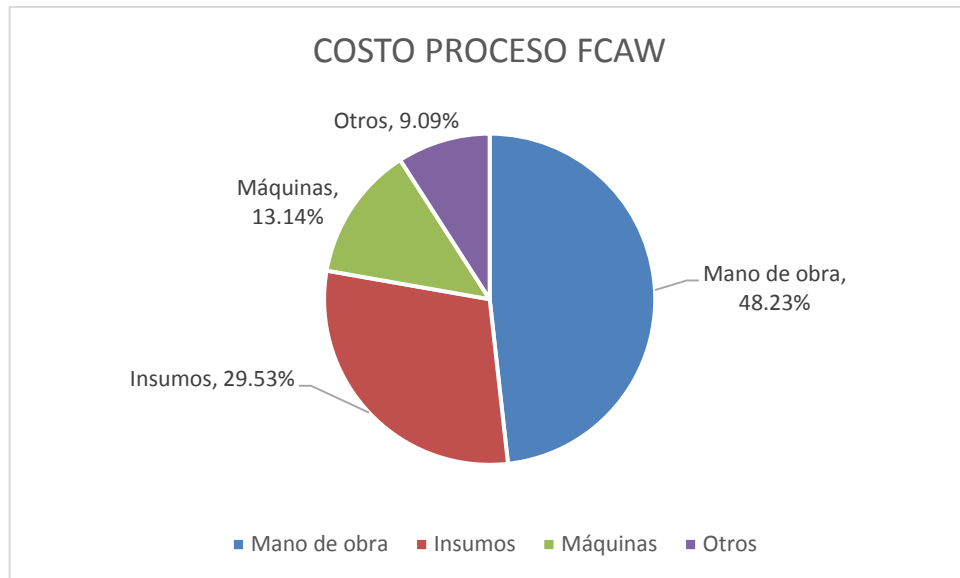


Figura 32: Porcentajes de costos totales asociados al proceso FCAW

Fuente: Elaboración Propia (2018).

Tabla 22.

Comparativa de costos totales de la reparación (SMAW y FCAW).

Total costo SMAW S/. (61 días)	461.679,99
Total costo FCAW S/.(40 días)	321.670,36
Diferencia de costo total (Soles)	140.009,62
Total de Costo de Implementación (Soles)	16.925,26
Total ahorro de la reparación (Soles)	123.084,36

Fuente: Elaboración Propia (2018).

Análisis: De la tabla comparativa de costos totales asociadas a los métodos de soldadura SMAW y FCAW se obtiene que el ahorro en costos netos es de 140.009,62 Soles y de 123.084,36 Soles. Un factor de gran relevancia es el tiempo de ejecución de aproximadamente 52,5 % menor (61 días SMAW vs 40 días FCAW), lo que se traduce en que la aplicación del método de soldadura basado en FCAW es el procedimiento óptimo a ser utilizado, por tener un menor tiempo de ejecución y un rendimiento económico superior.

Sustento del ahorro económico: solicitó una cotización a la empresa Daedalus Corp. El cual tuvo contacto con la empresa contratista quien realizara la reparación de pilotes de la defensa ribereña mediante el área de logística, como investigadores se analizaron los precios en que fluctúan los materiales de aporte y así se pudieron tomar decisiones para favorecer la investigación, tal cotización legal se encuentra en el anexo 10.

Tabla 23.
Precio de materiales

Item	Detalle	Cantidad	Precio Unitario	Importe (INC IGV)
			Oferta Especial	
1	▪ Material de aporte electrodo revestido (E7018)	64 latas	S/280.00	S/17920.00
2	▪ Material arco aire (ELECTRO DE CARBON 5/32 * 12")	60 cajas	S/ 512.00	S/30720.00
3	▪ Material de aporte alambre tubular (E71T-1)	64 rollos	S/186.00	S/11904.00

Fuente: Daedalus Corp. (2018).

Informe de revisión del expediente técnico: Con el fin de alcanzar con el informe de compatibilidad del expediente técnico de la obra. Obra accesoria sector La Pastora km 480-070 al km 480-910: socavación rivera derecha del rio Madre de Dios de la ciudad de puerto Maldonado – tramo 3: puente Inambari – Iñapari del corredor vial interoceánico sur, Perú – Brasil para dicho efecto formulo los siguientes alcances publicados por la OSCE que se encuentran en el anexo 11.

Diagrama de análisis de procesos de la metodología propuesta: Para hace una comparación entre ambos métodos se aplica el Diagrama de Análisis de Procesos para cada metodología, los cuales se muestran en la figura 33.

Reparación de pilotes

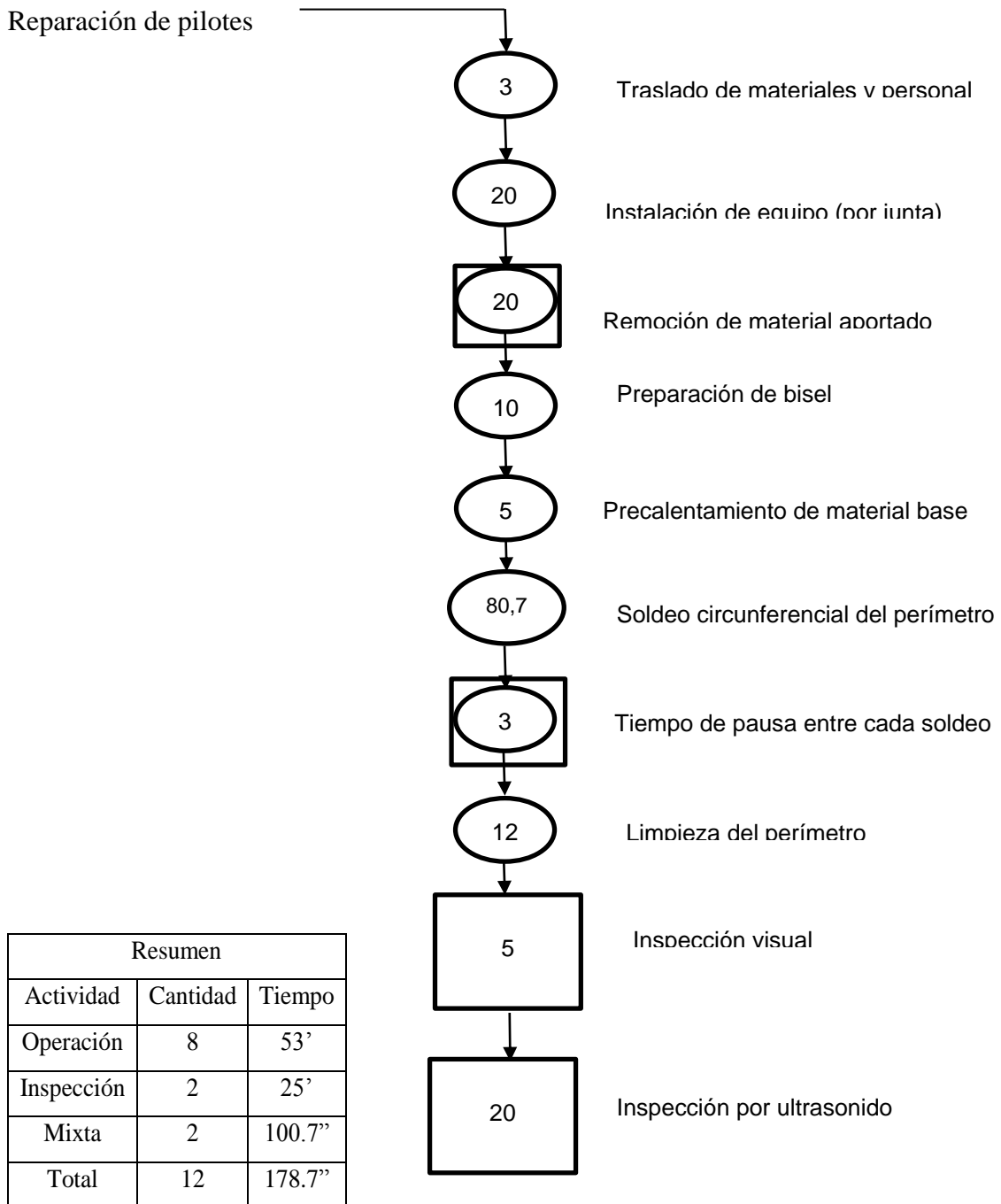


Figura 34: Diagrama de operaciones del proceso asociado al método FCAW

Fuente: Elaboración Propia (2018).

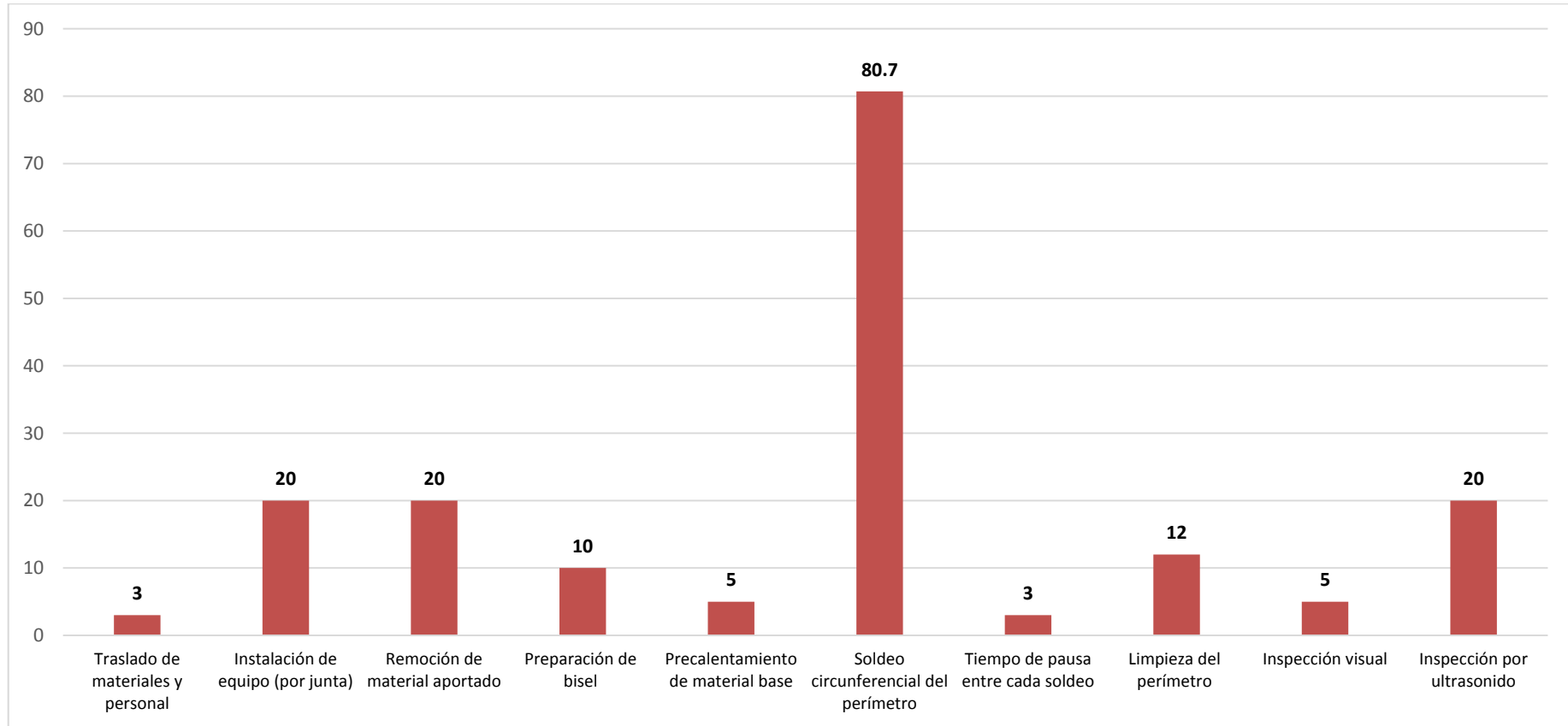


Figura 35: Representación gráfica de la toma de tiempos asociados al método FCAW

Fuente: Elaboración propia (2018).

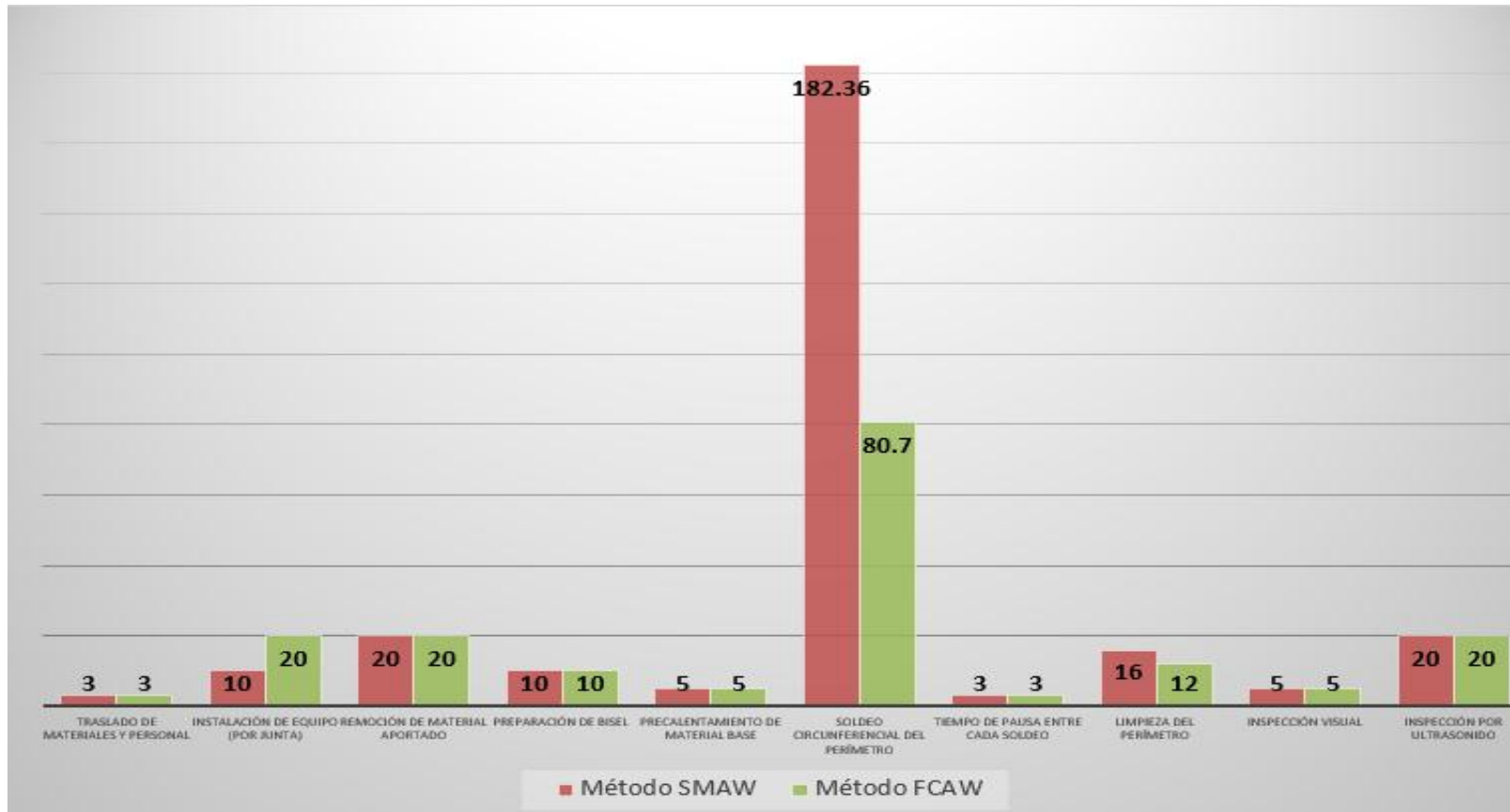


Figura 36: Comparación grafica de los tiempos de cada método.

Fuente: Elaboración propia (2018).

Indicadores de productividad de la tecnología actual y la tecnología implementada. Para determinar la productividad de la metodología actual (SMAW) y la tecnología propuesta (FCAW), se utilizan como indicadores la relación entre el tiempo de producción semanal y del tiempo de reparación de cada pilote bajo cada tecnología, para obtener la productividad en pilotes por semana y establecer una comparación entre ambas técnicas:

$$\text{Indice de productividad} = \frac{\text{Horas de trabajo semanales}}{\text{Horas de reparación de pilotes}}$$

De esta forma, con la técnica SMAW se tiene una productividad de 35,88 pilotes/semana:

$$\text{Indice de productividad SMAW} = \frac{168 \text{ horas}}{4,57 \text{ horas/pilotes}} = 35,88 \text{ pilotes/semana}$$

Asimismo, con la técnica FCAW se tiene una productividad de 55,06 pilotes/semana:

$$\text{Indice de productividad FCAW} = \frac{168 \text{ horas}}{2,97 \text{ horas/pilotes}} = 55,06 \text{ pilotes/semana}$$

En resumen, se alcanza con las mejoras propuestas un incremento de los pilotes reparados a razón de 19,17 pilotes, que en valores relativos representa un incremento del 53,44% de la productividad.

Análisis de factibilidad y viabilidad del estudio. En esta parte de la investigación, se analizaron los recursos relacionados con los factores tiempo, recursos humanos y recursos materiales, con el propósito de generar una alternativa rentable y confiable en la aplicación de mejoras del proceso de soldadura para reducir costos en la reparación de pilotes para una defensa ribereña mediante un análisis de costo y beneficio. La estructura de esta sección fue la siguiente:

- a) Relación de recursos humanos, técnicos y materiales invertidos para la implementación de las actividades relacionadas con la aplicación de mejoras del proceso de soldadura para reducir costos en la reparación de pilotes para una defensa ribereña.
- b) Identificación de las actividades post implementación y su estimación de gastos.
- c) Cálculo de los beneficios de la propuesta, a partir de la evaluación del nivel de productividad de la organización, medido a través del aporte de la gestión de producción al cumplimiento de las metas comerciales y financieras mediante incremento de la eficiencia y reducción de tiempos de operación.
- d) Comparación de los costos y beneficios de la implementación.
- e) Proyecciones financieras del estudio mediante Valor Anual Neto (VAN) y Tasa de Retorno de la Inversión (TIR)

Como primera acción, se muestra en la Tabla 24 un estimado de los costos incurridos durante el proceso de implementación de la propuesta. Luego en la Tabla 25 se muestra el estimado que se calculó para las actividades post implementación, de acuerdo con la frecuencia de las acciones de mantenimiento de cada equipo. Hay que tomar en cuenta que los costos de mantener la propuesta (actividades post implementación) son menores a la de la implementación, debido a que no hay costos por compras de materiales y otros elementos.

Tabla 24.

Costos incurridos durante el proceso de implementación de la propuesta.

Descripción	Costo
Alquiler de maquinarias	1.588,00
Mano de obra para pruebas	3.930,62
Equipos de seguridad	1.635,00
Herramientas	2.552,00
Consumibles	5.012,00
Otros gastos	2.207,64
Totales	16.925,26

Fuente: Elaboración propia (2018).

Tabla 25

Estimación de costos para las actividades post implementación de la propuesta.

Descripción	Costo
Equipos de seguridad	3.270,00
Herramientas	2.552,00
Consumibles	4.380,00
Otros gastos	1.530,30
Totales	11.732,30

Fuente: Elaboración propia (2018).

De esta forma, los costos asociados a la implementación de actividades para la aplicación de mejoras del proceso de soldadura para reducir costos en la reparación de pilotes para una defensa ribereña para el primer año de implementación se estiman en S/. 145.980,56 (de los cuales S/. 16.925,26 corresponden a actividades de implementación y S/. 129.055,30 corresponden a actividades post implementación, según se detalla en la Tabla 26.

Tabla 26.

Costos asociados al primer año de implementación de las actividades.

Mes de implementación	Costos estimados
1	16.925,26
2	11.732,30
3	11.732,30
4	11.732,30
5	11.732,30
6	11.732,30
7	11.732,30
8	11.732,30
9	11.732,30
10	11.732,30
11	11.732,30
12	11.732,30
Total S/.	145.980,56

Fuente: Elaboración propia (2018)

Para el cálculo del beneficio, fue necesario crear un inductor de productividad; en este caso se trata del costo unitario por junta. Tomando en cuenta que el estudio se llevó a cabo en un proyecto de la empresa de 320 juntas, se obtuvo el costo unitario a partir de esa información, aunado a las estimaciones de beneficio de la empresa, el cual está en un 29,5% sobre los costos de producción. A partir de esta información el cálculo del beneficio se hace de la siguiente forma:

- Cálculo de los ingresos por trabajos realizados (juntas) estimados sin la implementación de la propuesta en el horizonte del primer año.
- Cálculo de los ingresos estimados con las mejoras alcanzadas después la implementación de la propuesta en el horizonte del primer año.
- Cálculo de la utilidad sobre ventas antes y después de la propuesta.
- Descuento de los costos estimados para la implementación y post implementación.
- Cálculo del beneficio neto después de la implementación. Una vez hechos estos cálculos, se obtiene un beneficio económico por la implementación de la propuesta de S./ para el primer año de implementación.

Tabla 27.

Cálculo de los beneficios económicos por la aplicación de mejoras del proceso de soldadura para reducir costos en la reparación de pilotes para una defensa ribereña para el primer año de implementación.

Mes	Presupuesto (estimados en juntas)	Precio de venta	Presupuesto de ventas en soles	Costos con SMAW	Beneficio con SMAW	Costos con FCAW	Beneficio con FCAW	Beneficio económico implementación	Costos asociados a la implementación	Beneficio neto
1	320	1.868,36	597.875,20	461.680,00	136.195,20	321.670,40	276.204,80	140.009,60	16.925,26	123.084,34
2	350	1.868,36	653.926,00	504.962,50	148.963,50	351.827,00	302.099,00	153.135,50	11.732,30	141.403,20
3	400	1.868,36	747.344,00	577.100,00	170.244,00	402.088,00	345.256,00	175.012,00	11.732,30	163.279,70
4	350	1.868,36	653.926,00	504.962,50	148.963,50	351.827,00	302.099,00	153.135,50	11.732,30	141.403,20
5	320	1.868,36	597.875,20	461.680,00	136.195,20	321.670,40	276.204,80	140.009,60	11.732,30	128.277,30
6	400	1.868,36	747.344,00	577.100,00	170.244,00	402.088,00	345.256,00	175.012,00	11.732,30	163.279,70
7	300	1.868,36	560.508,00	432.825,00	127.683,00	301.566,00	258.942,00	131.259,00	11.732,30	119.526,70
8	420	1.868,36	784.711,20	605.955,00	178.756,20	422.192,40	362.518,80	183.762,60	11.732,30	172.030,30
9	250	1.868,36	467.090,00	360.687,50	106.402,50	251.305,00	215.785,00	109.382,50	11.732,30	97.650,20
10	280	1.868,36	523.140,80	403.970,00	119.170,80	281.461,60	241.679,20	122.508,40	11.732,30	110.776,10
11	350	1.868,36	653.926,00	504.962,50	148.963,50	351.827,00	302.099,00	153.135,50	11.732,30	141.403,20
12	250	1.868,36	467.090,00	360.687,50	106.402,50	251.305,00	215.785,00	109.382,50	11.732,30	97.650,20
TOTALES			7.454.756,40			4.010.827,80		1.745.744,70	145.980,56	1.599.764,14

Fuente: Elaboración propia (2018).

Al estimarse los costos de implementación y actividades de post implementación de la propuesta en S/. 145.980,56 y su beneficio en S/. 1.745.744,70, se espera un beneficio neto de S/. 1.599.764,14 para el primer año de la implementación que indica la factibilidad de la propuesta desde el punto de vista económico (Ver Tabla 28).

Tabla 28.

Relación Costo/Beneficio de la propuesta.

Mes	Costo de implementación de la propuesta	Beneficio por implementación de la mejora	Beneficio neto
1	140.009,60	16.925,26	123.084,34
2	153.135,50	11.732,30	141.403,20
3	175.012,00	11.732,30	163.279,70
4	153.135,50	11.732,30	141.403,20
5	140.009,60	11.732,30	128.277,30
6	175.012,00	11.732,30	163.279,70
7	131.259,00	11.732,30	119.526,70
8	183.762,60	11.732,30	172.030,30
9	109.382,50	11.732,30	97.650,20
10	122.508,40	11.732,30	110.776,10
11	153.135,50	11.732,30	141.403,20
12	109.382,50	11.732,30	97.650,20
Total	1.745.744,70	145.980,56	1.599.764,14

Fuente: Elaboración propia (2018).

Al acumular los beneficios obtenidos mes a mes, se puede comprobar que se recupera la inversión estimada para el primer año de implementación a partir del primer mes de implementación (Ver Tabla 29):

Tabla 29.

Comparación mensual Costo/Beneficio para obtener el punto de equilibrio.

Mes	Costo de implementación de la propuesta	Beneficio acumulado por implementación de la mejora
1	16.925,26	123.084,34
2	11.732,30	264.487,54
3	11.732,30	427.767,24
4	11.732,30	569.170,44
5	11.732,30	697.447,74
6	11.732,30	860.727,44
7	11.732,30	980.254,14
8	11.732,30	1.152.284,44
9	11.732,30	1.249.934,64
10	11.732,30	1.360.710,74
11	11.732,30	1.502.113,94
12	11.732,30	1.599.764,14
Total	145.980,56	1.599.764,14

Fuente: Elaboración propia (2018).

En la Tabla 30, se muestra una proyección de los costos y sus beneficios en los cinco años inmediatos a la implementación, para demostrar la sostenibilidad del estudio en el tiempo, a precios y costos actuales.

Tabla 30.

Proyección de los costos del estudio y sus beneficios en los cinco años inmediatos a la implementación.

Año	Costo de implementación	Beneficios obtenidos con mejoras	Beneficio neto	Beneficio acumulado
1	145.980,56	1.599.764,14	1.453.783,58	1.453.783,58
2	140.787,60	1.599.764,14	1.458.976,54	2.912.760,12
3	140.787,60	1.599.764,14	1.458.976,54	2.917.953,08
4	140.787,60	1.599.764,14	1.458.976,54	2.917.953,08
5	140.787,60	1.599.764,14	1.458.976,54	2.917.953,08

Fuente: Elaboración propia (2018).

Finalmente, con los datos de la Tabla 30 se calculó el Valor Actual Neto de los beneficios obtenidos si la propuesta se implementa en la empresa, el resultado del cálculo se puede apreciar de la siguiente forma

Cálculo del Valor Actual Neto (van) de los beneficios proyectados a cinco años

Formula Valor Actual Neto

$$VAN = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+k)^t} = -I_0 + \frac{F_1}{(1+k)} + \frac{F_2}{(1+k)^2} + \dots + \frac{F_n}{(1+k)^n}$$

Fuente: <http://economipedia.com/definiciones/valor-actual-neto.html>

Donde:

F_t = Flujo de dinero en el Periodo t

K = Tasa de Interés

t = Periodo

I₀ = Inversión Inicial

Tabla 31

Cálculo del Valor Actual Neto (VAN) de los beneficios proyectados a cinco años.

Año	Costo de mantener la implementación	Beneficios obtenidos con las mejoras	Flujo de Dinero (Beneficio Neto)
1	145.980,56	1599764,14	1.453.783,58
2	140.787,60	1599764,14	1.458.976,54
3	140.787,60	1599764,14	1.458.976,54
4	140.787,60	1599764,14	1.458.976,54
5	140.787,60	1599764,14	1.458.976,54
Inversión Inicial:	145.980,56		
TIR	996,19%		
VAN:	S/. 5.047.189,15		

Fuente: Elaboración propia (2018).

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES

1. A partir de los resultados obtenidos en la investigación se concluye que la implementación del proceso de soldadura FCAW es el más idóneo para la reparación de Pilotes para una Defensa Ribereña, ya que disminuye el tiempo de ejecución y se obtiene un ahorro en costos de 123,084.36 substituyendo SMAW.
2. En cuanto al ahorro en mano de obra el proceso FCAW supera ampliamente en más al proceso SMAW lo que se traduce en una disminución de costos de mayor eficiencia para el proceso productivo de la empresa, incrementándose la productividad en un 53,44%.
3. Un correcto plan de soldadura (WPS) para el soldeo de las juntas, reduce los defectos de una unión soldada, se obtienen mayores velocidades de deposición dependiendo del proceso que se esté calificando y optimiza la productividad.
4. Aunque los insumos para el proceso SMAW suelen ser menos costosos que los del proceso FCAW por tener este último una mayor cantidad de requerimientos, también se obtiene que hay un ahorro de 30.640,00 soles a favor del método FCAW.
5. En cuanto a la maquinaria también se obtiene una reducción de costos de aproximadamente 15.182.00 soles.
6. La aplicación de la mejora de proceso de la reparación además de los ya descritos ahorros en costos y tiempo, significan la obtención de un nuevo procedimiento para la empresa contratista, una mejora en cuanto a conocimientos para las personas involucradas y una mejora sustancial en la calidad de sus trabajos.

RECOMENDACIONES

1. Implementar la propuesta en su totalidad mediante la capacitación técnica de las personas involucradas en el proceso productivo y mantener el proceso de mejoras continuas basadas en PDCA.
2. Para controlar las variables y el buen uso de los equipos y herramientas, se debe desarrollar procedimientos de trabajo y pruebas de control de calidad. Un buen departamento de Control de Calidad, con sólidos conocimientos en los trabajos, reduciría los costos de las obras continuamente
3. Evaluar continuamente sus procesos a fin de ponderar la adquisición de otras tecnologías de soldadura que también pueden dar altos beneficios económicos a la empresa,
4. Aplicar y evaluar los procedimientos de higiene y seguridad industrial al fin de alcanzar la meta de cero accidentes laborales.
5. Verificar constantemente los procedimientos de soldadura y la calificación de soldadores a fin de aumentar el rendimiento y la calidad del producto terminado.

REFERENCIAS

- American Society for Metals (2016). “Worldwide Guide to Equivalents Iron and Steel”, USA.
- American Welding Society (1999) “The Practical Referent Guide for Corrosion of Welds – Causes and Cures”, AWS – USA (1999).
- American Welding Society (2015) “AWS D1.1/D1.1M:2015 Código de Soldadura Estructural - Acero”, Edición 22da – USA (2015).
- Avner, S. (2015). “Introducción a la Metalúrgica Física”, 2da Edición-Mc Graw Hill-México.
- Davis, J. (1993) “Hardfacing, weld cladding, and dissimilar metal joint”, ASM Handbook Vol. 6 - USA (1993).
- Especificación ASTM A588 www.astm.org/Standards/A588A588M-SP.html
<https://www.monografias.com/trabajos-pdf4/metodologia-reparacion-soldadura-recipientes-presion/metodologia-reparacion-soldadura-recipientes-presion.pdf>
- Fosca, C. (2007). “Introducción a la Metalurgia de la Soldadura”, Edición 7ma – Lima.
- Granjhon, H. (2009) “Bases Metalúrgicas de la Soldadura”, Eyrolles-Francia.
- Miller (2016), “XMT® 425 Series”, Data sheet – International.
- Miller, A. (2016). “SuitCase®X-treme™8VS&12VS”, Data sheet – International.
- Soldexa S.A. (2017), “Manual de Soldadura y Catálogo de Productos”, Edición 7ma- Lima.
- Smith, R. (1998) “Fundamentos de la Ciencia e Ingeniería de Materiales”, Mc Graw Hill-España.

ANEXO 1

**PLAN DE ACCIÓN PARA ADAPTAR LOS PROCESOS DE SOLDADURA EN LA EMPRESA BAJO LA TECNOLOGÍA FCAW
BAJO LA APLICACIÓN DE LA TÉCNICA DE ANÁLISIS 5W1H.**

WHAT/QUÉ (ACTIVIDAD)	WHO/QUIEN RESPONSABLE IMPLEMENTACIÓN	WHEN/CUANDO FECHA INICIO	WHY/PORQUE (CAUSA DE LA PROBLEMÁTICA)	WHERE/DONDE (LUGAR DE IMPLEMENTACIÓN)	HOW/COMO ACCIONES A DESARROLLAR
<i>Diagnóstico del proceso</i>	Comité de mejora. Jefe de Soldadura. Jefe de Control de Calidad.	03/07/2018	Describir, analizar y documentar los factores incidentes en la realización del proceso de soldeo de la empresa.	Empresa COIESU	<i>Reunión del comité con el departamento de soldadura y calidad de la empresa para definir las condiciones actuales en cuanto al proceso de soldadura. Aplicar herramientas de mejora de procesos (PCDA, Diagrama de Pareto) para determinar los factores que afectan al proceso actual y la implementación de nuevas tecnologías.</i>

WHAT/QUÉ (ACTIVIDAD)	WHO/QUIEN RESPONSABLE IMPLEMENTACIÓN	WHEN/CUANDO FECHA INICIO	WHY/PORQUE (CAUSA DE LA PROBLEMÁTICA)	WHERE/DONDE (LUGAR DE IMPLEMENTACIÓN)	HOW/COMO ACCIONES A DESARROLLAR
<i>Elaboración de Procedimientos para pruebas</i>	Jefe Producción Jefe Mantenimiento Comité TMP	04/07/2018	Desarrollar el WPS Y PQR de las pruebas de soldadura	Empresa COIESU	<i>Plasmar en formato las condiciones en que se llevaran a cabo las pruebas y los requisitos de acuerdo a la Norma D1.1/ D1.1 M 2015.</i>
<i>Comparación de procesos SMAW Y FCAW mediante pruebas de soldadura en ambos procesos.</i>	Jefe de Soldadura y Jefe de Control de calidad	04/07/2018 05/07/2018	Obtener los tiempos promedios de las etapas del proceso de soldeo según el WPS inicial.	Empresa COIESU	<i>Realizar selección de 2 Soldadores por cada método de soldeo</i>

WHAT/QUÉ (ACTIVIDAD)	WHO/QUIEN RESPONSABLE IMPLEMENTACIÓN	WHEN/CUANDO FECHA INICIO	WHY/PORQUE (CAUSA DE LA PROBLEMÁTICA)	WHERE/DONDE (LUGAR DE IMPLEMENTACIÓN)	HOW/COMO ACCIONES A DESARROLLAR
<i>Estudio de riesgos laborales</i>	Jefe de seguridad industrial	05/07/2018	Obtener los factores que pueden poner en riesgo al trabajador durante el proceso de soldeo. Crear un manual de prevención de riesgos laborales.	Empresa COIESU	<i>Crear las tablas de riesgos laborales y definir las medidas de prevención de los mismos.</i>
<i>Calificación de Soldadores</i>	Especialista FCAW. Comité de mejora. Jefe de soldadura	06/07/2018 07/07/2018	Calificación de todos los soldadores de la empresa en el uso del proceso de soldeo FCAW	Empresa COIESU	<i>Cursos de Soldadura FCAW por especialista dentro de la empresa. Calificación de los soldadores bajo el WPS Y PQR de proceso verificado bajo las normas AWS D1.1/1.1 M-2015</i>

Fuente: Elaboración propia (2018).

ANEXO 2

PROCEDIMIENTO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL PLAN DE MEJORAS PARA ADAPTAR LOS PROCESOS DE SOLDADURA EN LA EMPRESA BAJO LA TECNOLOGÍA FCAW.

OBJETIVO

Describir los métodos a seguir para la preparación, calificación, documentación y control del procedimiento de soldadura. El objetivo de este procedimiento es asegurar que los trabajos de soldadura elaborados por el personal de la empresa sean realizados bajo el correspondiente WPS, el cual contendrá los requerimientos mecánicos y propiedades químicas, y adicionalmente constituyan una guía que optimice la utilización de recursos minimizando los tiempos de ejecución. La coordinación de actividades en la fase de construcción, garantizara el cumplimiento de los estándares de seguridad del cliente.

ALCANCE

Esta especificación contiene todos los requerimientos que deben observarse en el proceso de soldadura, desde la elaboración de la especificación del procedimiento de soldadura hasta la validación de la junta soldada cumpliendo los estándares de calidad, por lo que se procederá en el área de soldadura a realizar los siguientes trabajos:

- Calificación del procedimiento de soldadura
- Calificación de soldadores
- Control dirección técnica y desarrollo
- Soldadura
- Control de calidad.

DOCUMENTOS DE REFERENCIA

A continuación se listan los principales códigos y normas aplicables en la fabricación de tuberías soldadas.

ANSI B31.3: Chemical Plant Petroleum Refinery Piping

ASME, SECCIÓN IX: Qualification Standard for welding and Brazing Procedure, Welders, Brazers and Welding and Brazing operators

AWS D1.1:

DEFINICIONES

WPS: Es el procedimiento escrito que provee los requerimientos para realizar una juntas soldada en conformidad con los requisitos del código. La información requerida que contenga el WPS puede estar en cualquier formato siempre que contenga todas y cada una de las variables esenciales.

PQR: Es el registro de los pasos y variables utilizados para calificar un procedimiento de soldadura con sus respectivos respaldos de los resultados de los ensayos realizados a las probetas. El propósito del PQR es demostrar y documentar que el respectivo WPS.

En esta sección se describen las acciones y recursos necesarios para la implementación de la propuesta de mejoras basadas en la metodología del círculo de Deming para aumentar la productividad en la reparación de Pilotes para una Defensa Ribereña. Para comenzar, se hace énfasis en las responsabilidades del comité PDCA, liderado por el Jefe de Soldadura de la empresa, cuyo trabajo debe contribuir al logro de las metas del programa de la siguiente forma:

- a) Asignar responsabilidades y crear grupos de trabajo para la realización de las actividades
- b) Brindar charlas de capacitación al Equipo PDCA en los temas de la metodología.
- c) Cumplir con los puntos acordados en las fechas previstas.
- d) Incentivar al personal a cumplir el plan y proponer ideas de mejora.
- e) Comunicar a la gerencia periódicamente de los resultados obtenidos en cada fase de la implementación.

El plan de mejoras se basa en cinco líneas de acción las cuales se detallan a continuación:

- Diagnostico
- Creación de WPS Y PQR para el procedimiento de Soldadura FCAW

- Realización de Pruebas de Soldadura para comparar las tecnologías SMAW Y FCAW
- Determinación de Riesgos Laborales.
- Calificación de procedimiento y Soldadores de acuerdo a la norma ASW D1.1/ D1.1 M 2015

Una vez presentada la propuesta, en la Tabla 1 se hace un resumen de las fases y actividades necesarias para implementar el programa de mejoras. Asimismo, en la tabla 2 se muestra el cronograma estimado para la implementación, el cual abarca una (1) semana de julio de 2018.

Tabla 1.

Fases y actividades previstas para la Implementación del plan de mejoras para adaptar los procesos de soldadura en la empresa bajo la tecnología FCAW basado en el ciclo de Deming.

Fase	Descripción de actividades
PLAN	En esta fase los investigadores presentan la propuesta a la dirección y se definen los componentes del plan de trabajo inicial. Una vez aprobado, se hace la presentación al personal y se elige al comité de trabajo para la primera reunión en la que se aprueba el cronograma y se asignan responsabilidades.
HACER	Reunión para determinar responsabilidades e insumos requeridos para la propuesta. Creación del WPS inicial para la realización de los ensayos de soldadura. Realización de pruebas y registros de ensayos para verificar los parámetros del WPS. Determinación de riesgo asociado al proceso de soldadura. Calificación de los soldadores.
VERIFICAR	Se verifican los insumos, materiales y del personal requerido para los ensayos. Se verifica que los ensayos estén de acuerdo al WPS inicial. Se procede a realizar los ensayos de verificación de las soldaduras.
ACTUAR	Una vez verificada la mejora del proceso mediante el proceso de soldadura basado en FCAW se procede a la implementación de la propuesta y del plan de Seguridad asociado.

Fuente: Elaboración Propia (2018)

Tabla 2.

Cronograma para la Implementación del plan de mejoras para adaptar los procesos de soldadura en la empresa bajo la tecnología FCAW basado en el ciclo de Deming.

Dimensión/Actividad	JULIO 2018				
	SEMANA 1				
	2	3	4	5	6
PLANEACION (horas)					
Presentación de la propuesta	2				
Selección del comité	1				
Definición de los componentes	2				
Plan de trabajo inicial	2				
HACER(horas)					
Definición de insumos		2			
WPS inicial		2			
Definición de plan de acción,		2			
Realización de pruebas			4	4	
Registros			1	1	
Calificación de soldadores			3	3	
VERIFICAR(horas)					
Evaluación de materiales		2			
Evaluación de Soldadores		4			
Evaluación del WPS					4
ACTUAR(horas)					
Presentación de la propuesta					6
Plan de Seguridad e Higiene			2	2	

Fuente: Elaboración propia (2018).

Análisis de Recursos Humanos: Para la implementación de plan de mejoras para adaptar los procesos de soldadura en la empresa bajo la tecnología FCAW basado en el ciclo de Deming se requiere el uso de 192 horas hombre distribuidas en un total de 56 horas, según se muestra en la Tabla 3.

Tabla 3.

Recurso Humano necesario para la implementación de la propuesta.

Fase/Actividad	Duración (h)	Trabajadore s requeridos	Horas hombre
PLANIFICAR			
Presentación de la propuesta	2	2	4
Selección del comité	1	2	2
Definición de los componentes	2	2	4
Plan de trabajo inicial	2	2	4
HACER			
Definición de insumos	2	2	4
WPS inicial	2	3	6
Definición de plan de acción,	2	2	4
Realización de pruebas	8	8	64
Registros	2	2	4
Calificación de soldadores	6	8	48
VERIFICAR			
Evaluación de materiales	2	2	4
Evaluación de Soldadores	4	2	8
Evaluación del WPS	4	3	12
ACTUAR			
Presentación de la propuesta	6	2	12
Plan de Seguridad e Higiene	4	3	12
Horas-Hombre Totales			192

Fuente: Elaboración propia (2018)

Procedimiento de pruebas de soldadura.

Para el momento de la realización de las pruebas, la empresa contratista contaba con un total de 10 Soldadores, todos calificados en el proceso de soldadura SMAW. De estos solo seis (6) estaban calificados en el proceso FCAW. Con el fin de seleccionar a los soldadores que harían las pruebas definitivas se aplicó un proceso de selección a todos los soldadores de la empresa donde se seleccionaron a los dos (2) mejores para cada uno de los métodos de soldadura.

Para dicha prueba se prepararon cuatro (4) muestras de juntas iguales a la soldadura que se utiliza en la reparación de la estructura se colocaron en posición sobre cabeza (4G) con el fin de simular las condiciones de la reparación. De estas la mitad estaban destinadas al método SMAW y el resto al método FCAW. Para estas pruebas la evaluación fue solo visual de acuerdo a los parámetros de la norma *AWS D1.1/D1.1 M -2015*



Figura 1: Soldeo en posición 4G

Fuente: Tomada de la reparación de pilotes de la defensa ribereña.

Una vez seleccionados los dos (2) mejores soldadores en cada método de soldadura, se realizó la prueba piloto la cual tuvo como objetivo validar el WPS piloto y tomar los datos inherentes al proceso de soldadura en cuanto a tiempos y movimiento lo cual permitió calcular los costos asociados a cada uno de los métodos (SMAW y FCAW)

4) Resultados de las pruebas piloto

El proceso de soldeo se realizó siguiendo los siguientes pasos, de acuerdo al procedimiento establecido por la empresa, para obtener los tiempos requeridos para cada etapa del mismo:

:

1. Instalación de equipo (por junta)
2. Remoción de material aportado
3. Preparación de bisel
4. Pre calentamiento de material base
5. Soldeo
6. Limpieza del perímetro
7. Inspección visual:
8. Inspección por ultrasonido

Prueba piloto para soldeo SMAW.

Una vez realizada la prueba piloto de soldeo utilizando el método SMAW se obtuvieron los siguientes resultados (valores promedios)

Tabla 4.

Tiempos promedios obtenidos de las pruebas de soldadura SMAW

PROCESO	Soldador 1	Soldador 2
Instalación de equipo (por junta)	9,6 min	10,4 min
Remoción de material aportado	20,8 min	18,7 min
Preparación de bisel	8,5 min	11 min
Pre calentamiento de material base	5 min	5 min
Soldeo (Velocidad de avance)	9,8 cm/min	10,4 cm/min
Limpieza del perímetro	1,8 min	2 min
Inspección visual:	4,6 min	5,2 min
Inspección por ultrasonido	18,9 min	21 min

Fuente: Elaboración propia.

Promediando de la tabla

-Instalación de equipo (por junta): 10 minutos

-Remoción de material aportado: 20 minutos

-Preparación de bisel: 10 minutos

-Pre calentamiento de material base: 5 minutos

-Soldeo:

- Numero de pasadas= 8

- Velocidad de Avance promedio = 9,5 cm/min

- Interrupciones: Doce (12) de (15) segundos cada una

-Limpieza del perímetro: 2 minutos (repetida en cada pasada)

-Inspección visual= 5 minutos

-Inspección por ultrasonido= 20 minutos

Prueba piloto para soldeo FCAW.

Una vez realizada la prueba piloto de soldeo utilizando el método FCAW se obtuvieron los siguientes resultados (valores promedios):

Tabla 5.

Tiempos promedios obtenidos de las pruebas de soldadura FCAW

PROCESO	Soldador 3	Soldador 4
Instalación de equipo (por junta)	9,4 min	10 min
Remoción de material aportado	19,8 min	19,7 min
Preparación de bisel	9,2 min	9,5 min
Pre calentamiento de material base	5 min	5 min
Soldeo (Velocidad. de avance)	17 cm/min	18,2 cm/min
Limpieza del perímetro	1,7 min	1,9 min
Inspección visual:	4,8 min	4,7 min
Inspección por ultrasonido	19,8 min	20,1 min

Fuente: Elaboración propia.

-Instalación de equipo (por junta): 20 minutos

-Remoción de material aportado: 20 minutos

-Preparación de bisel: 10 minutos

-Pre calentamiento de material base: 5 minutos

-Soldeo:

- Numero de pasadas= 6
- Velocidad de Avance promedio = 17,5 cm/min
- Interrupciones: tres (3) de un (1) minuto cada una

-Limpieza del perímetro: 2 minutos (repetida en cada pasada)

-Inspección visual= 5 minutos

-Inspección por ultrasonido= 20 minutos

De las pruebas piloto de soldadura se obtuvo que la velocidad de avance de la soldadura usando el método FCAW es superior a la SMAW (17,5 cm/min vs 9,5 cm/min) y el tiempo de instalación del equipo FCAW es superior al SMAW (20 min vs 10 min respectivamente) debido principalmente a poseer más elementos.

Desarrollo del plan de seguridad laboral en el proceso de soldadura

Para evitar accidentes, tanto instantáneos como producidos por el uso continuado de la soldadura, el ingeniero a cargo del proceso de soldeo o la persona encargada para tal fin, debe hacer un análisis de riesgo y planificar las medidas de seguridad y prevención de riesgos en paralelo que se planifican las actividades de soldadura necesarias en la producción:

Desde el punto de vista técnico:

- Definición de las características y medidas de seguridad, tanto de uso como de mantenimiento, de máquinas, herramientas y materiales a usar.
- Definición y provisión de los materiales de seguridad y protección necesarios según la actividad y los riesgos reconocidos.

Desde el punto de vista de organización:

- Definición de responsabilidades, incluyendo designación de responsable/s
- Elaboración y mantenimiento de Plan de Seguridad escrito, donde se den instrucciones precisas de cada puesto en el que se han reconocido riesgos.
- Entrenamiento de los operarios para que comprendan los riesgos asociados a su trabajo y/o de compañeros que produzcan riesgos que les puedan afectar, y de las medidas adoptadas y su uso para protección contra dichos riesgos.
- Delimitación de áreas y señalización de los riesgos asociados a cada una.

Determinación de riesgos laborales en los procesos de soldadura: Para determinar los riesgos laborales se realiza un estudio de las condiciones que pueden afectar físicamente a los trabajadores en cuanto a seguridad personal, herramientas, insumos y condiciones de trabajo. En base a la observación directa del proceso de soldadura y los elementos actuantes se presenta la siguiente tabla de riesgos asociados:

Tabla 7

Riesgos laborales asociados al proceso de soldadura.

DENOMINACION	RIESGOS ASOCIADOS
Lugar de trabajo	Caídas, Atrapamientos, Confinamiento Pisadas sobre objetos punzantes, Golpes con material cercano Radiaciones, proyecciones de material incandescente, humos, partículas sobre el propio operario o compañeros en el puesto.
Equipo de soldadura	Descargas eléctricas, Campos electromagnéticos, Componentes móviles de los equipos Vibraciones, movimiento de equipos, Riesgos asociados a sopletes, pistolas de soldadura y corte.
Pieza (s) a soldar	Manejo de la pieza para situar las soldaduras (grúas, posicionadores en movimiento). Irregularidades cortantes o salientes, pesos a considerar (ergonomía, aplastamiento). Necesidad de limpieza in situ por amoladoras, cepillos, arco-aire; Posición de las soldaduras, necesidad de pre/post calentamientos o limpieza/ejecución de tratamientos superficiales, tratamientos mecánicos para aliviar deformaciones y tensiones (ruidos). Partículas y gases emitidos según composición química de la pieza, recubrimientos superficiales, y escorias.
Movimiento de Operarios y materiales	Método de introducir/sacar la pieza al puesto de trabajo y los riesgos asociados. Método de introducir/sacar operario/s al puesto de trabajo, altura del puesto, interferencias con otros puestos.
Servicios auxiliares	Explosiones/fugas de botellas de gases a presión. Averías de reguladores gases Interferencias de personal auxiliar y riesgos asociados
Dispositivos de control y seguridad	Averías de dispositivos de control/alarmas. Riesgos eléctricos, mecánicos, de averías de dispositivos de evacuación/tratamiento de humos o partículas.
Entorno y Ambiente	Protección contra riesgos de personas influenciadas por los riesgos del puesto de trabajo. Distancias de materiales que supongan riesgo en el puesto de trabajo. Producción de ambientes nocivos: ruido, humos, partículas.

Fuente: Elaboración propia (2018).

Una vez conocidos y clasificados los tipos de riesgo asociados al proceso de soldeo en la reparación, se definieron las medidas de prevención y protección a aplicar, las cuales deben recogerse en la planificación de la producción. La responsabilidad de la definición y puesta en marcha del Plan de Seguridad e Higiene suele ser responsabilidad directa del Jefe de Seguridad, en colaboración con el Ingeniero de Soldadura. Todo el personal en situación de riesgo debe estar informada del mismo y conocer las medidas de seguridad y protección para evitarlo así como su uso.

La adopción de medidas de seguridad será proporcional a la Calificación Inicial de Riesgos. Ello conlleva a que un riesgo calificado como alto no podrá protegerse con un sistema de protección de baja fiabilidad ya que ante un fallo cabe la posibilidad de no detectarse y no evitaría el accidente.

Plan de seguridad industrial en el proceso. Medidas de protección personales

Indumentaria y accesorios: Además de la protección de ojos y frente a los humos, el soldador y sus ayudantes deben estar equipados con las siguientes prendas de protección, preferibles las prendas oscuras para evitar reflejos de las radiaciones, de lana o cuero en lugar de algodón, resistentes a la llama y protección contra los riesgos comunes a los que está sometido:

- Cascos de seguridad y botas de seguridad: Protegen contra caída o golpes de objetos pesados o punzantes.
- Guantes, manguitos, polainas y mandiles de cuero.
- Guantes y herramientas aislantes de la electricidad para manejo de los equipos de soldadura.
- Cinturones y arneses de seguridad para trabajos en altura.
- Protectores auditivos: tapones, orejeras o cascos.

Protección de los ojos: El soldador y sus ayudantes deben usar gafas de seguridad, preferiblemente provistas de filtros oculares. El filtro debe dejar pasar en el campo visible una intensidad suficiente para que el soldador pueda seguir sin fatiga el comportamiento del arco o llama y el baño de fusión. Además, deben usar pantallas de soldadura provistas de oculares filtrantes en función del grado de radiación a que estén expuestos. Los filtros deben escogerse en función de:

- Tipo de arco o llama.
- Intensidad de corriente de soldadura, tipo y caudal de gas.
- Posición y distancia al baño de fusión.
- Iluminación del local o soldadura al aire libre.
- Capacidad reflectora de los materiales que se sueldan.
- Sensibilidad óptica del soldador.
- Curva experimental de la sensibilidad del ojo humano.

Medidas de Protección Colectivas. Definición de condiciones ambientales:

- En soldadura en altura debe haber redes de seguridad de material ignífugo
- No deben permitirse trabajos con vientos > 60 km/h, cuando esté lloviendo, o sobre material conductor de la electricidad mojado.

Señalización:

- Todas las áreas deben proveerse de la correspondiente señalización que indique los trabajos que se están haciendo y las protecciones de uso obligado (cascos, filtros oculares, entre otros).

Protección contra incendios:

- Toda el área de trabajo debe estar limpia de materiales de desecho, sobre todo de combustibles, y limpia y organizada en general.
- Deben protegerse especialmente las botellas de gas
- Debe señalizarse toda el área indicando las rutas de escape y localización de extintores


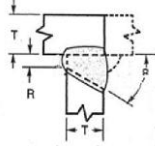
- Debe disponerse de extintores portátiles del tipo B, C y E, y, si es necesario, de una manguera.

Manipulación de gases:

- Las botellas se almacenan separadas por su contenido, y apartadas y señalizadas las vacías de las llenas
- El almacén de botellones de gas debe estar delimitado y cerrado si es posible
- Todas los botellones deben tener una válvula de corte protegida por su respectivo casco
- Los botellones se deben manipular en posición vertical. Todo el material que contenga o transporte gases debe revisarse para evitar fugas.
- Deben usarse reguladores en todo tipo de botellas de gas. Éstos deben llevar una válvula de seguridad y un manómetro de alta presión (que mide el contenido de la botella) y otro de baja presión (que mide el caudal de trabajo).
- Las roscas para acoplar los reguladores de oxígeno o de gases combustibles a sus correspondientes botellas son inversas: a derechas para los primeros e izquierdas para los segundos.
- Los sopletes deben tener una válvula antirretorno de llama, que impida que la combustión avance desde el soplete por la manguera hasta la botella de gas.

ANEXO 3


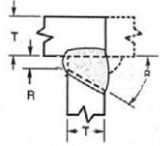
PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA PILOTO PROCESO SMAW

		ESPECIFICACION DE PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA (WPS) (De acuerdo al Código de Soldadura Estructural - Acero AWS D1.1M/D1.1:2015)		Código :	ICI-Lab.WPS-4.02																
				WPS	Rev. 0																
				Versión :	01																
				Revisión :	0																
				Fecha :	17-01-2013																
				Hoja :	1 de 1																
DATOS GENERALES Nombre de la compañía : COIESU SAC Identificación N° : WPS-LP -18 Rev. : 0 Fecha : 22/06/2018 Elaborado por : ROBERT JIMENEZ FERNANDEZ PQR de soporte N° : Procedimiento Pre-Calicado		PROTECCION Gas <input type="checkbox"/> Composición : ---- Velocidad de Flujo : ---- Fundente <input type="checkbox"/> Composición : ---- Nombre comercial del fabricante : ---- Electrodo-Fundente (Clasificación AWS) : ---- Diámetro de tubería : ----		POSICION Posición : Ranura : 4G (Sobrecabeza) Filete : -- Progresión vertical : Ascendente <input type="checkbox"/> Descendente <input type="checkbox"/>																	
PROCESO DE SOLDADURA Proceso(s) de soldadura : SMAW Tipo : Manual <input checked="" type="checkbox"/> Semi-automático <input type="checkbox"/> Máquina <input type="checkbox"/> Automático <input type="checkbox"/>		DISEÑO DE JUNTA Tipo : Junta a T con Bisel en media V Designación : - Soldado : Por un solo lado <input checked="" type="checkbox"/> Por ambos lados <input type="checkbox"/> Respaldo (Backing) : Si <input type="checkbox"/> Material : NA No <input checked="" type="checkbox"/> Preparación de ranura : Abertura de raíz (R) : 0 - 3mm Toler. : +2, -0mm Tamaño de talón (f) : - Toler. : - Angulo de ranura (α) : 45° Toler. : +10°, -0° Radio (J - U) : ---- Toler. : ---- Saneado de raíz (Backgouging) : Si <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/> Método : Esmerilado con disco abrasivo		PRECALENTAMIENTO De acuerdo a la Tabla 4.4 y el Anexo VIII Tabla 12.3, 12.4 y 12.5 <table border="1"> <thead> <tr> <th>Esesor (mm)</th> <th>T° precalentamiento, mín. (°C)</th> <th>T° interpases, mín. (°C)</th> <th>T° interpases, máx. (°C)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>25.4</td> <td>20</td> <td>150</td> <td>150</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> Nota : La Temp. especificada debere ser la misma hasta una distancia igual a pero no menos de 75 mm en todas las direcciones desde el punto de s Método de precalentamiento : Sopleton / Gas propano Mantenimiento del precalentado : ----		Esesor (mm)	T° precalentamiento, mín. (°C)	T° interpases, mín. (°C)	T° interpases, máx. (°C)	25.4	20	150	150								
Esesor (mm)	T° precalentamiento, mín. (°C)	T° interpases, mín. (°C)	T° interpases, máx. (°C)																		
25.4	20	150	150																		
ESQUEMA 		CARACTERISTICAS ELECTRICAS Modo de transferencia (GMAW) : Globular <input type="checkbox"/> Spray <input type="checkbox"/> Corriente : CA <input type="checkbox"/> CCEP <input checked="" type="checkbox"/> CCEN <input type="checkbox"/> Pulsado <input type="checkbox"/> Distancia del tip a la pieza de trabajo (Stick Out) : NA Otro : ----		PRECALENTAMIENTO De acuerdo a la Tabla 4.4 y el Anexo VIII Tabla 12.3, 12.4 y 12.5 <table border="1"> <thead> <tr> <th>Esesor (mm)</th> <th>T° precalentamiento, mín. (°C)</th> <th>T° interpases, mín. (°C)</th> <th>T° interpases, máx. (°C)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>25.4</td> <td>20</td> <td>150</td> <td>150</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> Nota : La Temp. especificada debere ser la misma hasta una distancia igual a pero no menos de 75 mm en todas las direcciones desde el punto de s Método de precalentamiento : Sopleton / Gas propano Mantenimiento del precalentado : ----		Esesor (mm)	T° precalentamiento, mín. (°C)	T° interpases, mín. (°C)	T° interpases, máx. (°C)	25.4	20	150	150								
Esesor (mm)	T° precalentamiento, mín. (°C)	T° interpases, mín. (°C)	T° interpases, máx. (°C)																		
25.4	20	150	150																		
METAL BASE Especificación : ASTM A-572 Gr 50 Tipo o Grado : Gr 50 Espesor : Ranura : 3 mm a ilimitado Filete : ---- Diámetro (tubería) : ----		METAL DE APORTE Especificación AWS : A5.1 Clasificación AWS : E7018 Nombre comercial del fabricante : SOLDEXA (SUPERCILO Ø 3.25mm)		TRATAMIENTO TERMICO POSTSOLDADURA Temperatura : ---- Tiempo de retención : ---- Velocidad de calentamiento/enfriamiento : ----																	
PARAMETROS DE SOLDADO		APORTE TERMICO (HEAT INPUT) Valor del aporte térmico calculado (kJ/mm) Aporte térmico máximo : 2.1 Aporte térmico mínimo : 2.0		NOTAS, TÉCNICAS O REGLAS DEL CÓDIGO: - El máximo diámetro del electrodo a usar es 4.0 mm, excepto en el pase de raíz. - El primer pase debería ser lo suficientemente grande para minimizar la posibilidad de fisuras. - El máximo espesor de las capas de soldadura subsecuente al pase de raíz y antes al del acabado, debere ser 3 mm (1/8"). - Mantener un arco de una longitud de 1.5 a 3.0 mm																	
Pase(s) o Capa(s)	Proceso(s)	Clasificación AWS	Diám (mm)	Tipo y Polaridad	Amperaje (A) o Velocidad de alimentación del alambre (in/min)	Voltaje (V)	Velocidad de avance (cm/min)														
1	SMAW	E7018	3.2	CCEP(+)	95 - 110	18 - 25	8 - 11														
2	SMAW	E7018	3.2	CCEP(+)	95 - 110	18 - 25	8 - 11														
3	SMAW	E7018	3.2	CCEP(+)	95 - 110	18 - 25	8 - 11														
4	SMAW	E7018	3.2	CCEP(+)	95 - 110	18 - 25	8 - 11														
5	SMAW	E7018	3.2	CCEP(+)	95 - 110	18 - 25	8 - 11														
6	SMAW	E7018	3.2	CCEP(+)	95 - 110	18 - 25	8 - 11														
7	SMAW	E7018	3.2	CCEP(+)	95 - 110	18 - 25	8 - 11														
8	SMAW	E7018	3.2	CCEP(+)	95 - 110	18 - 25	8 - 11														
APROBACION FINAL <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%; text-align: center;"> V°B° SUPERVISOR </div> <div style="width: 45%; text-align: center;"> V°B° CONTROL DE CALIDAD </div> </div>																					

Fuente: Coiesu SAC 2018.






ANEXO 4

PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA PILOTO PROCESO FCAW

		ESPECIFICACION DE PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA (WPS) (De acuerdo al Código de Soldadura Estructural - Acero AWS D1.1M/D1.1:2015)		Código : _____ Versión : 01 Revisión : 0 Fecha : 17-01-2013 Hoja : 1 de 1																																																														
DATOS GENERALES Nombre de la compañía : COIESU SAC Identificación N° : WPS LP 11 Rev. : 0 Fecha : 23/06/2018 Elaborado por : ROBERT JIMENEZ FERNANDEZ PQR de soporte N° : PQR-LP 09		PROTECCION Gas <input checked="" type="checkbox"/> Composición : 100% CO2 Velocidad de Flujo : 12 Lt/min - 25 Lt/min Fundente <input type="checkbox"/> Composición : _____ Nombre comercial del fabricante : _____ Electrodo-Fundente (Clasificación AWS) : _____ Diámetro de tobera : 16 mm		POSICION Posición : Ranura : 4G Filete : --- Progresión vertical : Ascendente <input type="checkbox"/> Descendente <input type="checkbox"/>																																																														
PROCESO DE SOLDADURA Proceso(s) de soldadura : FCAW Tipo : Manual <input type="checkbox"/> Semi-automático <input checked="" type="checkbox"/> Máquina <input type="checkbox"/> Automático <input type="checkbox"/>		CARACTERISTICAS ELECTRICAS Modo de transferencia (GMAW) : Globular <input type="checkbox"/> Spray <input type="checkbox"/> Corriente : CA <input type="checkbox"/> CCEP <input checked="" type="checkbox"/> CCEN <input type="checkbox"/> Pulsado <input type="checkbox"/> Distancia del tip a la pieza de trabajo (Stick Out) : 25 - 32 mm Otro : _____		PRECALENTAMIENTO De acuerdo a la Tabla 4.4 y el Anexo G, párrafo G6.2 <table border="1"> <thead> <tr> <th>Esesor (mm)</th> <th>T° precalentamiento, mín. (°C)</th> <th>T° interpasos, mín. (°C)</th> <th>T° interpasos, máx. (°C)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>25.4</td> <td>20</td> <td>20</td> <td>250</td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> </tbody> </table> Nota : _____ Método de precalentamiento : Sopleton / Gas propano Mantenimiento del precalentado : _____		Esesor (mm)	T° precalentamiento, mín. (°C)	T° interpasos, mín. (°C)	T° interpasos, máx. (°C)	25.4	20	20	250																																																					
Esesor (mm)	T° precalentamiento, mín. (°C)	T° interpasos, mín. (°C)	T° interpasos, máx. (°C)																																																															
25.4	20	20	250																																																															
DISEÑO DE JUNTA Tipo : Junta a Tope con Bisel en media V Designación : _____ Soldado : Por un solo lado <input checked="" type="checkbox"/> Por ambos lados <input type="checkbox"/> Respaldo (Backing) : Si <input type="checkbox"/> Material : ASTM A572 Gr 50 No <input checked="" type="checkbox"/> Preparación de ranura : Abertura de raíz (R) : 3mm Toler. : +2, -0mm Tamaño de talón (f) : 0mm Toler. : _____ Angulo de ranura (α) : 45° Toler. : ± 10° Radio (J - U) : _____ Toler. : _____ Saneado de raíz (Backgouging) : Si <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/> Método : _____		ESQUEMA 		TECNICA Cordón rectilíneo (arrastre) u oscilante : Arrastre y Oscilación Multi-Pase o Pase Simple (por lado) : Múltiple Número de electrodos : Uno (01) Espaciado de electrodos : Longitudinal <input type="checkbox"/> Lateral <input type="checkbox"/> Angulo <input type="checkbox"/> Limpieza inicial : Si Limpieza interpasos : Disco abrasivo y escobilla circular.																																																														
METAL BASE Especificación : (ASTM A-709 Gr 50) Tipo o Grado : Gr. 50 Espesor : Ranura : 12 mm a ilimitado Filete : _____ Diámetro (tubería) : 24"		TRATAMIENTO TERMICO POSTSOLDADURA Temperatura : _____ Tiempo de retención : _____ Velocidad de calentamiento/enfriamiento : _____		APORTE TERMICO (HEAT INPUT) Valor del aporte térmico calculado (kJ/mm) Aporte térmico máximo : _____ Aporte térmico mínimo : _____																																																														
METAL DE APORTE Especificación AWS : A5.20 Clasificación AWS : E71T-1C Nombre comercial del fabricante : _____		PARAMETROS DE SOLDEO <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Pase(s) o Capa(s)</th> <th rowspan="2">Proceso(s)</th> <th rowspan="2">Clasificación AWS</th> <th colspan="2">Metal de Aporte</th> <th colspan="2">Corriente</th> <th rowspan="2">Voltaje (V)</th> <th rowspan="2">Velocidad de avance (cm/min)</th> </tr> <tr> <th>Clasificación AWS</th> <th>Díam (mm)</th> <th>Polaridad</th> <th>Amperaje (A) ó Velocidad de alimentación del alambre (in/min)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>FCAW</td> <td>E71T-1</td> <td>1.2</td> <td>CCEP(+)</td> <td>230 - 270A</td> <td>23 - 28</td> <td>12 - 23</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>FCAW</td> <td>E71T-1</td> <td>1.2</td> <td>CCEP(+)</td> <td>230 - 270A</td> <td>23 - 28</td> <td>12 - 23</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>FCAW</td> <td>E71T-1</td> <td>1.2</td> <td>CCEP(+)</td> <td>230 - 270A</td> <td>23 - 28</td> <td>12 - 23</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>FCAW</td> <td>E71T-1</td> <td>1.2</td> <td>CCEP(+)</td> <td>230 - 270A</td> <td>23 - 28</td> <td>12 - 23</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>FCAW</td> <td>E71T-1</td> <td>1.2</td> <td>CCEP(+)</td> <td>230 - 270A</td> <td>23 - 28</td> <td>12 - 23</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>FCAW</td> <td>E71T-1</td> <td>1.2</td> <td>CCEP(+)</td> <td>230 - 270A</td> <td>23 - 28</td> <td>12 - 23</td> </tr> </tbody> </table>		Pase(s) o Capa(s)	Proceso(s)	Clasificación AWS	Metal de Aporte		Corriente		Voltaje (V)	Velocidad de avance (cm/min)	Clasificación AWS	Díam (mm)	Polaridad	Amperaje (A) ó Velocidad de alimentación del alambre (in/min)	1	FCAW	E71T-1	1.2	CCEP(+)	230 - 270A	23 - 28	12 - 23	2	FCAW	E71T-1	1.2	CCEP(+)	230 - 270A	23 - 28	12 - 23	3	FCAW	E71T-1	1.2	CCEP(+)	230 - 270A	23 - 28	12 - 23	4	FCAW	E71T-1	1.2	CCEP(+)	230 - 270A	23 - 28	12 - 23	5	FCAW	E71T-1	1.2	CCEP(+)	230 - 270A	23 - 28	12 - 23	6	FCAW	E71T-1	1.2	CCEP(+)	230 - 270A	23 - 28	12 - 23	Notas, Técnicas o Reglas del código: - El número de pases varía basado en el espesor del material, la configuración de la junta, la velocidad de avance y la técnica de soldo. - El primer pase debería ser lo suficientemente grande para minimizar la posibilidad de fisuras.	
Pase(s) o Capa(s)	Proceso(s)	Clasificación AWS	Metal de Aporte				Corriente		Voltaje (V)	Velocidad de avance (cm/min)																																																								
			Clasificación AWS	Díam (mm)	Polaridad	Amperaje (A) ó Velocidad de alimentación del alambre (in/min)																																																												
1	FCAW	E71T-1	1.2	CCEP(+)	230 - 270A	23 - 28	12 - 23																																																											
2	FCAW	E71T-1	1.2	CCEP(+)	230 - 270A	23 - 28	12 - 23																																																											
3	FCAW	E71T-1	1.2	CCEP(+)	230 - 270A	23 - 28	12 - 23																																																											
4	FCAW	E71T-1	1.2	CCEP(+)	230 - 270A	23 - 28	12 - 23																																																											
5	FCAW	E71T-1	1.2	CCEP(+)	230 - 270A	23 - 28	12 - 23																																																											
6	FCAW	E71T-1	1.2	CCEP(+)	230 - 270A	23 - 28	12 - 23																																																											
APROBACION FINAL V*B* SUPERVISOR		V*B* CONTROL DE CALIDAD																																																																

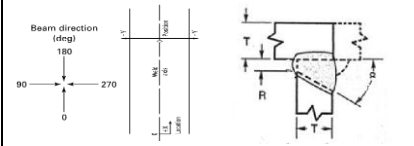
Fuente: Coiesu SAC 2018.

ANEXO 5
REGISTRO DE INSPECCION VISUAL

 		SISTEMA DE GESTIÓN DE CALIDAD - OPERACIONES ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS REGISTRO DE EXAMINACIÓN MEDIANTE INSPECCIÓN VISUAL			CÓDIGO: C-QMS-D-NDT-VT2 FECHA: 03.05.2017 REVISIÓN: Rev. 0 PÁGINA: 01 de 01								
REGISTRO N.º: NDT - RE - VT - 0001-2018													
INFORMACIÓN GENERAL													
CLIENTE: CONCESSIONARIA			INSTALACIÓN: PUERTO MALDONADO										
PROYECTO: REPARACION DE PILOTES PARA UNA DEFENSA RIBEREÑA			FECHA INSPECCIÓN: 25 de Julio del 2018										
ESTÁNDAR DE CALIFICACIÓN: AWS D1.1 / D1.1M:2015- Código de Soldadura Estructural-Acero			PROCEDIMIENTO - REV N.º: C-QMS-D-NDT-VT2										
DESCRIPCIÓN DE LA TÉCNICA DE EXAMINACIÓN													
TÉCNICA DE EXAMINACIÓN: <input checked="" type="checkbox"/> Directa <input type="checkbox"/> Remota <input type="checkbox"/> Transiluminada		HERRAMIENTAS USADAS: <input checked="" type="checkbox"/> Escobilla de Alambre <input type="checkbox"/> Solvente <input type="checkbox"/> Esmeril <input type="checkbox"/> Otro		DISPOSITIVOS USADOS: <input checked="" type="checkbox"/> Weld Gauge <input type="checkbox"/> Calibrador <input type="checkbox"/> Espejo <input type="checkbox"/> Lupas Magnificadoras <input type="checkbox"/> Otro									
CONDICIÓN DE LA SUPERFICIE: <input type="checkbox"/> Esmerilada <input checked="" type="checkbox"/> Pulido <input type="checkbox"/> Escobillada <input type="checkbox"/> Otro <input type="checkbox"/> As W eldad		TIPO DE COMPONENTE EXAMINADO: <input checked="" type="checkbox"/> Junta Soldada <input type="checkbox"/> Frangidas <input type="checkbox"/> Fundiciones <input type="checkbox"/> Laminados <input type="checkbox"/> Chalfanes <input type="checkbox"/> Otro		TIPO DE MATERIAL A EXAMINAR: <input type="checkbox"/> Acero al Carbono <input type="checkbox"/> Material Deseñil <input type="checkbox"/> Acero Inoxidable <input type="checkbox"/> Aluminio <input type="checkbox"/> Titanio <input type="checkbox"/> Otro									
TIEMPO DE APLICACIÓN: <input type="checkbox"/> Pre T.T. <input type="checkbox"/> Post T.T. <input checked="" type="checkbox"/> Sin T.T. <input type="checkbox"/> Reparada		PROCESO DE SOLDAR: <input type="checkbox"/> SMAW <input checked="" type="checkbox"/> TIGAW <input type="checkbox"/> GTAW <input type="checkbox"/> SMAW <input type="checkbox"/> SAW <input type="checkbox"/> PAW		TIPO DE LIMPIEZA: <input type="checkbox"/> Vapor Desengrasante <input type="checkbox"/> Detergente <input type="checkbox"/> Solvente Removedor <input type="checkbox"/> Ultrasonica									
TIPO DE JUNTA: <input type="checkbox"/> A tope <input type="checkbox"/> En Esquina <input checked="" type="checkbox"/> En T <input type="checkbox"/> Solape <input type="checkbox"/> Borde		MATERIAL BASE: ASTM A572 Gr-50		ESPESOR MATERIAL: 12mm 25mm.									
TEMPERATURA SUPERF.: 25 °C - 37°C		FUENTE DE LUZ: <input type="checkbox"/> Natural <input type="checkbox"/> Artificial		INTENS. DE LUZ: <input type="checkbox"/> >1000 lux <input checked="" type="checkbox"/> >2000 lux									
MARCA LUXÍMETRO: DAWSON		MODELO LUXÍMETRO: DSM50		SERIE DEL LUXÍMETRO: SA-7954032									
DISTANCIA DE LA LUZ: 300mm		PROCE. LUXÍMETRO: USA		FECHA DE CALIBRACIÓN: 29/10/2017									
MARCA DE LA LINTERNIA: N/A		MODELO LINTERNIA: N/A		SERIE DE LA LINTERNIA: N/A									
EVALUACIÓN DE RESULTADOS													
Nº	IDENTIF. PARTE/ SOLDADURA	PLANO Nº / LINEA Nº	WPS Nº	CÓDIGO DE SOLDADOR	CONTROL EN MARCHA DE SOLDADURA			CONTROL FINAL DE SOLO		EVALUACIÓN RESULTADOS	LING. EXAMINADA	COMENTARIOS	
					ALINEAMIENTO	ABERTURA RAZ	ÁNGULO DE RANURA	REFUERZO SOLDADURA	SUPERFICIE SOLDADURA				
1	64-PI-JCI	T3-0ALP-ESP04-3	WPS LP II	SID	-	3	45°	-	REGULAR	AC	-	20RD	TAPA DE PUNTALE 0 24" DEL ENREJADO SUP.
2	64-PI-JCI	T3-0ALP-ESP04-3	WPS LP II	SID	-	3	45°	-	REGULAR	AC	-	20RD	
3													
4													
5													
6													
7													
8													
9													
10													
REPORTE GRÁFICO						LEYENDA							
  						BN Metal Base WM Metal de Soldadura HAZ Zona Afectada por Calor U Sacavación F Fusión Incompleta IP Penetración Incompleta C Fisura S Inclusión Escoria P Porosidad AC Aceptada RJ Rechazada JC Junta circunferencial							
Los abajos firmes, certificamos que lo indicado en este registro es correcto y que el componente elemento o unión soldada fueron preparados y examinados de acuerdo a los requerimientos del Código AWS D1.1/D1.1M Ed. 2015.													
APROBACIÓN FINAL													
EXAMINADO POR - COIESU S.A.C.				REVISADO/PRESENCIADO POR - CUENTE				APROBADO POR - SUPERVISIÓN					
NOMBRE:	D.	25	NOMBRE:	D.	NOMBRE:	D.	NOMBRE:	D.	NOMBRE:	D.			
NIVEL:	M	7	FORMA:	M	FORMA:	M	FORMA:	M	FORMA:	M			
FORMA:	A	18	FORMA:	A	FORMA:	A	FORMA:	A	FORMA:	A			

Fuente: Coiesu SAC 2018.

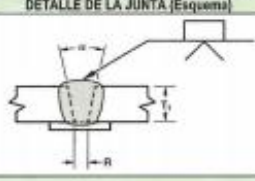


ANEXO 6 REGISTRO DE ULTRA SONIDO

INFORMACIÓN GENERAL		CÓDIGO: NDT-RE-UT-02														
CLIENTE: CONCESIONARIA		FECHA: 05/02/2016														
PROYECTO: REPARACIÓN DE PILOTES PARA UNA DEFENSA RIBERENA		REVISIÓN: Rev. 0														
ESTÁNDAR DE CALIFICACIÓN: AWS D1.1/D1.6E-2015		PÁGINA: 01 de 01														
PROCEDIMIENTO Nº: C-045-G-NDT-UT2 REV. 0		REGISTRO Nº: NDT - RE - UT - 0002 - 2016														
DESCRIPCIÓN DEL COMPONENTE A EXAMINAR																
CONDICIÓN DE LA SUPERFICIE: <input type="checkbox"/> Esmerilada <input type="checkbox"/> Pulido <input type="checkbox"/> Escobillada <input type="checkbox"/> Otro	TIPO DE COMPONENTE EXAMINADO: <input type="checkbox"/> Junta Soldada - Plancha <input type="checkbox"/> Forjado <input type="checkbox"/> Junta Soldada - Tuberia <input type="checkbox"/> Laminado <input type="checkbox"/> Fundición <input type="checkbox"/> Otro	TIPO DE MATERIAL EXAMINADO: <input type="checkbox"/> Acero al Carbono <input type="checkbox"/> Metal Osmil <input type="checkbox"/> Acero Inoxidable <input type="checkbox"/> Aluminio <input type="checkbox"/> Titanio <input type="checkbox"/> Otro														
TIPO DE JUNTA A EXAMINAR: <input type="checkbox"/> A Tee <input type="checkbox"/> En T <input type="checkbox"/> En L <input type="checkbox"/> Trapezo	PROCESO DE SOLDADO: <input type="checkbox"/> SMAW <input type="checkbox"/> FCAW <input type="checkbox"/> GTAW <input type="checkbox"/> GMAW <input type="checkbox"/> SAW <input type="checkbox"/> PAW	DISEÑO DE GEOMETRÍA DE LA JUNTA: <input type="checkbox"/> Recto <input type="checkbox"/> 1/2 V <input type="checkbox"/> En V <input type="checkbox"/> Doble V <input type="checkbox"/> Con Backing <input type="checkbox"/> En K														
MATERIAL BASE: ASTM A 572 Gr-50	PLANO Nº: T3-DALP-ESPD4-003	ID COMPONENTE: Espigon Nº4 - Puntal - 2 (pilote tapa)	TEMPERATURA: 25°C - 25°C													
UT EXTENSIÓN: 100% (90mm)	DIMENSIÓN: 24" (60mm) X 12mm															
DESCRIPCIÓN DEL EQUIPAMIENTO Y MATERIAL USADO:																
DEFECTOR FALLAS: <input type="checkbox"/> SUI <input type="checkbox"/> SONATEST <input checked="" type="checkbox"/> NOT Systems <input type="checkbox"/> DAKOTA <input type="checkbox"/> SONOTRON	MODELO: RAFTOR	SERIE Nº: 014536														
UNIDAD BÚSQUEDA: <input type="checkbox"/> ANGLE <input checked="" type="checkbox"/> NORMAL <input type="checkbox"/> FRECUENCIA: 5.0MHz <input type="checkbox"/> 1.0MHz <input checked="" type="checkbox"/> 2.25MHz	TAMÑO: 0550 X 0550	SERIE Nº: 18252														
TIPO DE PANTALLA: <input type="checkbox"/> A-SCAN <input type="checkbox"/> B-SCAN <input type="checkbox"/> C-SCAN	TIPO DE HAZ: <input type="checkbox"/> NORMAL <input checked="" type="checkbox"/> ANGULAR	ÁNGULO DE ZAPATA: <input type="checkbox"/> 0° <input checked="" type="checkbox"/> 45° <input type="checkbox"/> 90°														
TÉCNICA USADA: <input type="checkbox"/> PULSO-ECO <input type="checkbox"/> ECHO-ECO <input type="checkbox"/> PITCH-CATCH <input type="checkbox"/> IMMERSIÓN <input type="checkbox"/> TRANSMISIÓN T RAY																
CONECTOR CABLE: <input type="checkbox"/> BNC-BNC <input checked="" type="checkbox"/> BNC-Lemo60 <input type="checkbox"/> BNC-Microdot <input type="checkbox"/> BNC-UHF <input type="checkbox"/> Otro		TIPO: Coaxial	LONGITUD: 2000mm													
BLOQUE CALIBRAC.: <input type="checkbox"/> IW <input type="checkbox"/> USC <input type="checkbox"/> MIB <input type="checkbox"/> BLOX RESOLUCIÓN <input type="checkbox"/> ASME TUR	MARCA: Curtis Industriales	SERIE Nº: 43815														
COUPLING USADO: <input type="checkbox"/> HQ <input type="checkbox"/> ACEFE <input type="checkbox"/> DE-UT-X <input checked="" type="checkbox"/> Echultrasono <input type="checkbox"/> SONITECH	VISCOSIDAD: 2300 CPS	COMPRESIÓN: 70% Cabeza														
PROGRAMA COMPUTARIZADO: <input type="checkbox"/> USADO <input checked="" type="checkbox"/> NO USADO	MARCA: N/A	NOMBRE: N/A	SERIE-REV. Nº: N/A													
SMULADOR ELECTRÓNICO: <input type="checkbox"/> USADO <input checked="" type="checkbox"/> NO USADO	MARCA: N/A	GAINING: 50 Db	RECHAZADO: 0 Db													
VELOCIDAD LONG.: 5920 m/s	VELOCIDAD TRANS.: 3223m/s	RANGEO: 150 mm	GAIN REF.: 70.6 dB - 40% FS													
			Ø DE REF.: 1.5mm													
EVALUACIÓN DE RESULTADOS																
Nº	CÓDIGO DE LA JUNTA / SOLDADURA	SOLDADOR (ES)	NOMBRE DE LA SONDA TRANSDUCTOR	CABLE DE INSERCIÓN	PERNA	Deschetes (dB)				DISCONTINUIDADES				TUBO DE CALIFICACIÓN	APROBACIÓN FINAL	COMENTARIOS Y EST ATUS
						VALOR DE LA INDICACIÓN	VALOR DE REFERENCIA	VALOR DE ATENUACIÓN	VALOR DE LA INDICACIÓN	INDICACIÓN	INDICACIÓN	INDICACIÓN	INDICACIÓN			
1	Puntal-2/JC-1	SID	70/0P	A	I/V	70.6	-	-	-	-	-	-	-	6.3	AC	TAPA DE PUNTALE B 24" DEL ENRELAJADO SUP.
2																
3																
4																
5																
6																
7																
8																
9																
10																
REPORTE GRÁFICO				LEYENDA												
				<ul style="list-style-type: none"> BN: Nivel Base WV: Nivel de Soldadura ZALC: Zona Marcada por Cable P: Inspección Inicial LSF: Falta de Fases S: Inclusión de Escoria P: Porosidad A.C: Aceptado RI: Rechazado 												
<p>Atención: los datos firmados, certificarán que lo indicado en este registro es correcto y que el componente, elemento o unión soldada fue preparada y evaluado de acuerdo con los requerimientos de la Especificación Parte 6 del AWS D1.1/D1.6E-2015. CÓDIGO DE SOLDADURA ESTRUCTURAL ACEP0.</p>																
A PRUEBA FINAL																
EXAMINADO POR - COIESU S.A.C.					REVISADO/PRESENCIA DEL CLIENTE					APROBADO POR - SUPERVISIÓN						
NOMBRE:	D:	25	NOMBRE:	D:	NOMBRE:	D:										
NIVEL:	M:	7	FORMA:	M:	FORMA:	M:										
FORMA:	A:	18		Y:												

Fuente: Coiesu SAC 2018.

ANEXO 7

PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA SMAW

IIRSA SUR Concesionaria		ESPECIFICACIÓN DE PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA (WELDING PROCEDURE SPECIFICATION - WPS) (De acuerdo al AWS D1.1/D1.1M:2015 - Código de Soldadura Estructural - Acero)			C-EPS-FD-1A V01 14/01/2016	
<input checked="" type="checkbox"/> PRECALIFICADO <input type="checkbox"/> CALIFICADO POR PRUEBA						
Nombre de la Compañía	IIRSA SUR - ODEBRECHT LATINVEST		Fecha	25/10/2017		Rev.
Proceso de Soldadura	SMAW		Registro WPS N°	WPS-LP-18		0
Soporte POR N° (s)	Procedimiento Pre-Calificado		Reporte CVN	-----		
METAL BASE	Especificación	Tipo e Grado	Grupo N°	Espesor de Metal Base	Soldado	Con PWHT
Material Base	ASTM A 36	-----	I y II	Soldadura A Tope - CJP	Ilimitado	-----
Soldado a	ASTM A 36	-----	I y II	Soldadura A Tope w/CVN	-----	-----
Material de Backing	-----	-----	-----	Soldadura A Tope - PJP	Ilimitado	-----
Otros: Todos los aceros de los Grupo I y II, según Tabla 3.1.				Soldadura Filete	Ilimitado	-----
				Diámetro (Tubería)	≥ 24 in (610mm)	
DISEÑO DE JUNTA UTILIZADA				DETALLE DE LA JUNTA (Esquema)		
Tipo de Junta	Soldadura A Tope - Ranura en Simple "V" - B-U2a					
Ángulo de Base (α)	45°	Tolerancia	+10°, -0°			
Abertura de Raíz (R)	6 mm	Tolerancia	+2, -0 mm			
Dimensión cara - raíz (f)	0 mm	Tolerancia	0 mm			
Backing	No - Soldadura de Respaldo					
TRATAMIENTO TÉRMICO POST SOLDADURA						
Temperatura	No Aplica					
Tiempo de Temperatura	No Aplica					
Otros	No Aplica					
PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA						
Pase o capa (s)	1 (raíz)	2 - N (relleno y acabado)				
Proceso	SMAW	SMAW				
Tipo (Semi-automático, Mecánico, etc.)	Manual	Manual				
Posición - Progresión	4G	4G				
Metal de Aporte (Especificación AWS)	A5.1	A5.1				
Clasificación AWS	E7018	E7018				
Nombre Comercial	SUPERCITO	SUPERCITO				
Diámetro de Electrodo (mm)	3.25 mm	3.25 mm				
Protección de Gas - Composición (GTAW)	-----	-----				
Tasa de Flujo (GTAW)	-----	-----				
Tamaño de la boquilla (GTAW)	-----	-----				
Pre calentamiento	Mínima	Máxima				
Temperatura de Pre calentamiento	10°C	10°C				
Temperatura entre pases	150°C	150°C				
Características Eléctricas						
Diámetro de Electrodo (GTAW)	-----	-----				
Tipo de Corriente y Polaridad	DCEP	DCEP				
Amperaje (A)	95 - 110	110 - 120				
Voltaje (V)	18 - 25	18 - 25				
Velocidad de Avance (cm/min)	8 - 11	8 - 20				
Entrada máxima de calor (KJ/cm)	-----	-----				
Gas	-----	-----				
Técnica						
Arrastre u Oscilación	Oscilación	Oscilación				
Pasado Simple o Múltiple (por cara)	El Requerido	El Requerido				
Oscilación (GTAW -Mect. (Auto.)	-----	-----				
Longitud Transversal	-----	-----				
Permanencia	-----	-----				
Sticker	-----	-----				
Martillo	No Aplica	No Aplica				
Limpieza entre pases	Primer pase esmerilado, resto escobillado.					
Otros	-----					
ELABORADO POR		AUTORIZADO POR		APROBADO POR		
 Gladislaio Robert Jiménez Fernández CNA 11411951 OCTEKP 2017				 Gladislaio Robert Jiménez Fernández Responsable de la Unidad Laboral de Odebrecht Perú Operaciones y Servicios S.A.C.		

Fuente: La empresa concesionaria.

ANEXO 8

PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA FCAW


	[X] ESPECIFICACIÓN DE PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA (WPS)	HOJA	1 de 1
	[] REGISTRO DE CALIFICACIÓN DE PROCEDIMIENTO (PQR)	EMISIÓN	20/07/2015
	(De acuerdo a AWS D1.1/D1.1M:2010)	REVISIÓN	0

GENERALIDADES		IDENTIFICACIÓN N°: WPS LP 11						
Compañía: QUEBRECH LATINVEST		Revisión: 0						
Proceso(s) de Soldadura: GMAW/FCAW		Fecha: 23/02/2016						
<input type="radio"/> Manual <input checked="" type="radio"/> Semiautomático <input type="radio"/> Mecanizado <input type="radio"/> Automático		PQR de Soporte N°(s): PQR LP 09						
Tipo:		Elaborado por: Erik Jara Ypanaque						
DISEÑO DE LA JUNTA		POSICIÓN						
Tipo de junta: A tipo en V		Posición a Tope: F, V, OH						
Respaldo: NO		Posición en Filete: F, V, OH						
Material de respaldo: ---		Proyección vertical:						
Abertura de raíz (B) ³ (mm): 3		CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS						
Dimensión del talón (T) ³ (mm): 3		Modo de transferencia (GMAW): N/A						
Ángulo de ranura (α): 60°		Corriente: CCEP						
Radio (r) (mm): ---		Otros:						
Soldadura de respaldo: ---		Electrodo de tungsteno (GTAW): N/A						
Método de respaldo de raíz: ---		TÉCNICA						
METAL BASE		Arrastre u Oscilación: Oscilación						
Especificación del material: ASTM 572 Gr. 50		Pasada simple o múltiple: Múltiple						
Tipo o grado: ---		Número de electrodos: 2						
Espesor		Especificación						
Ranura (mm) -		Longitud (mm) N/A						
Filete (mm) -		Lateral (mm) N/A						
Diámetro Exterior (mm): 24"		Ángulo (deg) N/A						
METAL DE APORTE		Distancia de tobera a pieza de trabajo (mm): 15						
Especificación AWS: A5.18 / A5.20		Mantenido: N/A						
Clasificación AWS: ER70S-6 / E71T-1C		Limpieza entre pasadas: Disco abrasivo y escobilla						
PROTECCIÓN		PRECALENTAMIENTO						
Fundente: N/A Gas: CO ₂		Temp. Precalem. min(°C): 30						
Composición del gas: 100% CO ₂		Temperatura entre pasadas: min(°C) 20						
Clase electrodo - fundente: N/A		max(°C) 250						
Ratio de alimentación (litros/min): 25 lit/min		TRATAMIENTO TÉRMICO POSTERIOR A LA SOLDADURA						
Diámetro de la tobera (mm): 16		Temperatura (°C): N/A						
		Tiempo (hrs): N/A						
PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA								
Pasadas o capas	Proceso	Metal de aporte		Corriente		Voltaje (V)	Velocidad de avance (cm/min)	Detalle de la junta
		Clase	Diámetro (mm)	Tipo y polaridad	Amperaje (A)			
1	GMAW	ER70S-6	1.2mm	CCEP	100 - 150	17 - 20	13 - 17	
2	FCAW	E71T-1C	1.2mm	CCEP	230 - 270	23 - 28	12 - 23	
3	FCAW	E71T-1C	1.2mm	CCEP	230 - 270	23 - 28	12 - 23	
4	FCAW	E71T-1C	1.2mm	CCEP	230 - 270	23 - 28	12 - 23	
ANOTACIONES FINALES								
ELABORADO POR:					APROBADO POR:			
Nombre: Erik Jara Ypanaque					Nombre: Carlos Dávila del Águila			
Firma: 					Firma: 			
Fecha: 23/02/2016					Fecha: 23/02/2016			

Fuente: La empresa concesionaria.

ANEXO 9

COSTOS DE INSUMOS Y MANO DE OBRA

	PROYECTO: ASESORIA DE REPARACION DE PILOTES EN UNA DEFENSA RIBEREÑA		
	TRAMO III: CORREDOR VIAL INTEROCÉANICO SUR PERÚ - BRASIL		
	CONTRATISTA: CONCESIONARIA		

PROCESO SMAW						
DATOS	CANTIDADES AL MES	DESCRIPCION	MES	5 MESES	COSTO POR UNIDAD	COSTO
MATERIAL DE APORTE (electrodo revestido)	12.5 LATAS	20 kg por lata	146 KG	37 LATAS	S/ 280.00	S/ 10,360.00
COMBUSTIBLE (energía)	15 RECARGAS (petroleo)	180 galones cada dos dias	2700 GL	13500 GALONES	S/ 13.80	S/ 186,300.00
MATERIAL ARCO AIRE (electrodo o carbono)	2500 electrodos c.	50 unidades por caja	30 CAJAS	150 CAJAS	S/ 512.00	S/ 76,800.00
MANO DE OBRA DIRECTA (soldadores)	5 dia / 5 noche	10 soldadores	4500	10 SOLDADORES	S/ 4,500.00	S/ 225,000.00
MANO DE OBRA DIRECTA (armadores)	3 dia / 3 noche	6 armadores	22.800	6 ARMADORES	S/ 3,800.00	S/ 114,000.00
MANO DE OBRA DIRECTA (ayudantes)	5 dia / 5 noche	10 ayudantes	19.000	10 AYUDANTES	S/ 1,900.00	S/ 95,000.00
SUPERVISION INDIRECTA	unico supervisor	1 supervisor	7000	SUPERVISOR	S/ 7,000.00	S/ 35,000.00
INSPECTORES INDIRECTA	1 dia / 1 noche	2 inspectores/ incluye equipos	22.560	2 INSPECTORES MAS EQUIPOS	S/ 11,280	S/ 112,800.00
ALQUILER DE MAQUINA DE SOLDADURA	57 soles por dia por cada maquina	5 MAQUINAS	8550	5 maquinas las 24 horas	S/ 57.00	S/ 42,750.00
GRUPO ELECTROGENO	512 soles por alquiler diario	1 GRUPO ELECTROGENO	15.360	1 GRUPO ELECTROGENO 24 HORAS	S/ 512.00	S/ 76,800.00
SUB TOTAL						
					S/ 18,586.08	S/ 974,810.00
OTROS						
					10% del costo total	S/ 97,481.00
GASTO TOTAL						
						S/ 1,072,291.00

Fuente: La empresa concesionaria.

ANEXO 10

COTIZACIÓN QU-09034166C - MATERIAL ARCO AIRE Y MATERIAL DE APORTE PARA EL PROCESO SMAW Y FCAW



La Molina, 12 de Junio del 2018 Cotización N° QU-09034166C

Señores

CONCESIONARIA IIRSA SUR CARRETERA INTEROCEANICA TRAMO 3

Presente.-

Atención : SRS DEL DEPARTAMENTO
DE LOGISTICA

RUC : 20511129975
Teléfono :
Email : dlogistica@iirsasur.com.pe

De nuestra consideración:

Sirva la presente para saludarlos y cumplir con cotizar lo que detallamos a continuación:

Item	Detalle	Cantidad	Precio Unitario	Importe (INC IGV)
			Oferta Especial	
1	Material de aporte electrodo revestido (E7018)	64 latas	S/.280.00	S/.17920.00
2	Material arco aire (ELECTRO DE CARBON 5/32 * 12")	60 cajas	S/. 512.00	S/.30720.00
3	Material de aporte alambre tubular (E71T-1)	64 rollos	S/.186.00	S/.11904.00

Condiciones Comerciales

Modalidad de Pago

100% Adelanto o contra entrega. En caso se pague por cheque o transferencia, se entregará los productos una vez el dinero se haga efectivo en nuestra cuenta corriente. En caso el producto se envíe fuera de Lima Metropolitana se cobrará el flete respectivo. El trámite del depósito del cheque o transferencia a nuestra cuenta lo realiza el cliente.

Plazo de Entrega

Inmediato (previa verificación de pago y disponibilidad de stock).

Información Comercial

RUC: 20512067540

Razón Social: DAEDALUS CORPORATION SRL

Información Bancaria

Banco : SCOTIA BANK PERU S.A.A

N° Cuenta : 8205418

CCI (Soles) : 0090640000820541870

Agradecemos por la atención que sirva brindar a la presente, y atentos a sus próximas noticias, quedamos de ustedes.

Benjamin Silva
RPC : 969364496
Tel: 6365425

Jr. Villarreal de los Infantes 255, 3D-301, La Molina
Telfax: 6365425- email: ventas@daedalus-corp.com
www.daedalus-corp.com

Fuente: Daedalus Corp. (2018).

ANEXO 11

INFORME DE REVISIÓN DEL EXPEDIENTE TÉCNICO



SERVICIOS DE SUPERVISIÓN DE LA OBRA ACCESORIA SECTOR "LA PASTORA" Km 480+070 AL Km 480+910: SOCAVACIÓN RIBERA DERECHA DEL RIO MADRE DE DIOS DE LA CIUDAD DE PUERTO MALDONADO - TRAMO 3: PUENTE INAMBARI - INAPARI DEL PROYECTO CORREDOR VIAL INTEROCEANICO SUR, PERU - BRASIL- IRRSA SUR.

INFORME No. 002-2015-OIST/TPM-JS

A : Roger Alberto Principe Reyes
Representante Legal

DE : Tomás Palma Mujica
Jefe de Supervisión

Asunto : **INFORME DE REVISION DEL EXPEDIENTE TECNICO**
"OBRA ACCESORIA SECTOR "LA PASTORA" Km 480+070 AL Km 480+910: SOCAVACIÓN RIBERA DERECHA DEL RIO MADRE DE DIOS DE LA CIUDAD DE PUERTO MALDONADO - TRAMO 3: PUENTE INAMBARI - INAPARI DEL PROYECTO CORREDOR VIAL INTEROCEANICO SUR, PERU - BRASIL- IRRSA SUR".

Fecha : 25 de agosto 2015

Por el presente me dirijo a Usted, a fin de alcanzar el Informe de Compatibilidad del Expediente Técnico de la obra "OBRA ACCESORIA SECTOR "LA PASTORA" Km 480+070 AL Km 480+910: SOCAVACIÓN RIBERA DERECHA DEL RIO MADRE DE DIOS DE LA CIUDAD DE PUERTO MALDONADO - TRAMO 3: PUENTE INAMBARI - INAPARI DEL PROYECTO CORREDOR VIAL INTEROCEANICO SUR, PERU - BRASIL- IRRSA SUR"; para dicho efecto formulo los siguientes alcances.

1. DATOS GENERALES

- Nombre del Concesionario	: CONCESIONARIA INTEROCEANICA SUR TRAMO 3 S.A.
- Concedente	: Estado Peruano, Representado por MTC.
- Regulador	: OSITRAN
- Obra	: OBRA ACCESORIA SECTOR "LA PASTORA" KM 480+070 AL KM 480+910: SOCAVACION RIBERA DERECHA DEL RIO MADRE DE DIOS DE LA CIUDAD DE PUERTO MALDONADO - TRAMO3: PUENTE INAMBARI -INAPARI DEL PROYECTO CORREDOR VIAL INTEROCEANICO SUR, PERU -BRASIL - IRRSA SUR.
- Ubicación	: MALECON RIVERA DERECHA DEL RIO MADRE DE DIOS- PUERTO MALDONADO TAMBOPATA MADRE DE DIOS
- Área Geográfica	: 6
- Metas	: PROTECCION MARGEN DERECHA DEL RIO MADRE DE DIOS Y SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL
- Suscripción del Contrato	: 04.08.2005 del Concesionario.
- Suscripción Acta de Acuerdo	: 22.10.2014
- Modalidad	: Precios Unitarios
- Monto del Contrato	: US \$ 58'817,322.53 (sin IGV)
- Plazo de ejecución	: 750 d.c.
- Adelanto Directo	: US \$ 45'000,000.00 (sin IGV) - 10.02.2015
- Entrega de Terreno	: 12.03.2015
- Inicio Oficial del plazo	: 13.03.2015
- Termina de fin de obra	: 01.04.2017

Fuente: Osce (2015).

ANEXO 12
COSTOS UNITARIOS DE INSUMOS Y MATERIALES DEL
PROCEDIMIENTO SMAW

Item	Costo unitario
Alquiler de máquinas de soldadura	285.00 Soles/diario
Alquiler de un grupo electrógeno	512.00 Soles/diario
Lata 20 Kg de material de aporte (electrodo revestido)	280.00 Soles/lata
Combustible (para generación de energía)	13.80 Soles/galón
Material arco aire (electrodo carbono)	512.00 Soles/caja

Fuente: Coiesu (2018).

ANEXO 13
COSTOS UNITARIOS DE INSUMOS Y MATERIALES DEL
PROCEDIMIENTO FCAW

Item	Costo unitario
Alquiler de máquinas de soldadura	400.00 Soles/diario
Alquiler de un grupo electrógeno	512.00 Soles/diario
Alquiler de un equipo arco aire	145,00 Soles/diario
Rollo 15 Kg Material de aporte (alambre protegido)	186.00 Soles/rollo
Combustible (para generación de energía)	13.80 Soles/galón
Gas CO2	90 Soles/galón
Material arco aire (electrodo carbono)	512.00 Soles/caja

Fuente: Coiesu (2018).

ANEXO 14
COSTOS UNITARIOS DE TRABAJADORES DEL PLAN DE
IMPLEMENTACIÓN

Ítem	Cantidad	Sueldo (Soles/mes)
Soldadores	10	150,00
Armadores	6	126,66
Ayudantes	10	63,33
Supervisor	1	233,33
Inspectores	2	376,00

Fuente: Coiesu (2018).

ANEXO 15
PROPIEDADES MECÁNICAS DEL ALAMBRE PROTEGIDO PARA
SOLDADURA FCAW

AWS	Valores mínimos			
	Resistencia a la Tensión (ksi)	Límite de Cedencia (ksi)	% Elongación en 2"	Resistencia al impacto ft-lbs @ °F
E7XT-1	72	60	22	20 @ 0
E7XT-2		---	---	---
E7XT-3		---	---	---
E7XT-4		60	22	---
E7XT-5		60	22	20 @ -20
E7XT-6		60	22	20 @ -20
E7XT-7		60	22	---
E7XT-8		60	22	20 @ -20
E7XT-10		---	---	---
E7XT-11		60	22	---
E7XT-G		60	22	---
E7XT-GS		---	---	---

Fuente: Soldexa Oerlikon.

ANEXO 16.

CURSO RECOMENDADO

Curso de capacitación de soldadores

Objetivo

Desarrollar en el participante las competencias necesarias con propósito de calificación como soldador, para la aplicación de soldadura en tubería mediante el proceso semiautomático de soldadura con arco auto-prottegido con núcleo de fundente (FCAW), siguiendo WPS de acuerdo al código AWS D1.1, verificando la calidad de la soldadura aplicando inspección visual.

Duración

140 Horas.

Contenido


1. Seguridad en soldadura
2. Diseño de juntas soldadas
3. Proceso de soldadura FCAW-SS
4. Equipo para el proceso FCAW-SS
5. Procedimiento para FCAW-SS
6. Calificación del procedimiento de soldadura
7. Pruebas no destructivas (NDTM) y destructivas (DTM) ASME QC1
8. Calificación de soldadores para tubería de proceso
9. Símbolos de soldadura
10. Variables esenciales para la calificación del soldador
11. Inspección durante el proceso
12. Criterios de aceptación de soldaduras por inspección visual por el código AWS D1.1.
13. Criterios de aceptación de soldaduras por inspección visual por el código ASME B31.3.
14. Nomenclatura de defectos por radiografía
15. Prácticas para posiciones AWS en placas y tubería

ANEXO 17.

CARACTERÍSTICAS DEL ELECTRODO PARA SOLDEO FCAW

FCAW

Aceros al Carbono y Baja Aleación



EXATUB E71T-1

El producto EXATUB E71T-1 es un alambre tubular para aplicarse en toda posición, diseñado para trabajar con CO₂ como gas protector. El EXATUB E71T-1 en comparación con alambres tubulares autoprotégidos genera un menor nivel de humos y brinda buenas propiedades frente a la resistencia al impacto a bajas temperaturas. El cordón de soldadura presenta una buena apariencia y la remoción de escoria es fácil.

Clasificación	
AWS A5.20 / ASME SFA-5.20	E71T-1C/9C


Análisis Químico de Metal Depositado (valores típicos) [%]

C	Mn	Si	P	S	Mo	Ni	Cr	Cu	Otros
0,05	1,4	0,52	0,013	0,011	-	-	-	-	-

Propiedades Mecánicas del Metal Depositado

Resistencia a la Tracción [MPa (psi)]	Límite de Fluencia [MPa (psi)]	Elongación en 2" [%]	Energía Absorbida ISO-V (-20°C) [J]
Min. 578 (83 800)	Min. 529 (76 700)	min. 30	100

Conservación del Producto
• Mantener en un lugar seco y evitar humedad.

Posiciones de Soldadura
P, H, SC, VA.


Parámetros de Soldeo Recomendados

Díámetro [mm]	1,20	1,60
Polaridad	Corriente continua electrodo al positivo (DCEP)	
Amperaje [A]	140 - 320	200 - 380
Voltaje [V]	22 - 35	25 - 36
Stick out (mm)	15 - 25	
Flujo de Gas (l/min)	15 - 25	

Aplicaciones

- El alambre EXATUB E71T-1 es ideal para realizar soldadura en un solo pase y/o multipase sobre aceros de mediano carbono y aceros de baja aleación.
- Dentro de sus aplicaciones es muy usado para la soldadura de fabricación y reparación en astilleros, tanques de almacenamiento, fabricaciones estructurales (vigas, tolvas, tubos, tanques, etc.), tendidos de tuberías (piping), minería y equipos de movimiento de tierra en general, etc.

www.soldexa.com.pe – mail@soldexa.com.pe – Tel. 511 6299600 – Fax: 511 6199619 HT-155 Edición: 01

Fuente: Soldexa Oerlikon.

ANEXO 18

CALIFICACION EN CAMPO DE LA PRUEBA PILOTO



Fuente: Reparación de pilotes.



Fuente: Reparación de pilotes.

ANEXO 19

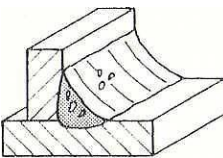
DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS


- AWS: Sociedad Americana de Soldadura.
- ANSI: Instituto de estándares Nacionales Americanos.
- API: Instituto Americano de Petróleo.
- ASTM: Sociedad Americana de Ensayos de Materiales.
- ASME: Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos.
- ARC AIR: Arco Aire.
- ASNT: Sociedad Americana de Ensayos no Destructivos.
- BRIDGECAM: Instrumento de Medición de Soldadura.
- CUATRO G: Posición de Soldadura Sobre Cabeza.
- DCEN: Corriente Continua Electrodo Negativo.
- DCEP: Corriente Continua Electrodo Positivo
- E7018: Electrodo Revestido.
- E71T-1C: Electrodo Tubular
- FUNDENTE: Núcleo del Electro Revestido.
- FCAW: Soldadura Arco de Núcleo Fundente.
- HAZ: Zona Afectada por el Calor.
- MIG: Metal Inerte Gas.
- MAG: Metal Activo Gas.
- MT: Partículas Magnéticas.
- NACE: Asociación Nacional de Ingenieros en Corrosión.
- PILOTE: Se denomina pilote a un elemento constructivo para la cimentación de obras.
- PDCA: Planificar, Hacer, Verificar, Actuar.
- PHASE ARRAY: Matriz de Fases.
- PQR: Registro de Calificación del Procedimiento.
- SMAW: Soldadura Arco de Metal Protegido.
- SAW: Soldadura de Arco Sumergido.
- VT: Inspección Visual.
- WPS: Especificación de Procedimiento de Soldadura.
- WPQ: Calificación del Desempeño del Soldador.

ANEXO 20

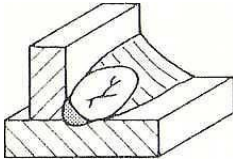
DEFECTOS TÍPICOS EN LAS SOLDADURAS

Tabla X: Defectos típicos en las soldaduras - Proceso FCAW

DEFECTO	CAUSA	SOLUCIÓN
<p>Porosidad</p> 	<ul style="list-style-type: none"> Material base contaminado. Alambres tubulares contaminados o sucios. Insuficiente cantidad de fundente en el alambre. Tensión muy elevada. Extensión visible ("Stick-Out") muy grande. Extensión visible ("Stick-Out") muy pequeña (para soldeo autoprotegido). Velocidad de soldeo elevada. Caudal de gas bajo que produce una protección defectuosa. Proyecciones en la tobera que reducen su sección. Caudal de gas alto. 	<ul style="list-style-type: none"> Extremar la limpieza del material base. Desengrasar. Evitar la suciedad en el taller. Secar los alambres. Cambiar el alambre. Disminuir la tensión Acortar la extensión y determinar la tensión adecuada. Alargar la extensión y determinar la tensión adecuada. Ajustar la velocidad Aumentar el caudal de gas de protección. Retirar las proyecciones de la boquilla. Disminuir el caudal para eliminar la turbulencia.

	<ul style="list-style-type: none"> • Excesivas corrientes de viento. • Gas de protección contaminado. 	<ul style="list-style-type: none"> • Proteger la zona de soldeo del viento. • Controlar la alimentación del gas. Purgar
<p>Falta de fusión o de penetración</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Parámetros de soldeo no adecuados. • Manipulación del alambre inadecuada. • Diseño inapropiado de la unión. 	<ul style="list-style-type: none"> • Aumentar la velocidad de alimentación del alambre. • Reducir la velocidad de desplazamiento. • Disminuir el "Stick-Out". • Reducir la dimensión del alambre. • Aumentar la velocidad de soldeo (para el soldeo autoprotegido). • Mantener la inclinación correcta. • Centrar la pistola y elegir el ángulo de inclinación adecuado. • Reducir la desalineación. • Aumentar la separación en la raíz. • Reducir el talón.

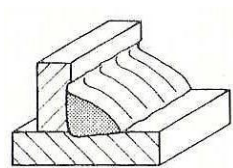
Grietas



- Embridamiento excesivo.
- Alambre inadecuado.
- Defecto en el llenado de electrodo.

- Reducir el embridamiento.
- Precalentar.
- Utilizar metal de aporte más dúctil.
- Realizar martillado.
- Revisar la composición del fundente o del alambre.
- Cambiar el electrodo.

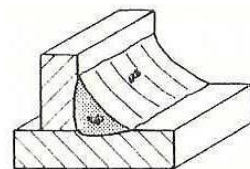
Mordeduras



- Tensión excesiva.
- Movimiento lateral muy rápido.
- Velocidad de avance excesiva.
- Pistola con inclinación excesiva.
- Intensidad de corriente muy débil.

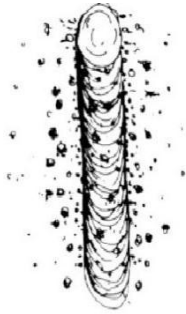
- Disminuir la tensión para que el calentamiento de la pieza sea menor.
- Dar un movimiento lateral más lento y retener un poco a los lados del cordón.
- Disminuir la velocidad de avance.
- Mantener la inclinación adecuada de la pistola.
- Aumentar la intensidad para que la escoria se funda y flote en el baño.
- Distribuir los cordones de forma que no queden estrías muy profundas donde se quede encajada la escoria.

Inclusiones de escoria



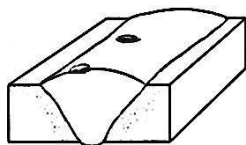
- Cordones mal distribuidos.

Proyecciones



- Movimiento de avance irregular y demasiado ancho.
- Humedad en el gas.
- Arco demasiado largo.
- Intensidad o tensión demasiado elevada.
- Pistola al polo negativo.
- Dar un movimiento de avance regular y disminuir la anchura del cordón.
- Emplear gas de protección bien seco.
- El arco debe tener una longitud de unos 3 mm.
- Disminuir la velocidad de alimentación del alambre o la tensión.
- Colocar la pistola al polo positivo.

Agujeros



- Longitud libre de varilla excesiva.
- Intensidad muy elevada.
- Tensión de arco muy baja.
- Movimiento de avance muy lento.
- Bordes de las chapas muy separados.
- Metal base muy caliente.
- Disminuyendo la longitud libre de varilla disminuyen las proyecciones.
- Disminuir la intensidad para evitar la perforación de la chapa.
- Aumentar la tensión y disminuirá la penetración.
- Aumentar la velocidad de avance.
- Disminuir la separación entre los bordes.
- Dejar enfriar antes de depositar un nuevo cordón.

Fuente: Germán Hernández Riesco, "Manual del Soldador", Edición 18va – Madrid (2007).