UNIVERSIDAD TECNICA FEDERICO SANTA MARIA

SEDE CONCEPCION - "REY DE BALDUINO DE BELGICA"

AUTOMATIZACION DE EQUIPOS DE SOLDADURA GMAW EN TALLER DE REPARACIONES NAVALES, ASMAR THNO.

Trabajo para optar al título Profesional de Ingeniero en Ejecución de PROYECTOS ESTRUCTURALES

Alumno:

Sr. Jorge Andrés Vargas Muñoz

Profesor guía:

Ing. Aldo Fuentes Troncoso

2021

RESUMEN

El objetivo de este estudio es evaluar la automatización de los equipos de soldadura GMAW en el taller de reparaciones navales de ASMAR Talcahuano.

El capítulo 1 aborda una temática que comienza definiendo a la empresa ASMAR desde sus comienzos con una breve reseña histórica y su funcionamiento.

Se describe ASMAR TALCAHUANO y sus instalaciones, luego se aborda el mantenimiento de buques, donde se da a conocer los intervalos de tiempo que se destinan a revisar el buque en toda su estructura y sus partes mecánicas. La calidad de acero utilizado, su denominación ASTM y sus características físicas. Continua con una descripción de los procesos de soldadura utilizados en el taller de reparaciones navales y sus características.

El Capítulo 2 aborda el planteamiento del problema, esto se refiere al buque AZTEC y su reparación, se plantea la normativa LLOYD REGISTER y sus diferentes métodos de control de la calidad. Se describe el trabajo habitual en el taller de reparaciones navales y sus características. Se dan a conocer los problemas derivados de la pandemia y sus efectos en el rendimiento de los trabajos programados.

El Capítulo 3 plantea una solución de mejora para el proceso de soldadura que actualmente se utiliza en el taller de reparaciones navales, que es una tecnología llamada Rail Runner 2, sus características técnicas y funcionamiento. En este capítulo se realiza una comparativa de rendimiento entre un soldador promedio y el equipo rail runner 2.

En el Capítulo 4 se realiza un análisis de costos en donde encontramos los costos derivados del proyecto AZTEC su estimación inicial y final en moneda nacional.

La conclusión de este estudio, es que al incorporar la tecnología Rail Runner II al taller de reparaciones navales se aprecia una mayor efectividad en el trabajo de soldaduras proceso GMAW, lo que además ayuda a que la cadena productiva del Astillero se beneficié con la disminución de tiempos, además de la disminución de costos asociados.

INDICE

INTRODUCCION.....1
1 ANTECEDENTES GENERALES 4
1.1 HISTORIA DE ASTILLEROS Y MAESTRANZA DE LA ARMADA ASMAR 4
1.1.1 Corporación de ASMAR..... 6
1.1.2 Astillero Talcahuano..... 7
1.2 MANTENIMIENTO DE BUQUES 9
1.3 ACERO NAVAL 10
1.3.1 Clasificación de acero ASTM a131 10
1.3.2 Composición y características físicas del acero ASTM a131..... 10
1.3.3 Equivalencias ASTM a131 versus casa clasificadora..... 11
1.4 PROCESOS DE SOLDADURA 11
1.4.1 Soldadura en planchas de acero 11
1.4.2 Soldadura por arco manual con electrodo revestido SMAW 12
1.4.3 El arco eléctrico..... 12
1.4.4 Equipo para soldar..... 13
1.4.5 Rango de intensidades de las maquinas 13
1.4.6 Electrodos 14
1.4.7 Nomenclatura electrodo revestido..... 14
1.4.8 Soldadura MIG/MAG 15
1.4.9 Fundamentos del proceso MIG/MAG..... 16
1.4.10 Características del proceso 16
1.4.11 Corriente y tensión de soldadura MIG/MAG..... 16
2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA..... 19
2.1 ANTECEDENTES DEL BUQUE TANQUE AZTEC..... 19
2.1.1 Datos técnicos del buque tanque AZTEC..... 20
2.2 NORMATIVA LLOYD´S REGISTER 20
2.2.1 Control de la calidad en soldadura 21
2.2.2 Ensayos no destructivos 22
2.2.3 Inspección visual..... 22
2.2.4 Inspección volumétrica..... 22
2.2.5 Inspección de la hermeticidad 22
2.3 DESCRIPCION DEL TRABAJO DE REPARACION HABITUAL DEL TALLER DE REPACIONES NAVALES..... 22
2.3.1 PROCESOS HABITUALES REALIZADOS EN TALLER DE REPARACIONES NAVALES..... 23
2.3.2 Corte y conformado de planchas 23
2.3.3 Biselado y chaflanado 23
2.3.4 Recepción a bordo del buque en reparación 24
2.3.5 Oxicorte y ajuste de planchas a bordo del buque a reparar 24
2.3.6 Soldadura GMAW a planchas..... 24
2.3.7 Proceso de inspección 25
2.4 TIEMPOS DE EJECUCION DEL TRABAJO DE REPARACIÓN 28
2.4.1 Planificación y estimación de recursos 29

2.4.2 Trabajos en maestranza para el proyecto AZTEC 29
2.4.3 Tiempos de recepción abordo: 30
2.4.4 Tiempos de oxicorte de planchas a renovar: 30
2.4.5 Tiempo de esmerilado limpieza de superficie: 30
2.4.6 Tiempos de soldadura GMAW: 30
2.4.7 Tiempos de Inspecciones no destructivas: 30
2.4.8 Tiempos de reparación de defectos de soldadura: 30
2.4.9 Tiempos de entrega inspector de clase: 31
2.4.10 Situación de pandemia 31
2.4.11 Análisis de tiempos de ejecución de los trabajos 31
3 PLANTEAMIENTO DE LA SOLUCION 33
3.1 DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO RAIL RUNNER 33
3.2 DATOS TÉCNICOS 34
3.3 EQUIPAMIENTO INCLUIDO 35
3.4 DISEÑO 36
3.5 PRECAUCIONES DE SEGURIDAD 37
3.6 PUESTA EN MARCHA Y OPERACIÓN 38
3.6.1 Montaje de los rieles para anillo 39
3.6.2 Posicionamiento en pista recta 41
3.6.3 Posicionamiento en pista curva 42
3.6.4 Preparación y conexión 42
3.6.5 Conexión a los circuitos de soldadura 43
3.7 OPERACIÓN 44
3.8 CARACTERÍSTICAS Y BENEFICIOS 46
3.9 COMPARATIVO DE VELOCIDAD ENTRE PROCESO GMAW SEMIAUTOMATICO Y EL PROCESO AUTOMATIZADO (tiempo efectivo de soldadura) 46
3.9.1 Reparación de mamparo de colisión 47
3.10 ESTIMACION DE LOS TRABAJOS ESTRUCTURALES DE REPARACIONES NAVALES 50
3.10.1 Frentes de trabajo que cumplen las condiciones para implementar el equipo Rail Runner II 52
4 ANALISIS DE COSTOS 55
4.1 COSTOS DEL TRABAJO DE REPARACIÓN BUQUE AZTEC 55
4.2 ANÁLISIS DE COSTOS AHORRADOS EN EL PROYECTO AZTEC CON TECNOLOGIA RAIL RUNNER II 55
4.3 IMPLEMENTACIÓN DE LA TECNOLOGÍA RAIL RUNNER II EN EL TALLER DE REPARACIONES NAVALES 56
4.3.1 Costos del Equipo Rail Runner II 56
4.3.2 Amortización del equipo Rail Runner II 57
CONCLUSION 58
BIBLIOGRAFIA 59
ANEXO 60

INDICE DE FIGURAS

Figura 1-1 Construcción del dique seco n°1 5

Figura 1-2 Inauguración del dique seco N°1 5

Figura 1-3 Inauguración del dique seco N°2 6

Figura 1-4 Organigrama empresa ASMAR 7

Figura 1-5 Instalaciones de ASMAR Talcahuano 8

Figura 1-6 Clasificación acero ASTM 131 10

Figura 1-7 Soldadura por arco manual con electrodo revestido 14

Figura 1-8 Electrodo revestido 14

Figura 2-1 Buque tanque AZTEC 21

Figura 2-2 Buque AZTEC en dique seco N°2 ASMAR TALCAHUANO 30

Figura 3-1 Configuración básica Rail runner II 35

Figura 3-2 Equipamiento incluido 37

Figura 3-3 Diseño modular equipo Rail runner II 38

Figura 3-4 Diseño modular equipo Rail runner II 38

Figura 3-5 Unión de rieles equipo Rail runner II 40

Figura 3-6 Ajuste de rieles equipo Rail runner II 41

Figura 3-7 Montaje de rieles para anillo equipo Rail runner II 41

Figura 3-8 Ajuste de rieles para anillos equipo Rail runner II 42

Figura 3-9 Alineamiento de rieles equipo Rail runner II 42

Figura 3-10 Posicionamiento en riel recto equipo Rail runner II 43

Figura 3-11 Posicionamiento en riel curvo equipo Rail runner II 44

Figura 3-12 Preparación y conexión equipo Rail runner II 45

Figura 3-13 Conexión a fuente de alimentación equipo Rail runner II 45

Figura 3-14 Monitor equipo Rail runner II 46

Figura 4-1 Mamparo de colisión Cuaderna 98 FORE PEAK 49

Figura 4-2 Sección plancha a renovar 50

Figura 4-3 Diseño de junta 51

Figura 4-4 Secuencia de soldadura 51

INDICE DE TABLAS

Tabla 1-1 Resistencias para aceros según casas clasificadoras.....10

Tabla 1-2 Equivalencia aceros 11

Tabla 1-3 Rango de intensidades de las máquinas de soldar.....14

Tabla 1-4 Nomenclatura electrodo revestido.....15

Tabla 2-1 Presión de aire y tiempo de pruebas neumáticas 26

Tabla 2-2 Parámetros de prueba chorro de agua.....27

Tabla 2-3 Prueba de presión chorro de aire 28

Tabla 3-1 Datos técnicos del equipo rail runner II 35

Tabla 3-2 Simbología de control equipo rail runner II 45

Tabla 3-3 Parámetros de trabajo equipo rail runner II 46

Tabla 3-4 Descripción de velocidades promedio 47

Tabla 4-1 Descripción de costos proyecto AZTEC 55

Tabla 4-2 HH Ahorradas y sus costos 56

INDICE DE GRAFICOS

Gráfico 3-1 Velocidad promedio 49

Gráfico 4-2 Comparación de tiempos.....52

SIGLAS Y SIMBOLOGIA

IMO	:	Organización Marítima Internacional
ONU	:	Organización de naciones unidas
DWT	:	Peso muerto
IACS	:	Asociación internacional de sociedades de clasificación
ASTM	:	Sociedad Americana de pruebas y materiales
SMAW	:	Soldadura de arco manual
MIG	:	Soldadura con gas inerte
MAG	:	Soldadura con gas activo
AWS	:	American Welding Society
°C	:	Grados Celsius
PSI	:	Libras por pulgada cuadrada
TPM	:	Toneladas de peso muerto

INTRODUCCIÓN

El siguiente trabajo de título se enfoca en la evaluación de la automatización a los equipos GMAW del taller de reparaciones navales.

Este trabajo se realiza para analizar la implementación de nuevas tecnologías a los procesos del taller de reparaciones navales, de esta manera se pretende incorporar en los trabajadores la familiarización con tecnologías de vanguardia que ya se están incorporando en distintos rubros de la construcción en acero.

Con esto se crea una expectativa de mejora continua, dando paso a que los trabajadores se renueven en sus cargos, capacitándose y entregando mejoras en las condiciones laborales.

La relevancia de este trabajo es que se pretende lograr un ahorro de tiempo de ejecución en el proceso de soldadura GMAW del taller de reparaciones navales. Con un impacto directo en la disminución de los tiempos de la cadena productiva del astillero.

La pandemia del corona virus cambio nuestras vidas en todos sus ámbitos. Esto genero una alteración en la forma de que el astillero maneja los turnos de producción, como resultado se tienen jornadas de trabajo más cortas y que la mano de obra de cada turno trabaje separada encareciendo los tiempos en los frentes de trabajo, extendiendo las fechas de entrega y aumentando los costos de producción.

Esta situación llevo al estudio de una solución efectiva a modo de compensación de los tiempos perdidos por la situación antes descrita. Esta solución es la automatización de los equipos GMAW del taller de reparaciones navales con tecnología del carro guiado Rail runner2.

La importancia para el taller de reparaciones navales es enfrentar los futuros trabajos de reparaciones con un proceso automatizado, con mejoras en la rapidez de ejecución de los trabajos de reparaciones a buques navales y civiles.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Evaluar la automatización de los equipos de soldadura GMAW del taller de reparaciones navales, con el propósito de mejorar la eficiencia en los procesos productivos del astillero.

OBJETIVO ESPECIFICOS

- Descripción del proceso productivo del taller de reparaciones navales.
- Analizar la incorporación de la tecnología de innovación, rail runner II en el taller de reparaciones navales.
- Evaluar costos entre proceso semiautomático de soldadura GMAW y proceso automatizado tecnología rail runner II

CAPITULO 1. ANTECEDENTES GENERALES

1 ANTECEDENTES GENERALES

1.1 HISTORIA DE ASTILLEROS Y MAESTRANZA DE LA ARMADA ASMAR

El primer arsenal de la armada de Chile se estableció naturalmente en Valparaíso, puerto base de la escuadra nacional, el 5 de diciembre de 1817, cerca de lo que hoy en día es plaza de la aduana. En 1870 poseía en sus dependencias una maestranza, para la que se solicitaban un ingeniero 2°, un mecánico, dos herreros y tres carpinteros, y en 1874 un constructor naval.

La necesidad de efectuar la reparación y mantención de las nuevas unidades de la armada de Chile en el país motiva la construcción de un dique de carenas de mayor capacidad a los existentes en Chile.

Después de diversos estudios y trabajos orientados a desarrollar el proyecto más conveniente para la armada de Chile y el país, el 20 de febrero de 1896, se inaugura el dique seco de carenas N°1 en el sector del bajo MARINAO en la bahía de Concepción, Talcahuano, creándose con esto los arsenales de marina.

Junto al dique se conciben talleres y laboratorios que apoyan las actividades de reparación, constituyendo en el complejo industrial más importante de la época en Chile.

La adquisición del acorazado "ALMIRANTE LATORRE", por parte de la armada de Chile, propicia la construcción de un segundo dique de mayor capacidad el dique seco N°2, inaugurado el 15 de julio de 1924. Así, la capacidad de los arsenales permitía no sólo satisfacer eficientemente los requerimientos de la armada de chile, sino que, además, de armadores nacionales y extranjeros cuyas embarcaciones transitaban a lo largo de la costa del pacifico sur oriental.

El 6 de abril de 1960, se crea ASMAR – astilleros y maestranza de la armada, como una empresa autónoma del estado, orientada a satisfacer los requerimientos de mantención, reparación, recuperación, conversión, modernización y construcción de naves de la armada de Chile y de la unidad naviera nacional e internacional.

A lo largo de los años, su incesante actividad le ha permitido mantener la operatividad de las unidades de la armada y le ha valido el reconocimiento de armadores nacionales y extranjeros, los cuales han confiado la solución de sus necesidades a los astilleros de la corporación.

Figura 1-1 Construcción del dique seco n°1

Fuente www.asmar.cl

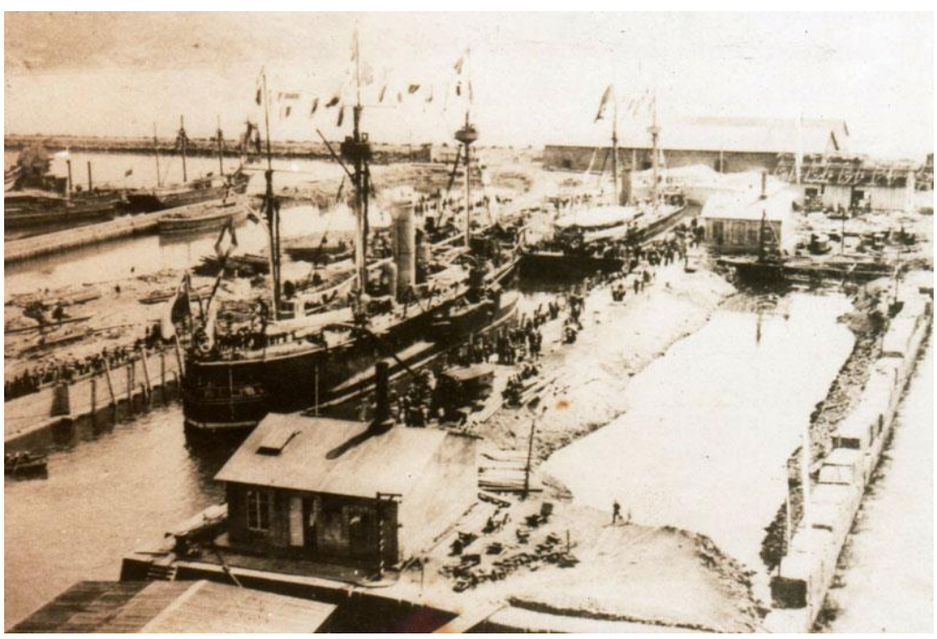


Figura 1-2 Inauguración dique seco n°1

Fuente www.asmar.cl

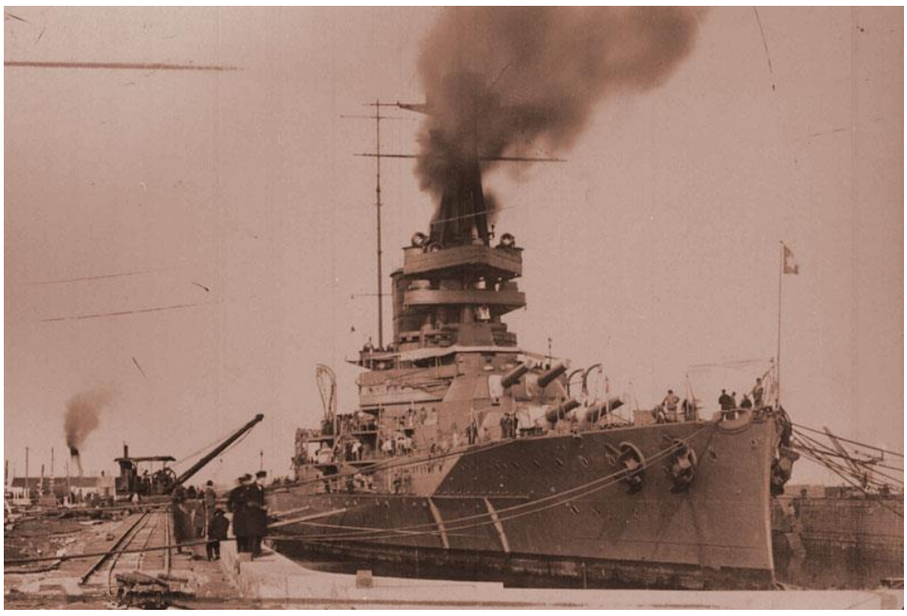


Figura 1-3 Inauguración dique seco n°2

Fuente www.asmar.cl

1.1.1 Corporación de ASMAR

ASMAR es una empresa estratégica de la defensa del estado de Chile, de administración autónoma, siendo reconocida como empresa esencial del área de la industria naval y de defensa, cuya actividad principal es efectuar el mantenimiento y la reparación de las unidades navales de la armada de Chile y, además de embarcaciones nacionales y extranjeras.

Junto con esto construye naves y artefactos navales para la marina y para terceros.

Para ello, la empresa está organizada en tres plantas industriales ubicadas en las ciudades de Valparaíso, Talcahuano, Punta Arenas y su dirección corporativa se encuentra ubicada en Valparaíso.

Para tener una noción más amplia de los objetivos que busca la empresa se presentan a continuación su misión y su visión.

- Misión: ASMAR es una empresa del estado, de administración autónoma, del área de la industria naval y de defensa, cuya actividad principal es satisfacer eficientemente las necesidades de reparaciones, carenas y construcciones de la armada de Chile y efectuar reparaciones, carenas y construcciones de naves y artefactos navales para terceros.

- Visión: La visión de ASMAR es tener una administración, infraestructura, procesos y personal capacitado, para mantener en los niveles que les compete a las unidades de la marina, poniendo a disposición de la armada de Chile y de las empresas navieras del mundo sus capacidades de reparación y construcción naval, con el objeto de lograr su pleno empleo, alcanzando costos que la transformen en una empresa más competitiva y rentable.

ASMAR está conformada por un consejo superior, una dirección corporativa y tres plantas industriales. Como se puede apreciar en la siguiente figura 1-4.

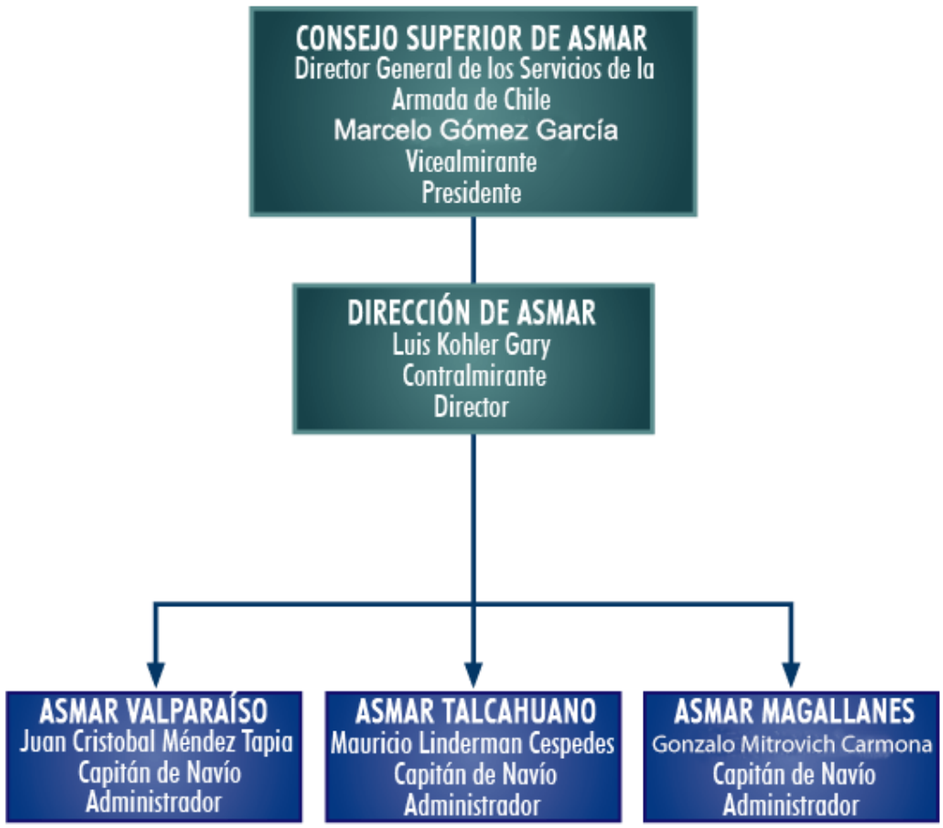


Figura 1-4 organigrama empresa ASMAR

fuente www.asmar.cl

1.1.2 Astillero Talcahuano

Ubicado en la bahía de Concepción en Talcahuano, Chile, es el principal astillero de ASMAR. En sus instalaciones, personal altamente calificado efectúa el mantenimiento, reparación integral, modernización y recuperación de unidades de guerra y comerciales de hasta 96.000 tonelaje de peso bruto y además la construcción de buques militares y comerciales de hasta 50.000 toneladas de peso bruto.

ASMAR Talcahuano posee unas diversas áreas como administración, producción, talleres de reparación, taller de construcción naval como se muestra en la siguiente figura:

1. Acceso principal
2. Edificio Administración
3. Taller de combustión interna
4. Almacén central
5. Dique flotante de montaje techado YUNG
6. Dique flotante techado TALCAHUANO
7. Muelle 0210
8. Muelle 0310
9. Dique flotante GUTIERREZ
10. Dique flotante MERY
11. Canal de acceso
12. Muelle UGARTE
13. Dique seco N°1 ALMIRANTE BANNEN
14. Taller de electricidad
15. Taller de calderas y cañerías
16. Taller de electrónica
17. Taller de bloques
18. Taller de estructuras
19. Grada de lanzamiento de construcción naval
20. Dique seco N°2

Figura 1-5 Instalaciones de ASMAR Talcahuano

Fuente www.asmar.cl

1.2 MANTENIMIENTO DE BUQUES

Para los buques mercantes su adecuado mantenimiento es esencial para el éxito comercial de la empresa que los gestione. El mantenimiento será correctivo, preventivo, predictivo, y será en seco y a flote, y todas estas posibilidades deberán ser consideradas cuando se gestione la explotación, sea de un solo buque o de una flota.

La tendencia universal es minimizar las puestas en seco de los buques, tratando de maximizar el mantenimiento a flote, aunque a veces el mantenimiento a flote requiere que el buque salga transitoriamente de operación y esté amarrado a un muelle, en lo posible por pocos días.

A tales efectos la tendencia universal es extender los períodos entre entradas a dique seco. Quien gobierna la extensión de estos períodos es la autoridad marítima de la bandera del buque, aunque debido a los temas ambientales producto de accidentes marítimos, las banderas deben cumplir las exigencias dictadas por la IMO que actúa dentro de la ONU, esto pena de que sus buques no sean aceptados para ingresar a puertos extranjeros.

Pero además las banderas actúan, en general, en acuerdo con las exigencias de las sociedades de clasificación con sus buques clasificados, fundamentalmente cuando las sociedades forman parte de la IACS.

Como dato interesante se puede señalar que hoy en día las sociedades de clasificación de la IACS, siguiendo los reclamos de los armadores, mantienen la clase de determinados buques mercantes en determinadas condiciones con períodos entre puestas en seco de siete años y medio (7,5 años), y están logrando que las banderas acepten la situación.

Es el caso de buques portacontenedores, buques de carga general, y buques multipropósito de carga seca, que deben tener un sistema de mantenimiento planificado para el casco y otro para la maquinaria aprobados por la sociedad de clasificación, y que además deben estar equipados con un sistema de cojinetes y sellos de ejes porta hélices de diseño también aprobados y sometidos a un procedimiento de monitoreo periódico.

Pero además los esquemas de pintura de la obra viva deben incluir un espesor en seco no menor a 300 micras (0,300 mm), sin considerar la pintura antifouling, y los buques deben contar con un sistema de ánodos de sacrificio que perdure durante los 7,5 años o con un sistema de corrientes impresas adecuadamente mantenido.

1.3 ACERO NAVAL

La especificación estándar para acero estructural para barcos, utilizado tanto en construcción como en reparaciones, se encuentras designada en las Normas ASTM en la especificación ASTM A-131, y bajo la aprobación de las casas clasificadoras.

Este acero, utilizado principalmente en construcciones navales, se especifica en dos niveles de resistencia, cuyas propiedades mecánicas como la dureza y elasticidad se evaluarán por medio del ensayo de tensión de Charpy.

1.3.1 Clasificación de acero ASTM a131

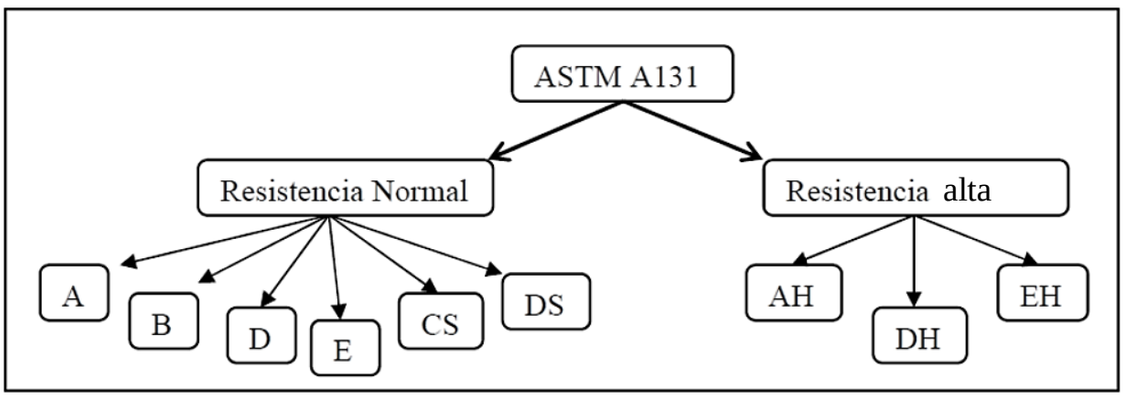


Figura 1-6 Clasificación acero ASTM 131

Fuente repository.udistrial.edu.com

1.3.2 Composición y características físicas del acero ASTM a131

Tabla 1-1 Resistencias para aceros según casas clasificadoras

Grado	Ruptura MPa	Fluencia min MPa	% Alargamiento min. (2) 200 mm	50mm	% C (4)	Mn (4)
A	400 a 490	235 (1)	21	24	0.23 (5)	(*6)
B	400 a 490	235 (1)	21	24	0.21	0.8 - 1.1 (7)
D	400 a 490	235 (1)	21	24	0.21	0.7 (7) - 1.35 (8)
E	400 a 490	235 (1)	21	24	0.18	0.7 - 1.35 (7)
CS	400 a 490	235 (1)	21	24	0.16	1.0 - 1.35 (7)
DS	400 a 490	235 (1)	21	24	0.16	1.0 - 1.35 (7)
AH32	470 a 585	315	19	22	0.18	0.9 - 1.6
DH32	470 a 585	315	19	22	0.18	0.9 - 1.7
EH32	470 a 585	315	19	22	0.18	-
AH36	490 a 620	360	19	22	0.18	-
DH36	490 a 620	360	19	22	0.18	-
EH36	490 a 620	360	19	22	0.18	-

Fuente repository.udistrial.edu.com

1.3.3 Equivalencias ASTM a131 versus casa clasificadora

Tabla 1-2 Equivalencia aceros según casa clasificadora

Tabla de Equivalencias de Aceros para las distintas Casas Clasificadoras								
GL	LRS	DNV	ABS	BV	RINA	NKK	RNR	ASTM-A131
A	A	NVA	A	A	A	KA	A	A
B	B	NVB	B	B	B	KB	B	B
D	D	NVD	D	D	D	KD	D	D
E	E	NVE	E	E	E	KE	E	E
A-32	AH-32	NVA-32	A-32	A-32	AH-32	KA-32	A-32	AH-32
D32	DH-32	NVD-32	D-32	D-32	DH-32	KD-32	D-32	DH-32
E-32	EH-32	NVE-32	E-32	E-32	EH-32	KE-32	E-32	EH-32
A-36	AH-36	NVA-36	A-36	A-36	AH-36	KA-36	A-36	AH-36
D36	DH-36	NVD-36	D-36	D-36	DH-36	KD-36	D-36	DH-36
E-36	EH-36	NVE-36	E-36	E-36	EH-36	KE-36	E-36	EH-36

Fuente repository.udistrial.edu.com

Una vez establecido la clasificación del acero ASTM A131, según su nivel de resistencia, también se clasifica según el grado, pero un aspecto a considerar es el de la soldabilidad de los aceros navales, el cual está influenciado por el porcentaje de carbono presente, lo cual es un aspecto para considerar en la elección del tipo de electrodo a ocupar como los respectivos tratamientos térmicos para soldeo de materiales para distintos espesores de plancha en caso de requerirlos.

1.4 PROCESOS DE SOLDADURA

1.4.1 Soldadura en planchas de acero

La soldadura es un proceso mecánico de fijación en donde se realiza la unión de dos o más piezas, usualmente logrado a través de la coalescencia de las partes. Se puede agregar un material de aporte que, al fundirse, forma un charco de material fundido entre las piezas a soldar. al enfriarse, se convierte en una unión fija a la que se le denomina cordón.

La idea de la soldadura por arco eléctrico a veces llamada soldadura electrógena, fue propuesta a principios del siglo XIX por el científico inglés Humphrey Davy, pero ya en 1885 dos investigadores rusos consiguieron soldar con electrodos de carbono.

Cuatro años más tarde fue patentado un proceso de soldadura con varilla metálica. Sin embargo, este procedimiento no tomó importancia en el ámbito industrial hasta que el sueco OSCAR KJELLBERG inventó, en 1904, el electrodo

recubierto. Su uso masivo comenzó alrededor de los años 1950.

1.4.2 Soldadura por arco manual con electrodo revestido SMAW

Este proceso de soldadura por arco eléctrico es una técnica de soldadura manual. El cordón físicamente se produce por la unión de un metal base y un metal de aporte.

En la actualidad un alto porcentaje de las soldaduras se aplica con esta técnica, de manera preferente en reparaciones y mantenimiento, debido a su bajo costo, ya que solo se ocupa una máquina y electrodos revestidos, básicamente.

Esta técnica de soldadura permite soldar casi todos los metales con diferentes espesores y posiciones, con resultados muy buenos. Este proceso es considerado un avance con respecto a las primeras soldaduras por arco eléctrico que se realizaron con metal de aportación desnudo.

1.4.3 El arco eléctrico

Mediante una corriente eléctrica ya sea corriente alterna o corriente continua se forma un arco eléctrico entre el metal a soldar y el electrodo utilizado, produciendo la fusión de éste y su depósito sobre la unión soldada. Los electrodos suelen ser de acero suave, y están recubiertos con un material fundente que crea una atmósfera protectora que evita la oxidación del metal fundido y favorece la operación de soldeo.

El aire que rodea al arco eléctrico se ioniza al absorber energía procedente del arco. El gas ionizado conduce mejor la energía eléctrica del arco y de este modo ayuda a su estabilidad.

Electrodo se considera a cada uno de los terminales de la fuente de alimentación, siendo el electrodo y la pieza la combinación más empleada en los procesos actuales de soldaduras.

La energía del arco es proporcional a la intensidad de corriente del arco y a la resistencia del medio por la que circula. Parte de la energía eléctrica se pierde en forma de radiación electromagnética.

Para mantener el arco y proporcionar a la soldadura un aporte calorífico uniforme es necesario controlar tres variables:

- Longitud de arco.
- Tensión de corriente.
- Intensidad de corriente.

1.4.4 Equipo para soldar

Para la soldadura se utilizan máquinas eléctricas encargadas de entregar la intensidad de corriente ideal para el proceso. A los terminales de la máquina se conectan dos cables, uno de ellos unidos a la pinza porta-electrodos y el otro a la pinza de masa, como se muestra en la figura 1-4.

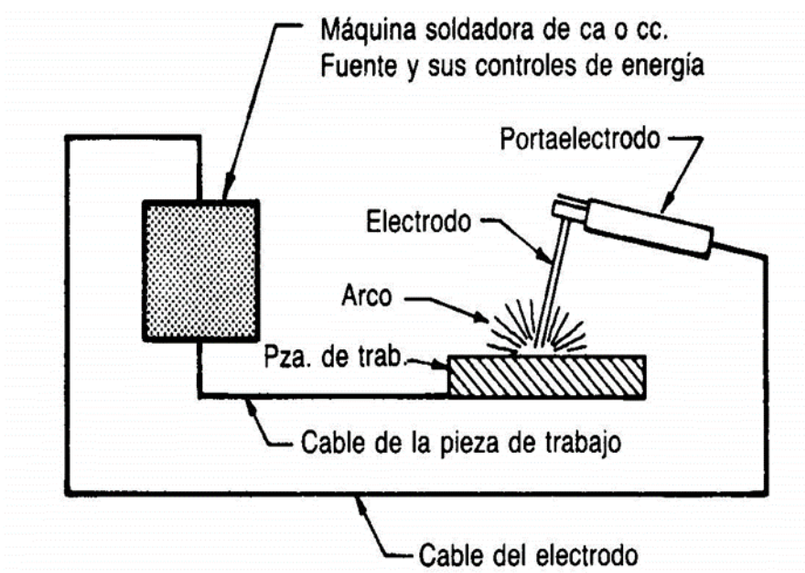


Figura 1-7 soldadura por arco manual con electrodo revestido

Fuente dpz.es

1.4.5 Rango de intensidades de las maquinas

De acuerdo con la ficha técnica de las máquinas más utilizadas, estos son los rangos de intensidades v/s utilidad.

Tabla 1-3 Rango de intensidades de las máquinas de soldar

Intensidad (A)	Empleo
150-200	Trabajo de producción ligera
250-300	Producción, mantenimiento, reparación
350-600	Trabajos de construcción pesada y producción

Fuente Elaboración propia

1.4.6 Electrodos

En la soldadura por arco con electrodo revestido, se utiliza un electrodo formado por una varilla metálica que constituye el alma y un recubrimiento concéntrico a la varilla de fundente.

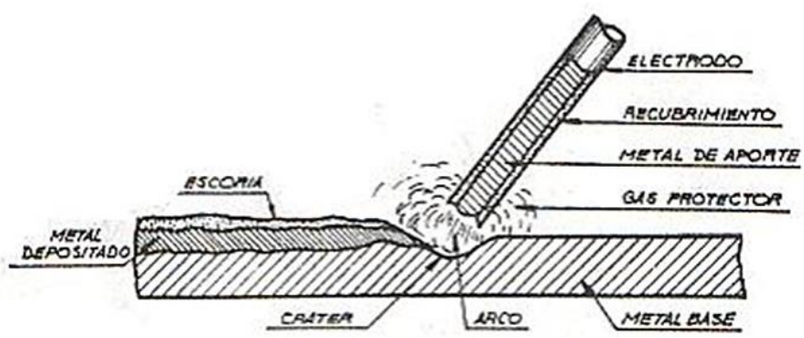


Figura 1-8Electrodo revestido

Fuente mailxmail

1.4.7 Nomenclatura electrodo revestido

La siguiente tabla muestra el significado de cada número y letra de identificación de un electrodo revestido.

Tabla 1-4 Nomenclatura electrodo revestido

E - 70 18 B - 3

Letra "E"	Dos o tres primeros digitos	Penultimo digito	Numeración	Dos ultimos digitos					Letra	Numero
				Corriente	Polaridad	Revestimiento	Arco	Penetracion	Grupo de aleacion	Aleante principal
Electrodo para soldar con arco metalico protegido (Electrica SMAW)	Resistencia minima a la tension del cordon depositado en miles de libras por pulgada cuadrada	Posicion ideal de soldadura 1=Todas las posiciones 2=Plana y filete horizontal 3=Plana	xx10	CD	P I	Celulosa-Sodio	Energico	Alta	A-1	Molibdeno
			xx11	CA-CD	P I	Celulosa-Potacio	Energico	Alta		
			xx12	CA-DD	PD	Rutilo-Sodio	Medio	Mediana		
			xx13	CA-CD	PD-P I	Rutilo-Potasio	Suave	Ligera	B-1	Cromo-Molobdeno
			xx14	CA-CD	PD-P I	Rutilo-Polvo Fe	Suave	Ligera	B-2	
			xx15	CD	P I	Bajo Hidrogeno	Medio	Mediana	C-1	Niquel
			xx16	CA-CD	P I	Bajo Hidrogeno	Medio	Mediana	C-2	
			xx18	CA-CD	P I	Bajo Hidrogeno	Medio	Mediana	C-3	
			xx20	CA-CD	PD-P I	Oxido de Hierro	Medio	Mediana	D-1	Molibdeno
			xx24	CA-CD	PD P I	Rutilo	Medio	Mediana	D-2	Manganeso
			xx27	CA-CD	PD	Polvo de hierrp	Medio	Mediana	M-	Militar
			xx28	CA CD	P I	Bajo hidrogeno	Suave	Ligera	S-	No clasificado

Fuente docplater.es

1.4.8 Soldadura MIG/MAG

Los procedimientos de soldadura por arco con electrodo metálico continuo y protección gaseosa se han venido desarrollando desde comienzos del siglo XX.

El propósito era conseguir procesos continuos de soldadura y durante este tiempo se registraron numerosas patentes En 1950 se registró la patente de Albert Müller, Glenn J. Gibson y Nelson E. Anderson, en la que se dio a conocer el proceso de soldadura con electrodo metálico continúo con arco pulverizado que sentó los precedentes del proceso hoy empleado.

Esta soldadura recibe el nombre de MIG. El electrodo metálico continuo se funde durante la soldadura pasando a formar parte del cordón (metal de aporte), y se protege el área de la soldadura con un gas o mezclas de gases inertes.

Cuando el gas o mezcla de gases que protegen la poza fundida son activos, como por ejemplo el dióxido de carbono, esta técnica de soldadura lleva por nombre proceso de soldadura MAG. Este proceso puede ser totalmente automático, de modo que tanto la corriente de soldadura, la alimentación del alambre metálico, el caudal del gas protector y la velocidad de avance son regulados antes de comenzar con el proceso como tal.

En los procesos semiautomáticos todos los parámetros son regulados también antes de realizar la soldadura, pero la pistola debe conducirla el operador a lo largo de todo el cordón manteniendo la longitud de arco y a la vez manteniendo una velocidad de avance correcta.

1.4.9 Fundamentos del proceso MIG/MAG

El procedimiento se basa en la fusión de los bordes de las piezas a unir y el alambre continuo (metal de aporte), por el calor generado por el arco eléctrico que se forma entre el alambre y la pieza y por el impacto de electrones sobre el terminal positivo. Las temperaturas pueden llegar a los 4000 ºC.

1.4.10 Características del proceso

Las características propias de estos procedimientos de soldaduras han hecho que se extiendan en la industria. Entre sus ventajas se destacan las siguientes:

- Buenas características mecánicas, gran penetración, ya que la aportación se realiza con un alambre continúo, no hay paradas, ni tampoco inicios por cambios de varilla evitando acumulación de deformaciones.

- Reducción de los defectos al no presentarse escoria y proyecciones o perlillas escasas se hace más fácil la limpieza y quedan menos defectos en los cordones.

- La protección gaseosa y el control automático del proceso reducen los defectos por contaminación.

- Gran velocidad de soldadura, esto es debido al alambre continúo.

- Posibilidad de automatización del proceso y reducción de costos.

1.4.11 Corriente y tensión de soldadura MIG/MAG

La corriente y tensión de trabajo son parámetros muy importantes que se deben controlar para que el proceso de soldadura no presente problemas.

La polaridad de la corriente influye de forma decisiva en la penetración, velocidad de fusión y en la limpieza de aquellos metales que presenten óxidos en su superficie.

La corriente continua con polaridad inversa llena de mejor manera estos requisitos, de ahí que sea la más utilizada. La polaridad directa prácticamente ya no se usa por la poca penetración, cordones anchos y muchas proyecciones.

La mayoría de las ventajas de soldar con polaridad inversa es en la forma en que se transporta el metal de aportación. Esta transferencia puede realizarse de dos formas:

a) Mediante el desprendimiento del metal fundido en forma de gotas hacia el cordón. La forma en que se produce la transferencia, diferenciamos dos, transferencia por pulverización o arco espray y globular.

b) Por contacto del alambre y la pieza y recibe el nombre de corto circuito.

Hay una serie de factores que permiten que este transporte se realice de diferentes formas: tipo y polaridad de corriente, gas de protección, composición del electrodo, longitud libre del aporte, tensión de arco, diámetro del electrodo.

Utiliza electrodos sólidos y la protección de un gas externo. El equipo para este proceso es prácticamente el mismo que FCAW, con excepción del electrodo.
La mayoría de los alambres para acero al carbono están catalogados bajo una de la AWS del tipo E R 70 S x, donde:
E: Electrodo
R: Varilla de aporte

70: Resistencia mínima a la tracción expresada en miles de libras/pulgada Cuadrada
S: Sólido
x: Dígito que representa la composición química del electrodo, puede valer "2", "3", "4", "6" o "7" y corresponde a cantidades variables de carbono,
Manganeso y silicio, además de cantidades fijas de fósforo, azufre,
Níquel, cromo, molibdeno, cobre y otros.
Un ejemplo de electrodo:

Alambre ER70S-2: hace una buena soldadura con el gas (75% argón +25% CO_2), incluso en acero oxidado. De toda la serie, es el único que contiene titanio, zirconio y aluminio, además de todos los elementos mencionados más arriba. Su principal inconveniente es que carece de fluidez, el charco (o poza, o baño de metal fundido) no tiende a desplazarse lateralmente y puede no pegar correctamente en materiales pesados.

CAPITULO 2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1 ANTECEDENTES DEL BUQUE TANQUE AZTEC

Figura 2-1 buque tanque AZTEC

Fuente marinetraffic.com

Cumpliendo todas las normativas internacionales y los requerimientos específicos de la bandera, EP FLOPEC a través de la Gerencia Técnica de conformidad a la planificación de mantenimiento a buques tanque de la Flota, ejecutará el cuarto dique Intermedio (con entrada a dique seco) del buque tanque AZTEC, en el Astillero ASMAR, en el puerto de Talcahuano-Chile.

Cada 30 meses, la Gerencia Técnica en coordinación con la Gerencia de Gestión Integral y la supervisión de la casa clasificadora LLOYD´S REGISTER, el BT AZTEC como buque que transporta hidrocarburos y con más de 15 años de servicio, debe ir a dique seco especial, que refiere a estar fuera del agua, para realizar un mantenimiento mayor o integral a todos los sistemas eléctricos, de máquinas, casco y a la obra viva de la nave (parte sumergida en el agua); todo ello, para garantizar una navegación segura y salvaguardar a la tripulación, en cumplimiento de su trabajo de transporte de hidrocarburos.

De acuerdo con la planificación, el cuarto dique intermedio al buque tanque AZTEC, que ya se encuentra en el Astillero ASMAR, en el puerto de Talcahuano-Chile, se prevé realizar en un lapso de 25 días, los cuales comprenden inspecciones, programación y la ejecución de mantenimientos mayores y correctivos.

En el periodo que se mantendrá en dique seco y siguiendo un esquema de pintura certificado para 30 meses, el casco será lavado, desengrasado y pintado, para dar mayor velocidad y eficiencia a la nave; en cumplimiento del cuidado ambiental se empleará un producto no contaminante al medio ambiente marino.

Además, se realizarán mantenimientos a las válvulas de fondo y de costado,

a las cañerías y más elementos que se encuentran bajo la obra viva, sistema de moto generadores, asegurando una correcta operatividad y buen abastecimiento de energía eléctrica a todos los sistemas del buque tanque AZTEC.

Para la realización de los trabajos en dique seco, es fundamental la supervisión de los trabajos a través de un equipo de EP FLOPEC, conformado por la tripulación de la nave (27) lideradas por su Capitán y de 6 especialistas de la Gerencia Técnica, desde la oficina matriz en la capital provincial de Esmeraldas, Ecuador.

El Gobierno Nacional, a través de la Flota Petrolera Ecuatoriana, garantiza que el petróleo nacional, principal producto de exportación, continuará siendo transportado con eficiencia y seguridad a los diferentes destinos del mundo.

En el astillero existen diferentes talleres de distintas especialidades para entregar un servicio integral de mantenimiento, reparaciones, modernización y conversiones a todo tipo de naves.

Esto genera una cadena productiva concatenando los trabajos de los diferentes talleres para lograr una reparación integral de los buques.

Para efectos de este estudio, se reduce a los procesos productivos del taller de reparaciones navales.

2.1.1 Datos técnicos del buque tanque AZTEC

Sus principales características son las siguientes:

- Tipo de barco: oíl products tanque
- Bandera: Panamá
- Tonelaje grueso: 39.085
- Tonelaje neto: 19.936
- Peso muerto (t): 68.439
- Eslora (m): 229
- Manga (m): 32,2
- Calado (m):13,2
- Sociedad clasificadora: LR´S
- Año de construcción: 2003
- Velocidad (nudos): 15,3
- Potencia motor principal (BHP): 16680
- Astillero constructor: KOYO

2.2 NORMATIVA LLOYD´S REGISTER

LLOYD´S REGISTER es una Sociedad de clasificación y una organización de análisis de riesgos. Históricamente, LLOYD REGISTER OF SHIPPING, era una organización exclusivamente de ámbito marítimo.

A finales del siglo XX la compañía se diversificó en otros sectores. Al igual que la famosa compañía de seguros, LLOYD'S OF LONDON, LLOYD'S REGISTER toma

su nombre y origen de la cafetería londinense del siglo XVII frecuentada por mercaderes, agentes de seguros y armadores, unidos todos ellos por sus negocios dentro del sector marítimo.

El propietario Edward Lloyd, inventó un sistema de intercambiar información circulando una hoja informativa con las noticias que recibía. En1760, la «sociedad de registro» (actualmente sociedad de clasificación) se formó con los clientes de la cafetería.

Aparte de esta conexión histórica, LLOYD'S REGISTER no tiene ninguna otra relación con la agencia de seguros LLOYD'S OF LONDON.

La sociedad editó el primer Registro de buques en 1764 para dar tanto a los agentes de seguros como a los armadores una idea del estado de los buques que aseguraban y fletaban. La clasificación "A1", de la que se deriva la actual nomenclatura de las «sociedades de clasificación», apareció por primera vez en la edición 1775-1776 del registro.

El registro, con información de buques mercantes de más de 100 TPM (toneladas de peso muerto), se ha venido publicando anualmente desde entonces.

LLOYD'S REGISTER es la primera y más antigua sociedad de clasificación, estableciendo reglas diseñadas para aumentar la seguridad y asegurando que los buques se construyan y mantengan de acuerdo con esas reglas.

Actualmente es una de las tres empresas líderes en el sector, junto con la estadounidense AMERICAN BUREAU OF SHIPPING y la noruega DET NORSKE VERITAS.

LLOYD'S REGISTER es miembro de la Asociación Internacional de Sociedades de Clasificación, a la cual pertenecen las diez sociedades de clasificación más importantes del mundo.

Las normas de esta casa clasificadora establecen los siguientes capítulos para:

- los materiales
- los consumibles de soldadura
- la fabricación especificación y preparación.
- la construcción, especificación y preparación
- la soldadura
- tipo de inspección

2.2.1 Control de la calidad en soldadura

- Inspector de soldadura.
- Inspector de soldadura certificado senior ISCS.
- Inspector de soldadura certificado ISCS.

- Inspector de soldadura certificado asociado ISCA.

2.2.2 Ensayos no destructivos

- Líquidos penetrantes
- Partículas magnéticas

2.2.3 Inspección visual

- Sobre monta.
- Salpicadura.
- Concavidad.
- Socavación.
- Grietas.
- Porosidad.
- Traslape.

2.2.4 Inspección volumétrica

- Rayos "X".
- Falta de fusión.
- Penetración excesiva.
- Inclusiones.
- Ultrasonido.
- Laminación.
- Radiografía neutrónica.
- Emisión acústica.

2.2.5 Inspección de la hermeticidad

- Cambio de presión.
- Hidrostática y neumática.
- Pérdida de Fluido.
- Cámara burbujas, Detector de halógeno
- Espectrómetro de masas.
- Detector ultrasónico.

2.3 DESCRIPCION DEL TRABAJO DE REPARACION HABITUAL DEL TALLER DE REPACIONES NAVALES

El taller de reparaciones navales está equipado con una nave industrial de 20 metros de largo por 80 metros de ancho donde encontramos los siguientes equipos industriales:

- Grúa pórtico, capacidad 10 toneladas
- Grúa pórtico, capacidad 15 toneladas
- Mesa de corte Control numérico
- Guillotina industrial
- Taladro industrial
- Prensa hidráulica
- Mesas de transporte
- Grúa horquilla
- Rampas de transporte

PROCESOS HABITUALES REALIZADOS EN TALLER DE REPARACIONES NAVALES

2.3.1 Corte y conformado de planchas

a) Una vez que cuadra las planchas para su corte, el Operador ingresa la información a la máquina, identifica y registra el número de la plancha correspondiente al croquis de corte.

b) El Operador chequea el dimensionamiento de las piezas acotadas en el croquis. Si están dentro de tolerancias, todo el corte es aprobado y se procede a descargar las mesas. Si existen piezas con detalles en el corte, éstas son esmeriladas.

c) El Operador identifica los sobrantes de planchas de acuerdo con su espesor y número correlativo, y la información detallada en el croquis por el Departamento Diseños.

d) Si las dimensiones de las piezas están fuera de tolerancia, se solicita al Departamento de Mantención la revisión y reparación de la máquina de corte.

2.3.2 Biselado y chaflanado

El Operador instala la máquina biseladora automática para la actividad e inicia el biselado o chaflanado especificado. El Supervisor verifica aleatoriamente las dimensiones de los biseles y chaflanado, usando para ello un instrumento multipropósito.

- CORTE DE PERFILES

Los perfiles son procesados sobre la mesa de trabajo y posteriormente se identifican y se acopian por construcción o proyecto según corresponda.

Colocados los perfiles sobre los rodillos de trabajo, los Operarios trazan e identifican sobre el ángulo según información de contracurvas entregada por el Supervisor. Una vez realizado el trazado se procede a conformar.

Una vez finalizada la actividad se acopia y se entrega, agrupando por construcción o proyecto se comunica a Supervisor el término de la labor.

- CONFORMADO Y PLEGADO

El plegado de ángulos y planchas es efectuado en máquinas plegadoras y/o prensas, revisando posteriormente la zona de pliegue para verificar que no existan grietas. De haberlas se debe reparar con soldadura y esmerilado.

Si las piezas son muy largas, después de plegadas son enviadas a la curvadora para ser enderezadas. En caso contrario, se almacenan para su entrega.

El conformado se realiza a la plancha en frío y/o caliente comprobándose con plantillas o formeros. En caso de que la plancha tenga reviro o contracurva, el Operador aplica líneas de calor, verificándose posteriormente con plantillas o formeros.

El corrugado y/o estampado lo realiza el Operador con ayuda de planos y plantilla de verificación, esta última si procede.

- ACOPIO Y ENTREGA DE MATERIAL

El material que no lleva conformado y/o biselado es almacenado inmediatamente para su entrega, previo tratamiento de cantos vivos.

El material es cargado en los carros de traspaso a la nave de armado o a bordo del buque a reparar.

El material procesado para el subproceso de armado de misceláneos debe ser entregado en forma inmediata para asegurar la continuidad del proceso, en coordinación entre los Supervisores y los encargados de recepción y despacho de materiales.

2.3.3 Recepción a bordo del buque en reparación

El material es decepcionado a bordo del buque a reparar, él supervisor verifica que los materiales entregados correspondan a los croquis de la reparación, una vez verificados son llevados al lugar del buque a reparar.

2.3.4 Oxicorte y ajuste de planchas a bordo del buque a reparar

El calderero en conjunto con un oxiguinista traza según croquis el lugar de cambio de planchas de acero, verificando las correctas medidas.

Luego continua el oxicorte de las planchas a renovar, una vez oxicortado y realizado los biseles el calderero realiza esmerilado acucioso a toda la zona dejando libres de escoria y dejando una superficie pulcra para luego iniciar el ajuste de la plancha a renovar.

2.3.5 Soldadura GMAW a planchas

Concluido el trabajo de ajuste de planchas, continua el proceso de soldadura, un

soldador realiza los cordones de soldadura que lo requiera según croquis.
El soldador verifica la correcta aplicación de los cordones de soldadura en proceso GMAW.
Cabe mencionar que para la ejecución de los trabajos de soldadura GMAW en exterior se realiza un encarpado de la zona produciendo un ambiente controlado.

2.3.6 Proceso de inspección

Los Procesos de inspección los realiza un mecánico del taller de reparaciones navales de acuerdo a los requerimientos del representante de la casa clasificadora, los cuales son los siguientes:

1. Pruebas de estanqueidad neumáticas
2. Pruebas hidrostáticas
3. Pruebas de chorro de agua
4. Pruebas de chorro de aire
5. Pruebas de vacío

A continuación, se dará una breve descripción de cada proceso de inspección

1. Pruebas de estanqueidad neumáticas.

Al verificar la estanqueidad del compartimento o apéndice del casco, el responsable por la prueba coordina la entrega al Cliente registrando la entrega en el formato Registro de Pruebas de Estanqueidad.

Los elementos listados en la Tabla 2-1, son probados utilizando aire como medio de prueba. Cuando las circunstancias lo demanden o lo exija el Cliente se utiliza una combinación de aire y agua para las pruebas hidrostáticas de estanques.

- Antes de iniciar la prueba, los Operarios deben sellar desahogos, aspiraciones, descargas, tapas de registro, etc. El recinto a probar e instalar el equipo de prueba en un desahogo.

- La prueba de estanqueidad es efectuada antes de pintar los nuevos cordones de soldadura.

Tabla 2-1 Presión de aire y tiempo de pruebas neumáticas

Elemento aprobar	**Presión aire (psi)**	**Tiempo mínimo (min)**
Compartimientos estancos		
Doble fondos		
Estanques estructurales		
Quillas de rolido		

Estabilizadores	2,0	15
Verduguetes		
Botes de sonares		
Botes de timones		
Timones y toberas	2,8	

Fuente Normativa LLOYD´S REGISTER

- La prueba de estanqueidad se efectúa a todos los cordones de soldadura efectuados en los elementos de la Tabla 2-1, como parte de una nueva construcción, actividades de reparación por soldadura o como un requerimiento de inspección.
- La estanqueidad se verifica aplicando una solución jabonosa en las uniones de los cordones de soldadura que deben ser probadas, mientras el elemento en prueba es sometido a la presión especificada. El Supervisor inspecciona los cordones comprobando la ausencia de filtraciones.
- Cuando durante la prueba de estanqueidad se detecten fugas producto de poros, grietas u otras causas y se deba reparar mediante la aplicación de soldadura, es necesario que la presión de aire aplicada se encuentre completamente descargada, con las válvulas de prueba abiertas y la presión bajo 1 psi.
- El Supervisor a cargo debe asegurarse de que la presión está solamente producida por aire y, en ningún caso, con gas contaminante o de origen desconocido.

2. Pruebas hidrostáticas

- Este tipo de pruebas se efectúa principalmente con el propósito de verificar la estanqueidad del compartimiento en sus mamparos o fondos y doble fondos.

- La presión y las condiciones de prueba deben definirse de acuerdo con las normas y requerimientos de la Sociedad Clasificadora correspondiente.

3. Pruebas con chorro de agua

- Antes de efectuar la prueba de presión al producto, se efectúa una prueba de tiza para verificar el sellado total de los elementos de sello.
- El Operario debe pintar con polvo de tiza la superficie contra la cual hace contacto el elemento de sello.

- La prueba es satisfactoria si el elemento de sello al cerrarlo con una fuerza normal queda marcado en la zona de contacto en un 100%con tiza. De no ser satisfactoria la prueba, el producto es ajustado y reposicionado, hasta que la prueba resulte satisfactoria.

Los parámetros de prueba con chorro de agua se especifican en la Tabla 2-2, utilizando agua como medio de prueba.

Tabla 2-2 Parámetros de prueba chorro de agua

Elemento para probar	**Presión de agua (psi)**	**Máx. distancia desde elemento en prueba(m)**
Puertas estancas	30	1,5
Cajas de mar		
Ventanas y claraboyas		
Tapas escotillas y tapas de bodegas		

Fuente Normativa Lloyd´s register

4. <u>Pruebas con chorro de aire</u>

- Estas pruebas se efectúan a estructuras interiores, donde no es factible utilizar chorro de agua o cuando lo requiera el Cliente.
- Los elementos listados en la Tabla 2-3 se prueban utilizando chorro de aire como medio de prueba, el cual es aplicado por el Operario mediante una tobera en contacto con el cordón de soldadura o el sello sometido a prueba.
- Antes de iniciar la prueba, los Operarios que la ejecutan deben sellar todas las pasadas de mamparo, tanto eléctricas, óvalos y pasadas de cables, como mecánicas, pasadas de ductos y cañerías.

Los parámetros de prueba se especifican en la tabla 2-3.

Tabla 2-3 Presión de prueba chorro de aire

Elemento aprobar	**Presión(psi)**	**Diámetro tobera(mm)**
Cordones de soldadura en mamparos ycubiertas	90	9,5
Prensas pasadas mamparo		
Sellos óvalos eléctricos		
Sellos pasadas cables		

Fuente Normativa Lloyd´s register

La estanqueidad se verifica aplicando una solución jabonosa, por el lado opuesto a la aplicación de aire. El Supervisor o el operario designado verifican la ausencia de filtraciones.

5. Pruebas de vacío

Cuando no sea posible efectuar una prueba neumática convencional o cuando lo solicite el cliente y/o el inspector, se realizarán pruebas de vacío mediante una "caja de vacío" de tamaño y forma apropiadas, equipada con los correspondientes accesorios (tubo de Venturi y vacuómetro), para probar mediante solución jabonosa los cordones de soldadura requeridos para inspección. Esta prueba deberá realizarse con una presión entre -2.8 y -5.6 psi. El operario designado y/o el Supervisor verifican la ausencia de filtraciones.

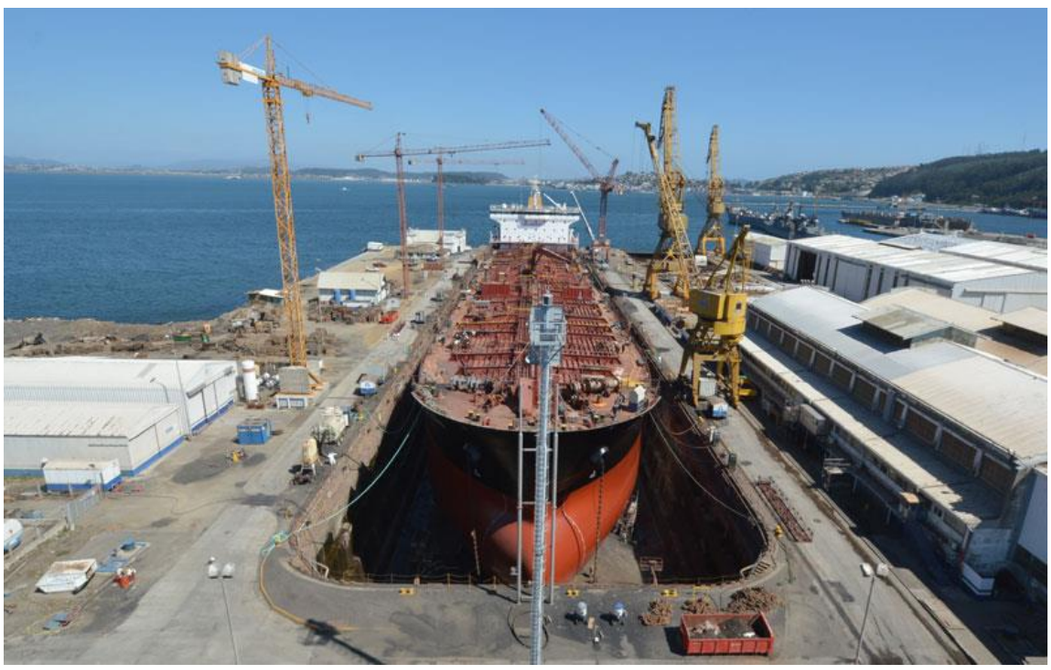


Figura 2-2 Buque AZTEC en dique seco N°2 ASMAR TALCAHUANO

Fuente www.asmar.cl

2.4 TIEMPOS DE EJECUCION DE LOS TRABAJO DE REPARACIÓN DEL TALLER DE REPARACIONES NAVALES

Para medir los tiempos de ejecución de los trabajos del taller de reparaciones navales se realiza la siguiente división:

1. Planificación y estimación de recursos
2. Trabajos en maestranza
3. Tiempos de traslado
4. Tiempos de maniobras de levante
5. Tiempos de ejecución abordo
6. Inspecciones de calidad y pruebas no destructivas
7. Reparación de detalles de soldadura
8. Inspección de detalles de soldadura
9. Entrega final a inspector de casa clasificadora

2.4.1 Planificación y estimación de recursos

Datos de entrada:

- Identificación del proyecto: BT AZTEC
- Numero de tarea: 409618
- Recursos asignados: 33.771 HH
- Fecha inicio: 24-05
- Fecha de termino: 17-06
- Plazo estimado: 25 días
- Norma: LR

  Cabe destacar que los recursos asignados totales son 33.771 HH los cuales se dividen en los distintos talleres que efectúan trabajos en el buque AZTEC

2.4.2 Trabajos en maestranza para el proyecto AZTEC

Los trabajos de maestranza que realiza el Taller de reparaciones navales comprenden los siguientes subprocesos:

1. TRASLADO DEL MATERIAL A MAESTRANZA

   Los tiempos de traslados comprenden el retiro de las planchas, desde su lugar de almacenamiento al lugar de procesamiento dentro de maestranza

2. TIEMPO DE CORTE EN MESA MAQUINA CONTROL NUMERICO

   Los tiempos de corte en mesa de plasma comprenden el retiro de pendrive en oficina de dibujantes técnicos y el traslado al software de la maquina en conjunto con la operación de esta.

3. TIEMPO DE CORTE EQUIPO AUTOMÁTICO DE OXICORTE

   Cuando así lo requiera las planchas ya procesadas de acuerdo con los croquis se le realiza los biseles.

4. TIEMPOS DE ESMERILADO DE PLANCHAS

   Una vez que las planchas son dimensionadas y biseladas se continua con el siguiente proceso de esmerilado a los cantos vivos y a las rebabas dejadas por el oxicorte.

5. TIEMPOS DE CONFORMADO Y PLEGADO

   Los tiempos de conformado y plegado continúan una vez entregados los materiales del proceso esmerilado de cantos vivos y se realizan con una prensa hidráulica, que se cambian los accesorios en el cilindro principal de acuerdo con el trabajo a realizar.

6. TIEMPOS DE ACOPIO DEL MATERIAL TERMINADO

   Este se da una vez terminado los procesos siguientes el acero procesado se acopia en un lugar determinado con sus marcas de pieza, ubicación en el buque y nombre del buque.

7. TIEMPOS DE TRASLADO ABORDO

   Este proceso se hace con apoyo de una grúa horquilla la cual desplaza los materiales terminados de maestranza hasta el buque en reparación.

8. TRABAJOS A BORDO DEL BUQUE AZTEC

2.4.3 Tiempos de recepción abordo:

- Estos son, cuando el material llega al costado del buque y con apoyo de una grúa se ingresa el acero a su lugar de instalación.

2.4.4 Tiempos de oxicorte de planchas a renovar:

- Representa el tiempo efectuado en oxicortar las planchas a renovar según croquis

2.4.5 Tiempo de esmerilado limpieza de superficie:

- Es cuando el calderero en apoyo con un esmeril angular desbasta la escoria dejada por el proceso de oxicorte, este proceso es totalmente manual mecánico.

2.4.6 Tiempos de soldadura GMAW:

- Es cuando el soldador en apoyo de una máquina eléctrica une los bordes de las planchas a renovar.

2.4.7 Tiempos de Inspecciones no destructivas:

- Una vez terminada la soldadura se continua con los ensayos no destructivos los cuales tienen como finalidad entregar una soldadura sana y libres de defectos.

2.4.8 Tiempos de reparación de defectos de soldadura:

- En cuanto a la inspección, al aparecer algún defecto en la soldadura se repara inmediatamente.

2.4.9 Tiempos de entrega inspector de clase:

- En este paso se lleva al inspector de clase a una ronda por los diferentes lugares efectuada la reparación, donde el revisa visualmente y entrega su aprobación
- Término del trabajo abordo

2.4.10 Situación de pandemia

La pandemia del corona virus ha ralentizado los procesos productivos de la empresa, donde existe agrupación de personas en un lugar cerrado

Se limita el ingreso de personal de acuerdo con el aforo dictaminado por la autoridad sanitaria, de esta manera se logra un quiebre de la producción.

A medida que avanza la pandemia y se da a conocer casos positivos de corona virus, el astillero envía en aislamiento preventivo a los posibles contactos estrechos. Quedando los turnos de producción con menos fuerza laboral y aumentando los plazos de entrega de los trabajos.

Esta situación llevo al estudio de una solución efectiva a modo de compensación de los tiempos perdidos por la situación antes descrita.

2.4.11 Análisis de tiempos de ejecución de los trabajos

Dentro de los tiempos de ejecución de los trabajos se realiza una descripción de cada uno, con el objetivo de visualizar en que etapa se puede disminuir los tiempos de cada trabajo. Una vez realizado el análisis se aprecia que la mejor manera de disminuir los tiempos es aplicando tecnología de automatización en los procesos de soldadura GMAW realizados en el proyecto, ya que esta disminuye cansancio físico producido por trabajos repetitivos y mejora la rapidez de los trabajos de soldadura disminuyendo HH y reduciendo costos de producción.

Con la experiencia satisfactoria del taller de construcción naval aplicando la tecnología de automatización a su proceso de soldadura GMAW. Se aprecia que es factible la aplicación a los procesos de soldadura GMAW del taller de reparaciones navales para trabajos abordo, Dando lugar a un estudio de evaluación de automatización de los equipos GMAW de reparaciones navales con la tecnología Rail Runner II.

CAPITULO 3. PLANTEAMIENTO DE LA SOLUCION

3 PLANTEAMIENTO DE LA SOLUCION

En la búsqueda de soluciones para disminuir los tiempos de ejecución de los trabajos se visualiza la tecnología de automatización, que a inicios del 2019 se viene lentamente incorporando al astillero en el taller de construcción naval.

Su nombre Rail Runner II, una vez recopilado antecedentes de su experiencia con este equipo por parte de ingenieros de soldadura del taller de construcción naval sumado a sus características se decide evaluar la incorporación a el taller de reparaciones navales.

3.1 DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO RAIL RUNNER

El Rail Runner II es un carro de vía diseñado para cortar y hacer soldaduras a tope y filete con o sin oscilación. El carro permite torcha MIG/MAG, oxicombustible o plasma. Los rieles están sujetos con unidades magnéticas a superficies ferromagnéticas que son planas o curvas.

Los accesorios permiten usar torchas con un diámetro de 16 a 22 milímetros, guiar el carro en un riel de alta flexión, semiflexión, rígida o de anillo, y rastrear la costura de soldadura. El uso de un sistema de seguimiento de vacío permite que los rieles se sujeten a superficies que no son ferromagnéticas.
Dos configuraciones previstas se muestran en la figura 3-1.

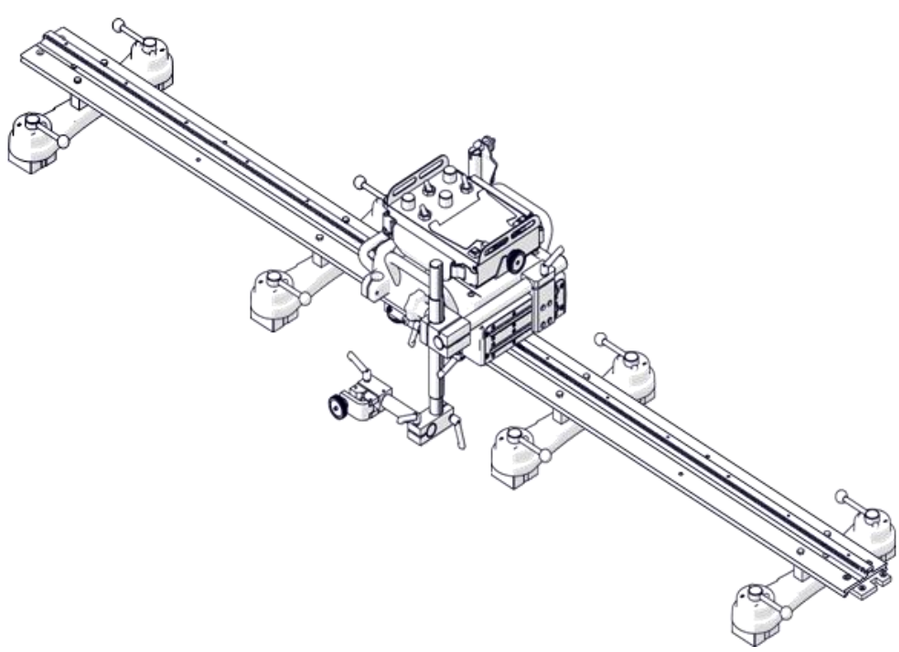


Figura 3-1 Configuración básica Rail runner II

Fuente Manual de operación Rail runner II

3.2 DATOS TÉCNICOS

Tabla 3-1 Datos técnicos del equipo Rail Runner II

Voltaje		1 ~ 220 V, 50–60 Hz 1 ~ 115 V, 50–60 Hz 1 ~ 42 V, 50–60 Hz (60 V DC)
Poder		120º/m
Posición de soldadura (según EN ISO 6947 y AWS/ASME)	Horizontal	PA/1F/ 1G PB/2F PC/2G PD/4F PE/4G
	Vertical	PF/3G PG/3F PG/3G
Diámetro de pieza de trabajo redonda	Pistas de anillo (OD)	200 mm (8”) a3m(10pies)
	Pistas hi-Flex (OD)	Mínimo 1,5 m (5 pies)
	Pistas hi-Flex (ID)	Mínimo 3,4 m (11 pies)
	Pistas enrolladas personalizadas (OD)	3-10 m (10-32 pies)
	Pistas semi-flex (OD)	Mínimo 10 m (32 pies)
Tipo de antorcha		MIG/MAG, oxi combustible, plasma
Diámetro de la antorcha MIG/MAG		16–22 mm (0,63–0. 87")
Espesor mínimo de la pieza de trabajo para sujeción magnética		5mm (0.2")
Fuerza de tracción horizontal		400 N (88 libras)
Fuerza de tracción vertical		300 N (66 libras)
Velocidad horizontal		0–300 cm/min (0–120 in/min)
Velocidad vertical		0–300 cm/min (0–120 in/min)
Tipo de oscilación		Lineal
Ruta de soldadura		Recto, triángulo, trapecio, cuadrado
Ancho de oscilación		0,2–11,8 cm (0,1–4,5”)
Velocidad de oscilación		10–300 cm/min (5–120 in/min)
Tiempo de permanencia de oscilación en el centro y en los extremos		0–5 s
Fuerza máxima de tracción del oscilador		100 N (22 libras)
Temperatura ambiente permitida		0–45°C (32–113°F)
Humedad ambiente máxima permitida sin condensación		80%
Nivel de protección		IP 23
Peso		10 kg (22 libras)

Fuente Manual de operación Rail runner II

3.3 EQUIPAMIENTO INCLUIDO

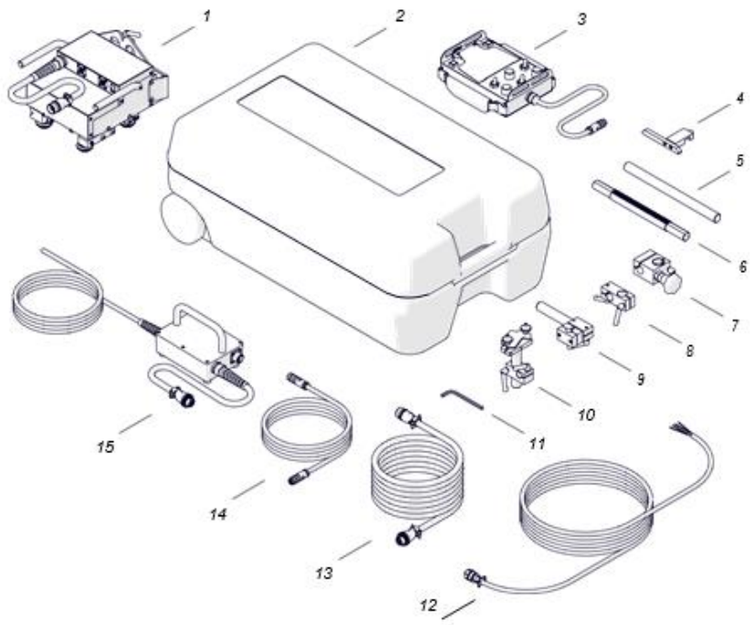


Figura 3-2 Equipamiento incluido

Fuente Manual de operación Rail Runner II

1. Mecanismo del carro
2. Caja de plástico
3. Control remoto
4. Bloque de contacto
5. 300 mm cilindro soporte
6. 300 mm cilindro soporte
7. Soporte bastidor
8. Bloque de sujeción con palancas
9. Soporte de antorcha de varilla corta con clip
10. Anclaje de cable
11. Llave hexagonal de 6 mm
12. Cable encendido por arco de 6,5 m
13. Cable de alimentación de 5m
14. Cable de control remoto de 3m
15. Fuente de alimentación
16. Manual del operador

3.4 DISEÑO

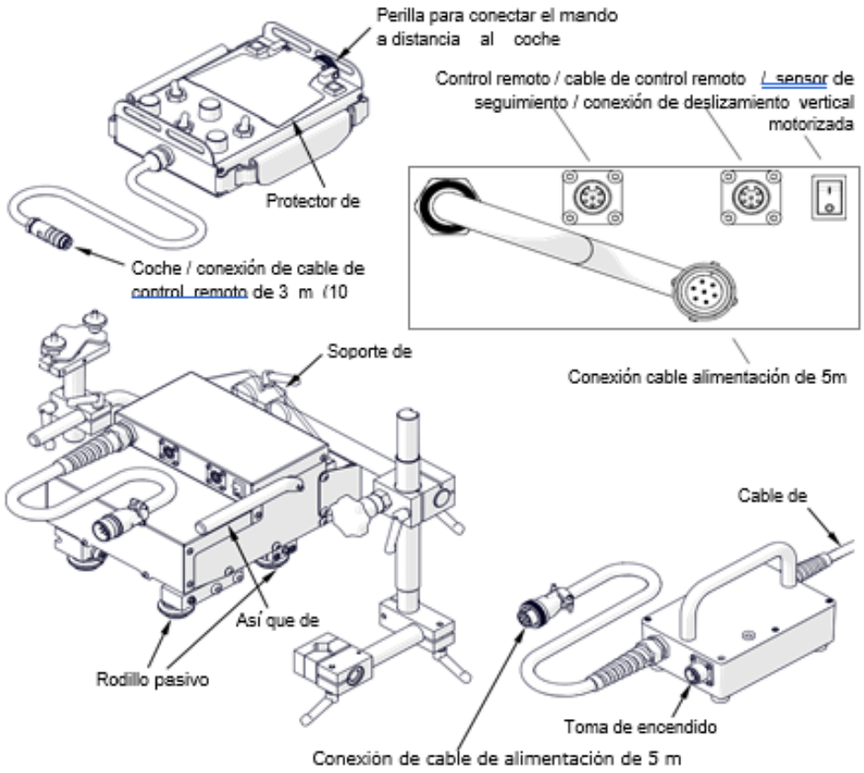


Figura 3-3 Diseño modular equipo Rail runner II

Fuente Manual de operación Rail Runner II

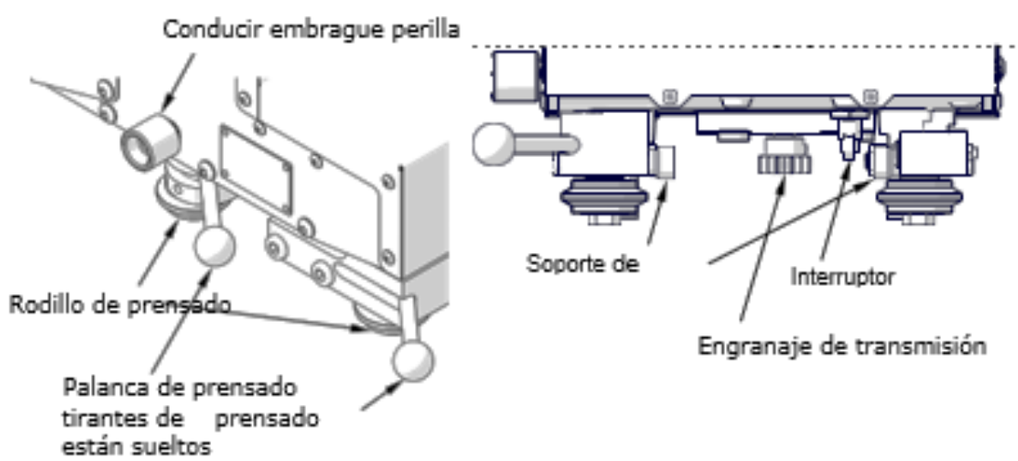


Figura 3-4 Diseño modular equipo Rail runner II

Fuente Manual de operación Rail Runner II

3.5 PRECAUCIONES DE SEGURIDAD

1. Antes de usar, lea este Manual del Operador y complete una capacitación en seguridad y salud ocupacional.
2. Utilícelo únicamente en las aplicaciones especificadas en este Manual del Operador.
3. Asegúrese de que el carro, la fuente de alimentación, el control remoto y otros equipos tengan todas las partes. Asegúrese de que todas las piezas sean genuinas y no estén dañadas.
4. Asegúrese de que las especificaciones de la fuente de alimentación sean las mismas que las especificadas en la placa de clasificación.
5. Conecte el carro a la fuente de alimentación, Conecte la fuente de alimentación con su puesta a tierra.
6. No tire de los cables. Esto puede causar daños y descargas eléctricas.
7. Mantenga a los transeúntes no entrenados lejos del carro.
8. Antes de cada uso, asegúrese de la condición correcta del carro, la fuente de alimentación, el control remoto, conexiones, ruedas y engranajes.
9. Antes de cada uso, asegúrese de que ninguna pieza esté agrietada o suelta. Asegúrese de mantener las condiciones correctas que pueden tener un efecto en el funcionamiento del transporte.
10. Mantenga el carro, la fuente de alimentación, el control remoto y otros equipos secos. No los exponga a la lluvia, la nieve o las heladas.
11. Mantenga el lugar de trabajo bien iluminado, limpio y libre de obstáculos.
12. No utilice el carro en lugares cercanos a materiales inflamables, ni en ambientes explosivos.
13. Instale el carro solo en el riel suministrado.
14. Asegúrese de que el engranaje y los rodillos estén limpios.
15. Conecte los cables solo después de configurar el interruptor de alimentación en ‘Off’.
16. No utilice alta presión durante la limpieza.
17. Instale solo antorchas cuyo diámetro coincida con el diámetro del soporte de la antorcha.
18. Cuelgue los cables para disminuir la carga aplicada en el carro.
19. No doble la vía de alta flexión a un radio inferior a 0,75 metros
20. No doble la vía semiflexionada a un radio inferior a 5 metros
21. Utilice la pista rígida solo en superficies planas.

3.6 PUESTA EN MARCHA Y OPERACIÓN

Conecte las unidades magnéticas al riel y colóquelo en la pieza de trabajo. Utilice la llave hexagonal de 4 mm o 5 mm para fijar más rieles. Luego, configure las palancas de las unidades magnéticas en 'I'. Esto sujetará la pista a la superficie.

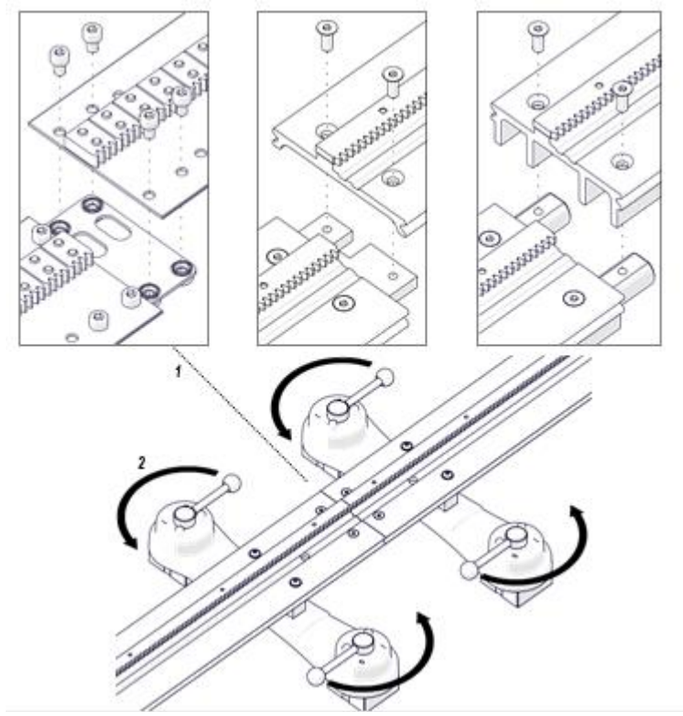


Figura 3-5 Unión de rieles equipo Rail runner II

Fuente: Manual de operación Rail Runner II

Si se coloca un riel semiflexible en una curva, antes de fijar más rieles use la llave hexagonal de 4 mm para aflojar los tornillos de las placas de conexión y de los bastidores. A continuación, conecte los rieles, sujete con palancas y luego apriete la placade conexión. Coloque la herramienta de ajuste del bastidor en el orificio y gire la herramienta hasta el lado izquierdo para eliminar el espacio entre los bastidores.

A continuación, aprete el tornillo más a la izquierda y el tornillo más a la derecha de cada bastidor

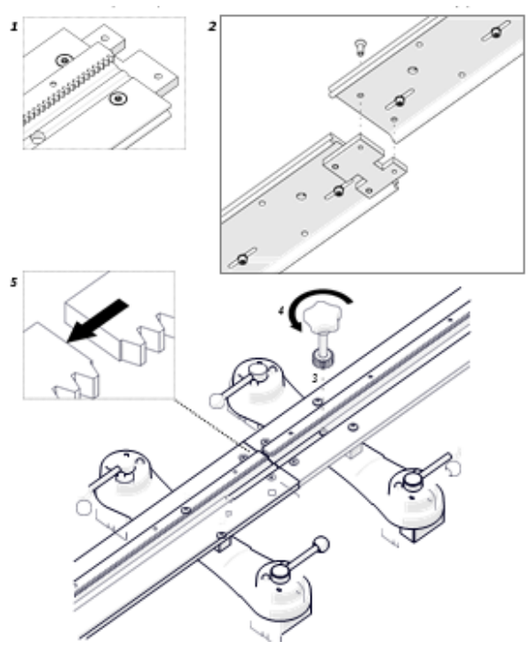


Figura 3-6 Ajuste de rieles equipo Rail runner II

Fuente Manual de operación Rail Runner II

3.6.1 Montaje de los rieles para anillo

Escoger la pista ese Partidos el exterior diámetro del redondo Pieza. Uso del Llave hexagonal de 4 mm para fijar los soportes a los rieles. A continuación, en todos los soportes, retraer los pernos tanto como sea posible. Para sujetar el seguimiento al trabajo- pieza con un diámetro más pequeño, puede usar soportes. Pero esto disminuirá la rigidez del Sujeción.

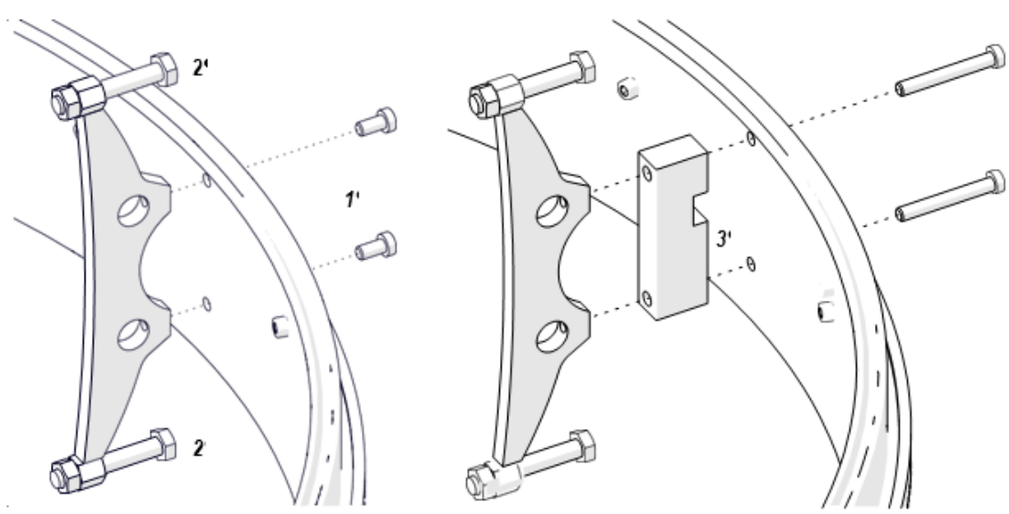


Figura 3-7 Montaje de rieles para anillo equipo Rail runner II

Fuente Manual de operación Rail Runner II

Coloque la pieza de trabajo verticalmente y luego coloque los rieles en la pieza de trabajo para que los dientes de los bastidores apunten hacia abajo. A continuación, para todos los rieles, use la llave hexagonal de 12 mm para establecer la bisagra, Luego coloque el pasador de bloqueo a través de los orificios y luego gire la llave para conectar los rieles.

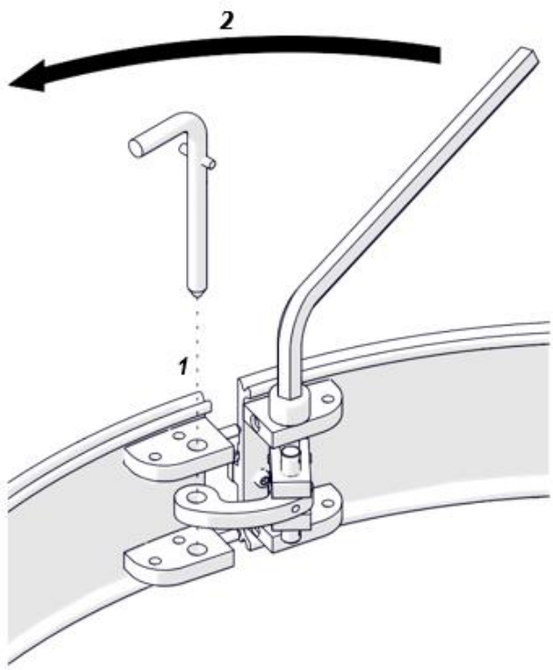


Figura 3-8 Ajuste de rieles para anillos equipo Rail runner II

Fuente Manual de operación Rail Runner II

Utilice la llave plana de 13 mm para ajustar los pernos hasta que estén en contacto con la pieza de trabajo. Ajuste cada soporte por igual para que la pista sea concéntrica en la pieza de trabajo. Bloquee los soportes con las tuercas o palancas.

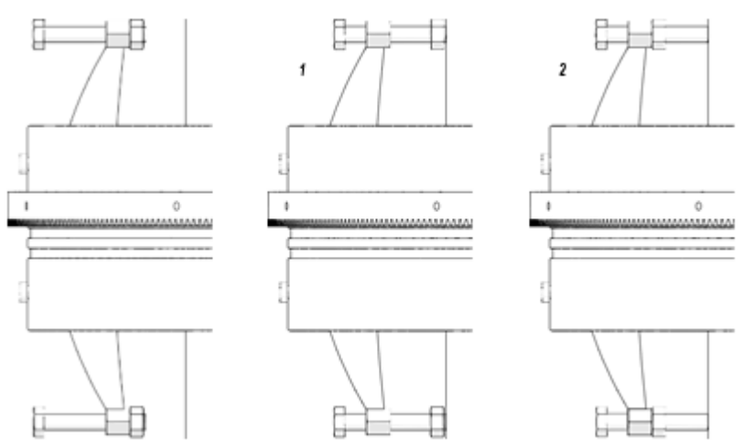


Figura 3-9 Alineamiento de rieles equipo Rail runner II

Fuente Manual de operación Rail Runner II

3.6.2 Posicionamiento en pista recta

Utilice la llave hexagonal de 6 mm para aflojar cuatro tornillos y luego coloque el carro en la vía. Gire dos soportes de rodillos para colocar los rodillos en las ranuras y a continuación, fije las palancas en ON. A continuación, mueva el carro hacia adelante y hacia atrás para asegurarse de que se mueva suavemente. Luego, apriete los tornillos y use la perilla para enganchar el engranaje con el bastidor.

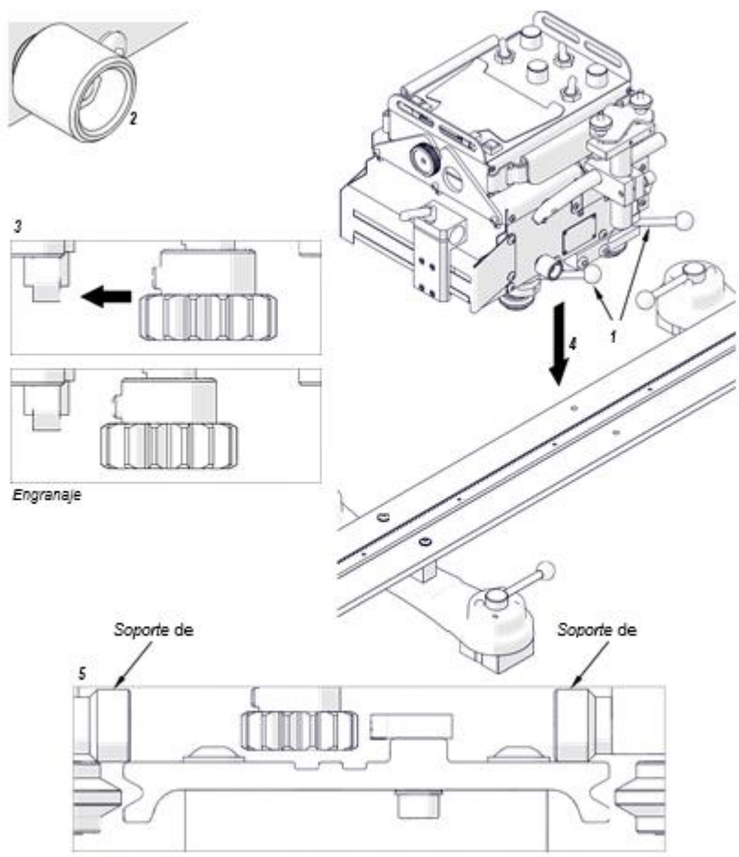


Figura 3-10 Posicionamiento en riel recto equipo Rail runner II

Fuente Manual de operación Rail Runner II

3.6.3 Posicionamiento en pista curva

Utilice la llave hexagonal de 6 mm para aflojar cuatro tornillos y luego coloque el carro en la vía. Gire dos soportes de rodillos para colocar los rodillos en las ranuras ya continuación, fije las palancas en ON. A continuación, mueva el carro hacia adelante y hacia atrás para asegurarse de que se mueva suavemente. Luego, apriete los tornillos y use la perilla para enganchar el engranaje con el bastidor como se describe en "Posicionamiento en una pista recta".

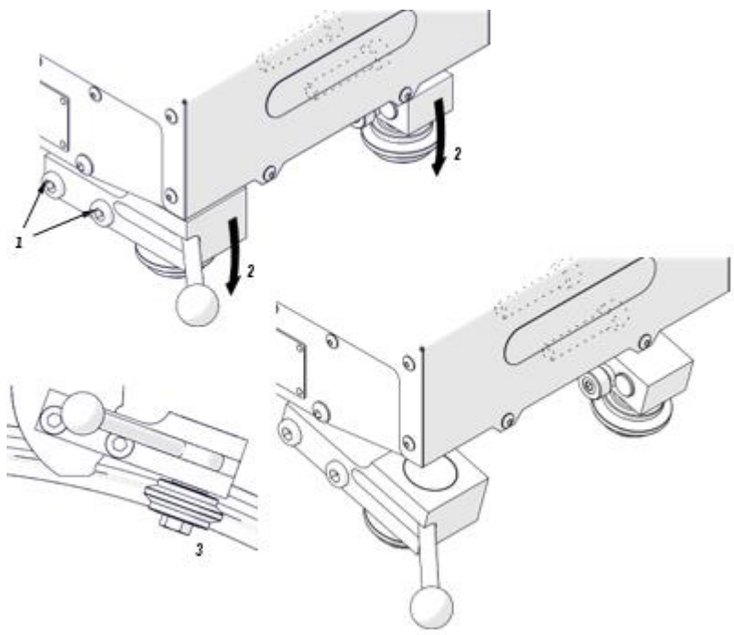


Figura 3-11 Posicionamiento en riel curvo equipo Rail runner II

Fuente Manual de operación Rail Runner II

3.6.4 Preparación y conexión

En altura, proteja el carro y la vía de caídas. Para ello, utilice cadenas para fijar las unidades magnéticas más a la izquierda y a la derecha de la vía hi-Flex, semiflexible o rígida a una estructura estable. Para proteger el carro, conecte una cadena a una tasa de transporte. Asegúrese de que las cadenas no estén sueltas.

Conecte el mando a distancia al carro directamente, si el control remoto se colocará en el carro, o utilice el mando a distancia. A continuación, utilice el cable de alimentación para conectar el carro a la fuente de alimentación. A continuación, conecte la fuente de alimentación a la fuente de alimentación y coloque los cables de la antorcha y la antorcha en los soportes.

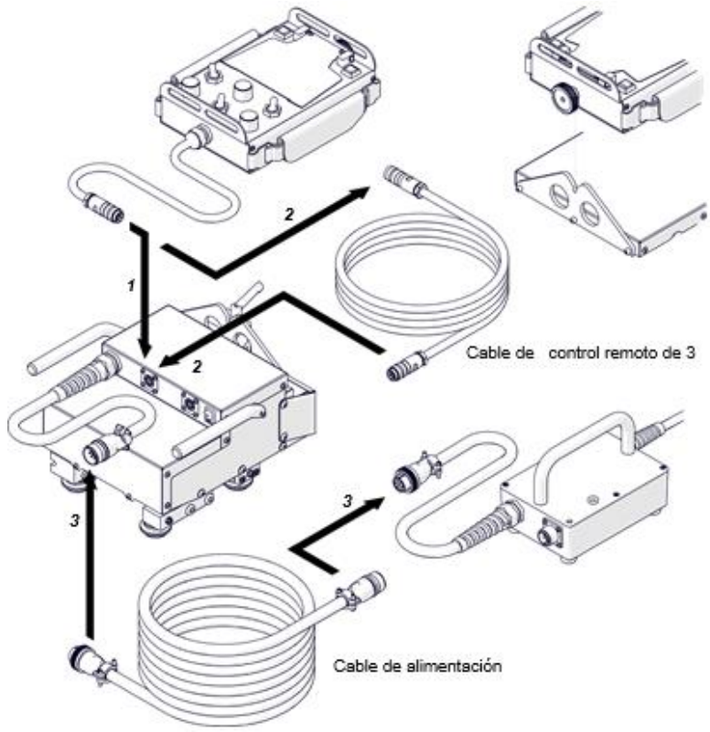


Figura 3-12 Preparación y conexión equipo Rail runner II

Fuente Manual de operación Rail Runner II

3.6.5 Conexión a los circuitos de soldadura

El carro puede controlar dos antorchas utilizando el cable de encendido por arco conectado al zócalo de encendido por arco. Para hacer esto, consulte el diagrama de la Figura 3-13 y conecte uno alambre de camisa azul a un terminal del circuito de soldadura.

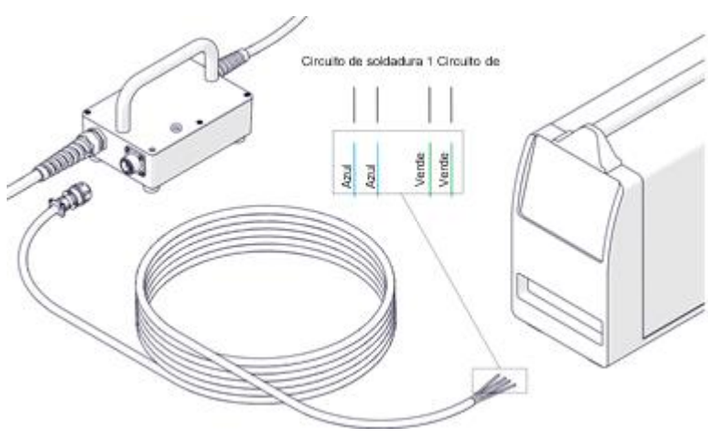


Figura 3-13 Conexión a fuente de alimentación equipo Rail runner II

Fuente Manual de operación Rail Runner II

3.7 OPERACIÓN

El interruptor de encendido en 'I' para encender el carro. Para pausar la carga y comprobar la versión del firmware, mantenga presionado uno de los botones de navegación.

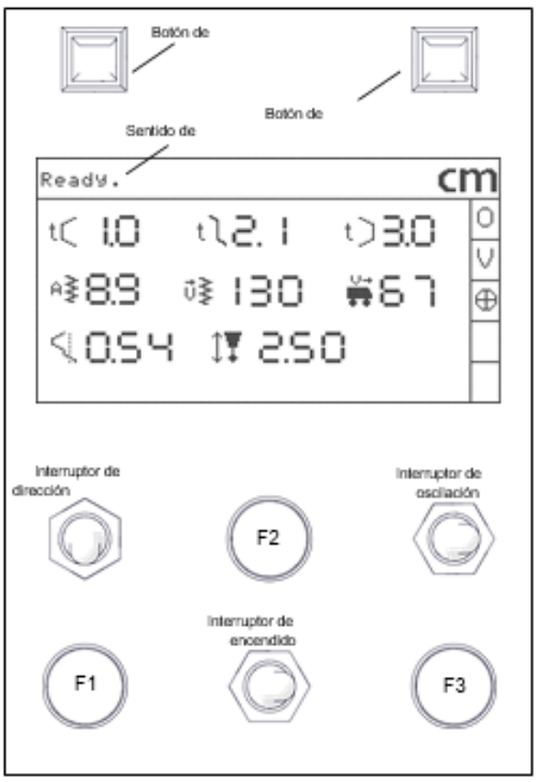


Figura 3-14 Monitor equipo Rail runner II

Fuente Manual de operación Rail Runner II

Símbolo	Descripción
	Oscilador lineal.
	Deslizamiento vertical motorizado (opcional).
	Sensor de seguimiento (opcional).

Tabla 3-2 Simbología de control equipo Rail runner II

Fuente Manual de operación Rail Runner II

Utilice las perillas para establecer los parámetros necesarios. Gire hacia la derecha para aumentar el valor del parámetro. Gire hacia la izquierda para disminuir el valor.

Tabla 3-3 Parámetros de trabajo equipo Rail runner II

Parámetro	**Valor**	**Descripción**	**Método de control**
tC	0–5 s [paso: 0.1]	Tiempo de permanencia de oscilación en posición izquierda.	Mantén presionado y gira F1
tl	0–5 s [paso: 0.1]	Tiempo de permanencia de oscilación en posición central.	Mantén presionado y gira F2
t)	0–5 s [paso: 0.1]	Tiempo de permanencia de oscilación en la posición correcta.	Mantén presionado y gira F3
A	0,2–11,8 cm 0,1–4,5 en [paso: 0.1/0.01]	Ancho de oscilación.	Presionar y liberar F1 (activar) y rotar F1
v	10–300 cm/min 5–120 in/min [paso: 5/1]	Velocidad de oscilación (cuando la corredera vertical no está conectada).	Rotar F2
		Velocidad de oscilación (cuando la corredera vertical está conectada).	Presionar y liberar F2 (activar) STOP y rotar F2
V	0–300 cm/min 0–120 in/min [paso: 1/0.5]	Velocidad del carro.	Rotar F3
		Recorre el carro con la velocidad máxima en la dirección establecida por el interruptor de dirección.	Mantén pulsado F3 cuando el interruptor de encendido por arco esté configurado en 'O'
	De –9,9 a +9,9 cm De –3.9 a +3.9 en [paso: 0.05/0.02]	Desplazamiento de oscilación.	Rotar F1
	De –2,5 a +2,5 cm De –1 a +1 en [paso: 0.02/0.01]	Altura de la antorcha (cuando la corredera vertical está conecte).	Rotar F2
cm	cm pulgada	Unidad de medida.	Gire F3 en la pantalla de configuración correcta.

Fuente Manual de operación Rail Runner II

3.8 CARACTERÍSTICAS Y BENEFICIOS

- Diseño compacto y ligero
- Colgante de control remoto simple y ergonómico con base magnética y pantalla LED multifunción
- Mecanismo de sujeción rápida del soporte de la antorcha: estándar para diámetros de antorcha de 16 a 22 mm (0,63 a 0,87”); Opcional para diámetros de antorcha más grandes de hasta 35 mm (1,38”)
- Ajuste de la antorcha sencillo y preciso
- ARC ON / OFF automático inicia simultáneamente la soldadura y el desplazamiento, velocidad y la posición
- Mejora el entorno de trabajo: elimina al operador del calor y los humos
- Oscilador lineal integrado
- Accionamiento de piñón y cremallera con finales de carrera integrados
- Rendimiento de soldadura mejorado

- La velocidad de desplazamiento constante mantiene una entrada de calor constante, minimiza la distorsión y elimina el exceso de soldadura
- Minimiza los arranques y paradas en soldaduras largas, eliminando los defectos de soldadura asociados
- La pantalla digital con representación numérica para cada parámetro de movimiento hace que el reajuste del procedimiento óptimo de soldadura o corte sea simple y altamente repetible

3.9 COMPARATIVO DE VELOCIDAD ENTRE PROCESO GMAW SEMIAUTOMATICO Y EL PROCESO AUTOMATIZADO (tiempo efectivo de soldadura)

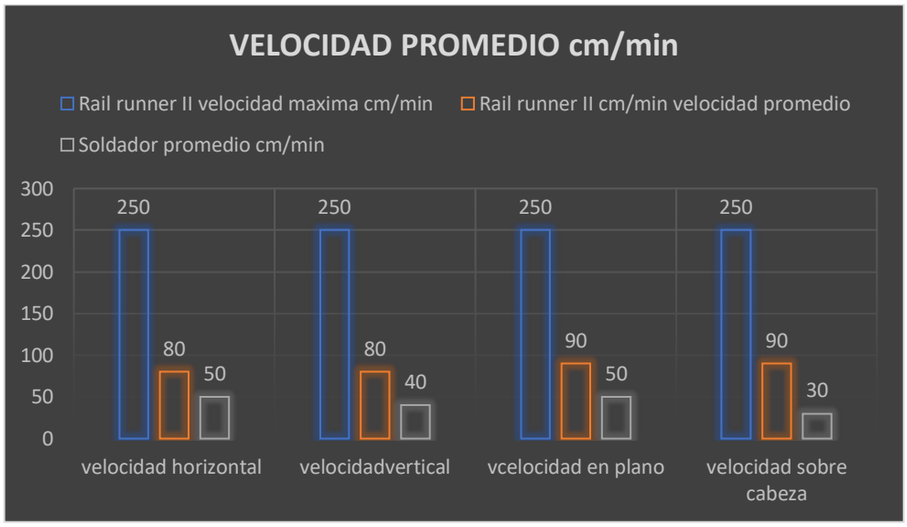
En esta sección analizaremos los tiempos empleados por un soldador promedio del taller de reparaciones navales, en comparación con la tecnología rail runner II donde en condiciones óptimas su rendimiento de soldadura aproximado es:

Tabla 3-4 Descripción de velocidades promedio

Descripción	Rail runner II cm/min Máxima velocidad	Rail runner II cm/min velocidad promedio	Soldador promedio cm/min
Velocidad horizontal	250	80	50
Velocidad vertical	250	80	40
Velocidad de plano	250	90	50
Velocidad sobre cabeza	250	90	30

Fuente elaboración propia

Gráfico 3-1 Velocidad promedio



Fuente elaboración propia

Para el proyecto AZTEC, se analiza en donde el rail runner II logra un rendimiento promedio. Para efectos de comparar los resultados con el proceso semiautomático, veremos el siguiente ejemplo:

3.9.1 Reparación de mamparo de colisión

Su definición es un Mamparo estanco de un buque, perpendicular a la línea de crujía de este, situado cerca de la proa, a fin de retener el agua e impedir que pueda penetrar en los demás compartimentos del buque, en caso de colisión.

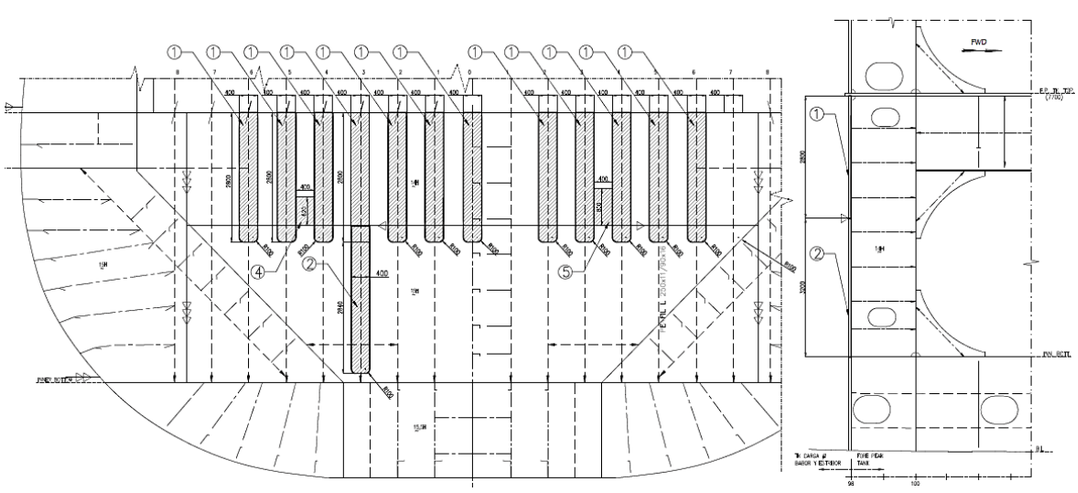


Figura 4-1 Mamparo de colisión

Fuente croquis de reparación

Para facilitar el cálculo se realiza una sección, que es una parte de la reparación total del trabajo en el mamparo de colisión donde consideramos lo siguiente:

a. Calidad del acero: AH36
b. Dimensiones: 2800x400x14
c. Peso del acero:160,4 kilogramos
d. Velocidad de avance soldador promedio: 40 centímetros/minuto
e. Diseño de la junta: unión a tope, bisel en v, ángulo de 60°, talón de 1,5 mm, separación 4mm
f. Posición de soldadura vertical ascendente

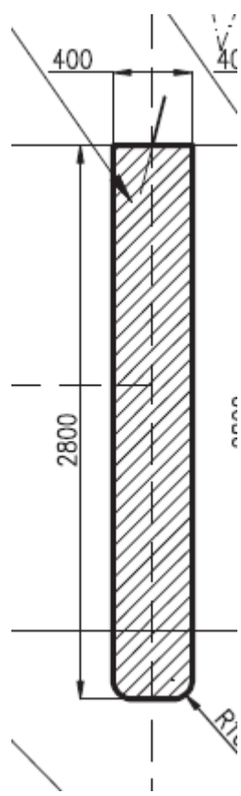


Figura 4-2 sección plancha a renovar

Fuente croquis reparación

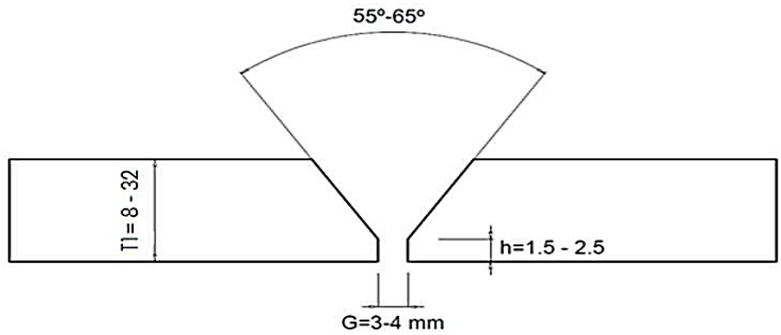


Figura 4-3 diseño de junta

Fuente croquis reparación

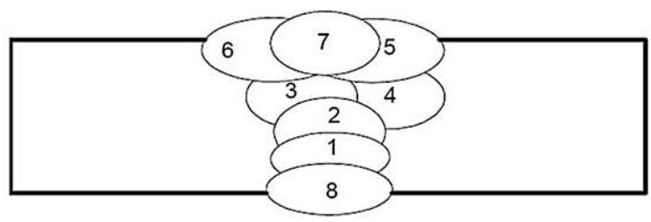


Figura 4-4 Secuencia de soldadura

Fuente croquis reparación

Una vez definido los parámetros continuamos con el cálculo promedio de tiempos necesarios para concluir la renovación estructural, los resultados obtenidos son:

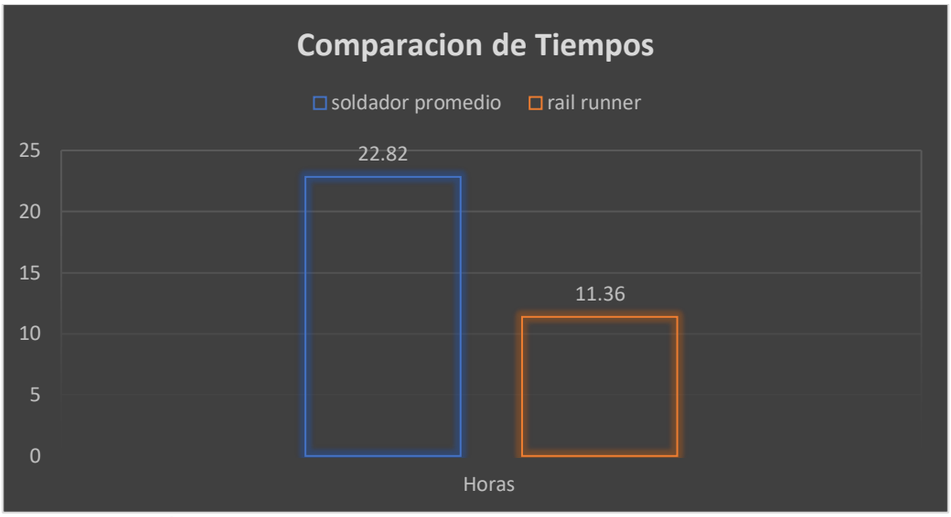
La reparación del mamparo de colisión con el proceso de soldadura GMAW semiautomático que actualmente se ocupa en el astillero en conjunto con un soldador promedio considerando un avance de 40 cm/min obtenemos un resultado de:

- 22,82 horas de trabajo de soldadura GMAW semiautomática más un proporcional de descanso e hidratación del soldador, para concluir 51,2 metros lineales aproximadamente a 3 turnos.

La reparación de la sección del mamparo de colisión con el proceso de soldadura GMAW automático con tecnología rail runner II, incorporada al astillero en conjunto con un operador previamente capacitado considerando un avance de 80 cm/min obtenemos un resultado de:

- 11,34 horas de trabajo de soldadura GMAW automático con tecnología rail runner II más un proporcional de armado de rieles y equipo, descanso e hidratación del operador para concluir 51,2 metros lineales aproximadamente 2 turnos.

Gráfico 4-2 Comparación de tiempos



Fuente elaboración propia

En conclusión, obtenemos una mejora de 11.48 horas de ahorro para el proyecto en esta sección previamente definida.

3.10 ESTIMACION DE LOS TRABAJOS ESTRUCTURALES DE REPARACIONES NAVALES

En el siguiente capítulo analizaremos los tiempos y costos relacionados con los trabajos de reparación estructural, para el proyecto AZTEC que son los siguientes:

1. pala timón: prueba estanquidad
2. carena casco: confeccionar e instalar medias cañas en descargas
3. casco: inspeccionar y emitir informe
4. casco: registrar datos en tablas
5. trancanil, cubierta popa babor: renovar
6. casco: marcar zona a resanar
7. casco: resanar cordones de soldadura bulbo
8. platina de bandeja, winche popa central: renovar
9. escalas reales babor, estribor: inspección estructural
10. (adicional) inspección de trabajos a bordo: realizar
11. varada: instalar pletinas de sujeción de camadas
12. estanques de lastre n°4 babor: inspeccionar
13. estanques de lastre n°4 babor: reparación estructural
14. sala de bombas, cabezal de extracción: reparación estructural
15. tapones de casco: desmontar, instalar y probar
16. línea de eje: desmonte e instalación de guardacabos
17. sala de bombas, pasarelas: inspeccionar
18. winches, porta balatas: confeccionar compresas de freno y platinas
19. confección e instalación de cáncamos p/maniobras
20. escalas reales babor, estribor: reparación estructural según informe técnico

21. (adicional) sistema corriente impresa: bases ánodos proa & popa, soldar
22. bandeja manifold, reparación estructural
23. pañol de cabos, brazola: renovar según inspección
24. palo de proa, reparación estructural
25. sala de bombas, cabezal de extracción: inspeccionar
26. (adicional) fore peak y mamparo de colisión: reparación estructural
27. (adicional) fore peak: inspeccionar
28. casco: apoyo a inspector clase en la inspección
29. estanque de lastre n°5 babor: inspeccionar
30. estanque de lastre n°5 babor: reparación estructural
31. sala de bombas, pasarelas: confeccionar e instalar pasarela
32. (adicional) tanque de lastre n°1 babor y carga n°1: inspeccionar
33. sala máquina, casco: inspeccionar
34. sala máquina, casco: reparación estructural
35. bilge tank, sala máquina, casco: inspeccionar
36. bilge tank, sala máquina, casco: reparación estructural
37. ánodos de zinc, cajas de mar y guardacabos: instalar
38. ánodos de zinc, cajas de mar y guardacabos: registrar
39. ánodos de zinc, cajas de mar y guardacabos: oxicorte
40. (adicional) trunk acceso estanques de lastre centrales: inspeccionar
41. (adicional) trunk acceso estanques de lastre centrales, proa y popa: reparación estructural
42. (adicional)tanque de lastre n°1 babor y carga n°1: reparación estructural
43. (adicional) pañol de cadena babor, estribor: inspección estructural, confección de croquis
44. (adicional) pañol de cadena babor, estribor: instalar y soldar planchas a bordo
45. (adicional) pañol de cadena babor, estribor: oxicorte y retirar chatarra
46. estanque de lastre n°5 estribor: inspeccionar
47. (adicional) pañol de cadena babor, estribor: corte y conformado planchas
48. (adicional) estanque lastre #4 babor: corte y conformado planchas
49. (adicional) estanque lastre #4 babor: inspección estructural, confección de croquis
50. (adicional) estanque lastre #5 babor: corte y conformado planchas
51. (adicional) estanque lastre #5 babor: inspección estructural, confección de croquis
52. supervisión de trabajos estructurales: contratista
53. estanque de lastre n°5 estribor: reparación estructural
54. (adicional) estanque lastre #3 babor: inspección estructural, nestificado
55. bita de proa: resanado con soldadura
56. (adicional) estanque lastre #3 estribor: inspección estructural, nestificado
57. (adicional) estanque lastre #4 estribor: corte y conformado planchas
58. (adicional) estanque lastre #4 estribor: inspección estructural, nestificado
59. (adicional) estanque lastre #3 babor: corte y conformado planchas
60. (adicional) estanque lastre #1 estribor: corte y conformado planchas
61. (adicional) corredera: retirar housing calzo, p/nuevo transductor, adaptar, instalar, soldar

62. (adicional) estanque lastre #2 babor: inspección estructural, nestificado
63. (adicional) estanque lastren°1, 3 y 5 estribor: reparación estructural
64. (adicional) estanque lastre #1 estribor: inspección estructural, nestificado
65. (adicional) estanque lastre #2 babor: corte y conformado planchas
66. (adicional) estanque lastre #3 estribor: corte y conformado planchas
67. (adicional) estanque lastre #5 estribor: corte y conformado planchas
68. (adicional) estanque lastre #5 estribor: inspección estructural, nestificado
69. (adicional) estanque lastren°1, 3 y 5 estribor: inspeccionar

Dentro de las HH estimadas inicialmente, se suman todos los trabajos adicionales que son el resultado de las mediciones de espesores, confección de croquis y reparación abordo.

Descripción	**HH**
Estimada	4.504
Adicional	12.401
Real	16.905

3.10.1 Frentes de trabajo que cumplen las condiciones para implementar el equipo Rail Runner II

Una vez enumerados los trabajos, se realiza una clasificación para determinar los frentes de trabajo del buque AZTEC donde cumple las condiciones para instalar el Rail runner II de manera de hacer un cálculo de la cantidad de HH que se pueden ahorrar ocupando la tecnología, estos lugares son los siguientes:

1. Casco, resanar cordones de soldadura bulbo:

   HH Soldadura semiautomática: 130,4
   HH soldadura automática: 59,16
   HH Ahorro: 71,24

2. Estanques de lastre n°4 babor, reparación estructural:

   HH Soldadura semiautomática: 200,8
   HH soldadura automática: 100,4
   HH Ahorro: 100,4

3. (adicional) fore peak y mamparo de colisión, reparación estructural:

   HH Soldadura semiautomática: 498,052
   HH soldadura automática: 260,026
   HH Ahorro: 236,026

4. sala máquina, casco reparación estructural:

   HH Soldadura semiautomática: 147,13
   HH soldadura automática: 80,566
   HH Ahorro: 66,564

5. bilge tank, sala máquina, casco: reparación estructural:

   HH Soldadura semiautomática: 41,2
   HH soldadura automática: 20,6
   HH Ahorro: 20,6

6. (adicional) trunk 1, 3 y 5 EB-BB acceso estanques de lastre centrales, proa y popa: reparación estructural:

   HH Soldadura semiautomática: 2.197,428
   HH soldadura automática: 1.098,714
   HH Ahorro: 1.099,354

7. (adicional)tanque de lastre n°1 babor y carga n°1: reparación estructural:

   HH Soldadura semiautomática: 90,68
   HH soldadura automática: 45,34
   HH Ahorro: 45,34

8. (adicional) pañol de cadena babor, estribor: instalar y soldar planchas a bordo

   HH Soldadura semiautomática: 151,68
   HH soldadura automática: 75,84
   HH Ahorro: 75.84

9. Estanque de lastre n°5 estribor: reparación estructural:

   HH Soldadura semiautomática: 147.130
   HH soldadura automática: 80,566
   HH Ahorro: 66,564

10. (adicional) estanque lastre N° 3 estribor: reparación estructural:

    HH Soldadura semiautomática: 101,992
    HH soldadura automática: 60,996
    HH Ahorro: 40,996

    Total, de ahorro es de 1.823 HH

CAPITULO 4. ANALISIS DE COSTOS

4 ANALISIS DE COSTOS

4.1 COSTOS DEL TRABAJO DE REPARACIÓN BUQUE AZTEC

A continuación, se entrega los costos para el taller de reparaciones navales en moneda nacional derivados del proyecto BT AZTEC con un total de 16.193 HH en mano de obra con un valor de $ 7.405 por HH, como resultado es $ 119.893.047 pesos en mano de obra además se suman los valores de materiales, equipos, y servicios que se detallan en la siguiente tabla.

Tabla 4-1 Descripción de costos proyecto AZTEC

Descripción	Valor ($)
MO	119.893.047
Materiales	58.533.931
Equipos	13.928.101
Servicios	3.464.131
TOTAL	195.819.210

Fuente elaboración propia

4.2 ANÁLISIS DE COSTOS AHORRADOS EN EL PROYECTO AZTEC CON TECNOLOGIA RAIL RUNNER II

Una vez enumerados los trabajos, se realiza una clasificación para determinar los frentes de trabajo donde cumple las condiciones para instalar el Rail runner II para realizar un cálculo de la cantidad de HH que se pueden ahorrar, solo en mano de obra la cual afecta ocupando la tecnología de Rail Runner II, de este análisis se logra ahorrar un total de 1.823 HH. Estas HH ahorradas se restan la estimación de 16.193 HH dando como resultado 14.370 HH por un valor de $ 7.405 obtenemos un valor de $ 106.409.805 pesos.

Para facilitar la comprensión del ahorro de HH y el impacto en el valor final utilizando la tecnología Rail Runner se detalla en la siguiente tabla

Tabla 4-2 Costos Ahorrados utilizando Rail Runner II

Descripción	Valor ($)
MO	106.409.850
Materiales	58.533.931
Equipos	13.928.101
Servicios	3.464.131
TOTAL	182.336.013

Fuente elaboración propia

La conclusión del análisis obtenemos un ahorro de $ 13.483.197 pesos solo en mano de obra en un buque de estas características utilizando la tecnología Rail Runner II.

Simplificando con 2 turnos de 8 horas con una cantidad de 30 personas trabajando en el proyecto AZTEC utilizando la tecnología Rail Runner II obtenemos 2 días de ahorro de trabajo que repercute en los siguientes beneficios:

- Ahorro de HH en reprocesos de soldadura
- Menor accidentabilidad
- Ahorro horas de dique seco
- Mayor disponibilidad para la cadena productiva
- Eficiencia del taller de reparaciones navales
- Menor costos de producción

4.3 IMPLEMENTACIÓN DE LA TECNOLOGÍA RAIL RUNNER II EN EL TALLER DE REPARACIONES NAVALES

La implementación al taller de la automatización al proceso de soldadura GMAW se dará de forma ascendente comenzando con un equipo rail runner II para que los trabajos de mayores metros lineales, donde el equipo demuestre su versatilidad y eficacia.

Los costos involucrados en la implementación de la automatización al taller de reparaciones navales, constan solo del valor comercial del equipo rail runner y sus accesorios debido a que el taller tiene fuentes de poder de 380 volt en conjunto con el cabezal del alambre que son el equipo básico para realizar soldaduras semiautomáticas

4.3.1 Costos del Equipo Rail Runner II

Item	Especificaciones	Uni.	Cant.	Unitario ($)	Total ($)
1	Carro autopropulsado RAIL RUNNER II para soldadura MIG//MAG, con seguidor de junta, soporte torcha, control remoto, pantalladigital,15(m)de riel magnético flexible, incluyePistolacuelloajustablemarcaBINZELmodeloABIMIGde4,0(m) conconectorEuroyLincolnLN25	(C/U)	1	19.339.966	19.339.966

Valor del equipo Rail Runner II considera: oscilación, control remoto, sensor de altura, seguimiento de junta, 6 rieles semi- flexibles de 2 metros cada uno y 8 imanes en cada riel, para soldaduras GMAW en posición plana, horizontal y vertical

Los valores indicados contemplan el entrenamiento inicial de 3 días con un instructor y sus operadores además de 3 días adicionales cuando se efectué el trabajo definitivo.

- Condiciones de entrega: puesto en sus bodegas
- Formas de pago: orden de compra a 30 días

Nota: los valores indicados no incluyen I.V.A

4.3.2 Amortización del equipo Rail Runner II

Entonces, tenemos que con la reparación de un buque de estas características el equipo se amortiza en un 70% con un valor de $7.405 pesos por HH. En conclusión, para lograr el valor total del equipo se necesitan 2 reparaciones similares al buque AZTEC.

Descripción	**Valor ($)**	**Porcentaje (%)**
Valor del equipo	19.339.966	100
Ahorro de HH 1.823	13.483.197	70
Total, restante	5.856.769	30

Cabe destacar que el taller de reparaciones navales no solo se enfoca en buques mercantes siendo una variedad de buques como pesqueros, artefactos navales, submarinos, pontones. En todos tiene aplicación la tecnología Rail Runner II y para su estimación se debe ver en específico el proyecto.

Además, se señala que con la implementación de la tecnología Rail Runner II al taller de reparaciones navales en cada proyecto futuro se obtendrán beneficios de rapidez y calidad en las soldaduras que tendrá un impacto en el costo final de producción del taller y del astillero.

CONCLUSION

La conclusión de este estudio, es que al incorporar la tecnología Rail Runner al taller de reparaciones navales se aprecia un mayor rendimiento en productividad, mejorando la seguridad de los trabajadores lo que además ayuda a que la cadena productiva se beneficié de los ahorros de tiempos. Entregando un trabajo terminado antes de las fechas programadas en la estimación inicial, con la disminución de costos como resultado.

El análisis realizado demuestra la validez de la incorporación de la tecnología Rail Runner II al taller de reparaciones navales. La versatilidad del equipo nos demuestra que es factible su utilización en los distintos proyectos del taller de reparaciones navales tales como buques mercantes, buques pesqueros, artefactos navales, pontones, submarinos lo que le da una mayor relevancia al equipo Rail Runner II

Cabe destacar que con la incorporación del equipo Rail Runner II en todos los proyectos del taller de Reparaciones Navales, se logra una mejora sustancial en los proceso de soldadura GMAW, lo que termina beneficiando a los siguientes procesos del astillero como son: el trabajo de pintura, retiro de andamios, las maniobras de llenado de agua de mar al dique seco, la maniobra de salida de el buque, el desarme de camas de varada y la maniobra de entrada a dique de un nuevo buque, generando una sinergia, que repercutirá positivamente en la actividad total del Astillero.

RECOMENDACIONES

En el desarrollo de este estudio de evaluación de la automatización de los equipos GMAW del taller de reparaciones navales, nos deja como resultado la constancia de la eficacia de la tecnología Rail Runner II en los distintos frentes de trabajo seleccionados para su incorporación, ahorrando una gran cantidad de HH por proyecto donde se cumplan las condiciones para su incorporación.

Como recomendación de este trabajo está la adquisición de más de un equipo Rail Runner II, con la finalidad que, a futuro se puedan incorporar en todos los proyectos en paralelo que así lo requieran, cambiando el paradigma a los trabajadores de que la tecnología los dejara obsoletos y por el contrario hacerlos participe de la mejora continua que la tecnología nos impone como trabajadores y una actualización constante a los tiempos de modernos en que vivimos. Además, añadir un cambio de mentalidad en la manera de hacer nuestro trabajo mejorando las condiciones laborales y la capacitación constante del trabajador de tiempos modernos en donde las maquinas realizaran el trabajo más pesado y nosotros el trabajo de programación y control.

BIBLIOGRAFIA

1. Ahmed, N. (2005). New developments inadvanced welding. England: Woodhead Publishing Ltd.

2. American Welding Society. (2001). A5.18/5.18M. Specificationfor Carbon Steel Electrodes and Rods For Gas Shielded Arc Welding.

3. American Welding Society. (2010). Structural Welding Code Steel. Miami: American Welding Society.

4. American Society for Testing and Materials. (1999). Standard Specification for Carbon Structural Steel.

5. American Welding Society. (1989). Recommended Practices For Gas Metal Arc Welding. Miami: American Welding Society.

6. Journal Welding Processes. (2007). Gas Metal Arc Welding, Flux Cored Arc Welding and Metal Cored Arc Welding. Welding Processes.

7. Kou, Sindo. (2003). Welding Metalurgy. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc., Hoboken.

8. Lincoln, Electric. (2005). Gas Metal Arc Welding Guide.

9. Montgomery, Douglas. (2001). Desing and Analysis Of Experiments.

10. American Welding Society. (2008). Welding Processes. Edición 9 Vol. 2.

11. Blodgget, Orjed. (1999). Fabricators and Electors Guide To Welded Steel Construction.