

# **Aumento de la productividad en los métodos de trabajo en los procesos de fabricación y armado de tuberías implementando ISO 9001:2015 de confiabilidad y calidad (Caso taller central complejo refinador PDVSA).**

## **Increased productivity in the working methods in the pipeline manufacturing and assembly processes implementing ISO 9001:2015 reliability and quality (PDVSA refinery complex central workshop case)**

**Mota - Sarramero, Juan**

Estudios Avanzados de Maestría y Doctorado,  
Universidad Nacional Experimental Simón Rodríguez,  
Puerto Cabello, Carabobo, Venezuela

motajc06@mail.com

**DOI: <https://doi.org/10.53766/CEI/2021.43.02.05>**

### **Resumen**

*En la siguiente investigación se propone el establecimiento de un plan para la reducción de los tiempos en el área de fabricación de Spool, en los procesos soldaduras, manejo de materiales, recorridos, calibración de equipos e hidratación de los operarios perteneciente al área de taller central del complejo refinador de PDVSA. Esta tiene como objetivos proponer el aumento de la productividad en los métodos de trabajo en los procesos de fabricación y armado de Spool de tuberías, con la finalidad básica de reducir los tiempos de recorridos de los operarios y por ende los tiempos de producción, bajar los costos y mejorar la rentabilidad. En la investigación se aplicaron las técnicas de recolección de información y datos que permitió hacer registros de tiempos y recorridos de los operarios (soldadores) para realizar el proceso de soldadura en la fabricación de Spool de tuberías, permitió hacer análisis de los riesgos asociados mediante la implementación estructurada de la norma ISO 9001:2015 de confiabilidad y calidad, aplicadas a cada una de las actividades en sus distintas fases, así como establecer y examinar las propuestas de mejoras que permitirán minimizar los costos y riesgos asociados a cada actividad.*

**Palabras clave:** Productividad, Riesgos, ISO 9001:2015, Confiabilidad, Calidad

### **Abstract**

*The following investigation proposes the establishment of a plan to reduce times in the Spool manufacturing area, in the welding processes, material handling, tours, equipment calibration and hydration of the operators belonging to the central workshop area of the PDVSA refining complex. This aims to propose the increase in productivity in the working methods in the manufacturing processes and assembly of pipe spools, with the basic purpose of reducing the travel times of the operators and therefore the production times, reducing the costs and improve profitability. In the research, information and data collection techniques were applied that allowed to record the times and routes of the operators (welders) to carry out the welding process in the manufacture of pipe spools, it allowed to make analysis of the associated risks by means of the structured implementation of the ISO 9001: 2015 standard of reliability and quality, applied to each of the activities in its different phases, as well as establishing and examining the proposals for improvements that will minimize the costs and risks associated with each activity.*

**Keywords:** Productivity, Risks, ISO 9001:2015, Reliability, Quality

## 1 Introducción

Todo complejo refinador asume la maximización de su producción y la minimización de los costos y recursos que utiliza, como la materia prima, los consumibles, insumos, mano de obra, maquinarias, equipos, entre otros, necesarios para la realización de las diferentes actividades que se vayan a desarrollar en sus talleres, líneas y patios de producción. Para esta metodología de trabajo adecuada, que permita llevar a cabo las operaciones de una forma más eficiente y óptima, con los mejores estándares de seguridad y calidad, al menor costo y tiempo posible, de manera que se puedan obtener resultados y respuestas de forma más inmediata y precisas, enmarcadas en los planes y estrategias a corto y mediano plazo de la organización.

Es la metodología seleccionada y estudiada en todos sus aspectos así como valorar su aplicación a cada una de las áreas de los talleres, líneas y patios de producción del complejo refinador, tomado en cuenta lo importante que es tener a disposición una metodología de trabajo adecuada y adaptada a los objetivos y metas de la industria (Burgos 1.999), los procesos productivos comienzan a dar respuestas de productos finales o terminados con alto rendimiento, alta calidad, bajo costo, al menor tiempo y dentro del plan de producción planificado según los requerimiento de demanda de las unidades de procesos y no procesos.

La metodología de gestión de ISO 9001:2015 de confiabilidad y calidad ya estructurada facilitaría la evaluación, cambios u arreglos a lugar que aceleren los tiempos, minimicen los recorridos e impacte en los niveles de rendimiento y producción eficientemente y con calidad.

## 2 Metodología.

Para la aplicación y metodologías basadas en fundamentos de producción, en la excelencia industrial y en la gestión de procesos, la cual conjugaremos con ISO 9001.2015 de confiabilidad y calidad, donde se sustenta teóricamente el estudio, además que presenta una visión amplia de la investigación a través de la revisión de estudios realizados (Iso 9001 2015) a fin de establecer los aspectos más relevantes, referidos en sus análisis y conclusiones que se pudieran tomar en consideración a fin de lograr la labor planteada.

El proceso de producción para la fabricación de Spool que son los principales productos del taller central del complejo refinador, el análisis se basa en las variables que presenten las etapas más críticas analizadas bajo gestión de ISO 9001:2015 de confiabilidad y calidad, mediante la implementación de este estudio con formato estructurado para incrementar los niveles y

planes de producción, reducir las actividades que no le generan valor agregado al proceso de producción y afectan las condiciones de trabajo de los operarios.

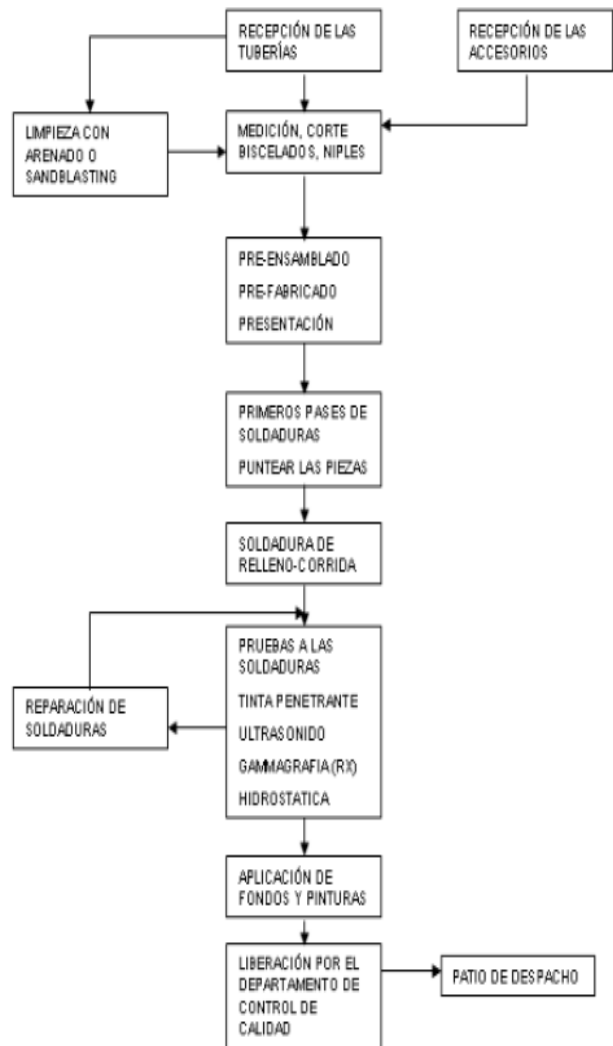


Fig. 1. Diagrama de Flujo del Proceso de Producción de taller central del complejo refinador.

Los recorridos con mucha frecuencia de un área a otra por herramientas, equipos consumibles o materia prima, un operario puede hacer esta rutina hasta 20 veces en un turno de 8 horas con distancias mayores a 35 m, para un Spool que puede involucrar hasta 2 operarios (Soldadores) y 2 ayudantes (Fabricadores) en una etapa para un proceso de fabricación de una tubería de 3 pulg Schedule estándar, que pesa 11,3 kg/ms, una de 4 pulg Schedule estándar pesa 16,07 kg/ms, por mencionar dos típicas, una brida de 3 pulg pesa 3.8 kg, una de 4 pulg pesa 4,6 kg, un codo de 3 pulg Schedule estándar pesa

1,81 kg, un codo de 4 pulg 3 pulg Schedule estándar pesa 3,63 kg.

En la figura 2, podemos observar un diagrama de recorrido tomando como referencia a un operario durante el proceso de fabricación de un Spool.

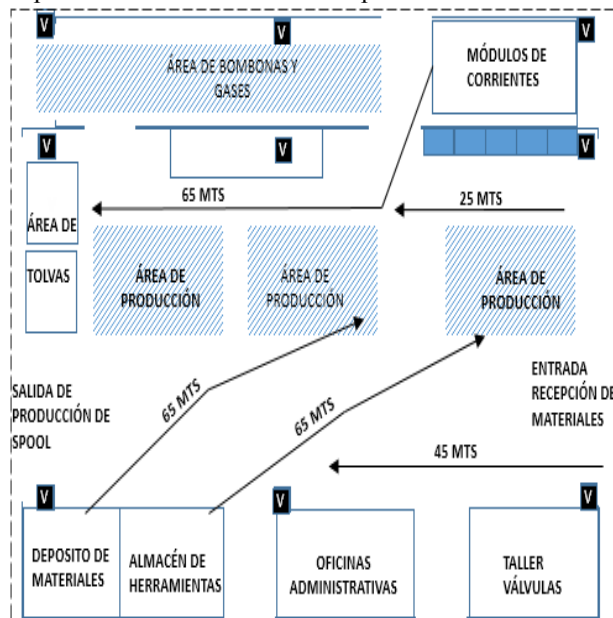


Fig. 2. Distribución de Planta del taller central del complejo refinador y recorrido de los operarios.

### 3 Procesamiento análisis de datos.

La etapa de fabricación de un Spool, puede utilizar hasta cuatro soportes para un tamaño estándar de un Spool de 3 a 4 pulg, se genera la secuencia del proceso de producción, desperdicio, reducción de espacio, donde un Spool promedio puede abarcar un área de aproximadamente entre 12 m<sup>2</sup> a 15 m<sup>2</sup> y general entre 5 y 20 kg de desperdicios (cortes de tubos, virutas, varillas de electrodos de aporte eléctricos o argón, desechos de discos de corte y esmerilado, retazos de aceros).

El traslado de la materia prima del área de fabricación al área de limpieza con arenado (Sandblasting), un recorrido de aproximadamente 350 m, impactando el proceso de fabricación de Spool, el cual lleva en promedio para un tubo estándar (6 m, Schedule Estándar), de 2 a 3 horas fabricarlo con un solo accesorio ( cuadrar la brida, codo o la tee, colocar la grapa, hacer la penetración con argón en 2 pases y rellenar con varilla eléctrica electrodo), el incremento de tiempo puede alcanzar hasta 1 hora adicional por tiempo de fabricación de un Spool, llevando el mismo a 4 horas, que representa media jornada de trabajo diaria, y para una planificación de 3 Spool Estándar por jornada con 3 horas cada uno, en esta situación solo se alcanzara 2 Spool (pérdida de oportunidad de fabricación de 1 Spool)( Cardozo, Fuentes 2011).

Comparando con los costos de producción y basado en observaciones, entrevistas realizadas en el área de producción, dicho incremento se debe en parte para eliminar el tiempo perdido de recorrido (entre 60 y 100 min.) y el tiempo perdido en retrabajo (incremento promedio de 1 hora adicional por tiempo de fabricación de un Spool) que se generan en el proceso y a métodos de trabajo en el área de la producción del corte, soldadura, fabricación, armado, pinturas y almacenaje.

En una operación cuello de botella, optimizar de alguna forma el rendimiento de la instalación o cambiar la tecnología de las máquinas, en este caso aplicar el formato establecido por ISO 9001:2015 de confiabilidad y calidad para ser referencia a algunos sistemas y mecanismos de producción.

El taller central del complejo Refinador lleva la fabricación por mantenimiento y reparación de decenas de Spool de tuberías de varios calibres (2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 20 pulgadas) de Schedule Estándar, 40 y 80, donde el 75% de las soldaduras y fabricación de los Spool aplica los distintos procesos de prueba, procedimientos de soldaduras (WPS) (Welding Procedure Specification), métodos y ensayos a las pegas (soldaduras), ya sea los códigos ASME (American Society of Mechanical Engineers) BPVC (Boiler & Pressure Vessel Code), ANSI (American National Standards Institute), o estándar ASTM (American Society for Testing and Materials), realizadas antes de ser liberadas y llevadas al sitio de instalación en las plantas de procesos, correspondiente al 25% de las soldaduras en campo (Feel weld), para evitar complicaciones durante las maniobras de izamiento, montaje y/o traslado de los arreglos de Spool de tuberías si se hacen con muchos ramales, muy grandes, muy pesados o muy frágiles.

### 4 Interpretación y presentación de los resultados.

Para proceder al análisis de cada uno de los elementos que conforman el estructurado esquema de evaluación de la norma ISO 9001:2015, que a continuación se presenta de forma desglosada.

**Elemento de control 4.0:** Contexto de la Organizacional del taller central del complejo Refinador.

#### 4.1. Definición de los alcances del Sistema de gestión producción de Spool.

El taller central del complejo Refinador, produce entre 30 y 300 pulgadas de soldaduras diarias en sus instalaciones de fabricación de Spool, equivalentes a entre 3 y 5 Spool por día, si los diámetros son entre 4 y 12 pulgadas.

**Tabla 1.** Comparativo de Spool.

Spool	Pulg. Soldaduras	Horas-Hombres	Total Spool/día
2-4	Entre 4 y 8	De 1 a 4	De 2 a 3
4-6	Entre 8 y 12	De 4 a 6	De 2 a 3
6-8	Entre 12 y 16	De 6 a 8	De 1 a 2
10-20	Entre 20 y 40	Mas de 8	Entre 80 y 90 % del Spool

Partiendo de una vez que los elementos de conexión (tubería y accesorios) están alineados y listos, se realizan puntos de soldadura y/o colocación de grapa según la necesidad con el fin de mantener la alineación de la junta y dependiendo del diámetro del tubo, al menos, uno en cada cuadrante. La longitud de los puntos soldadura es de aproximadamente 10 mm. Y son realizados por un soldador calificado, utilizando un material de aporte y material base que sean compatibles con las juntas a ser soldadas.

**Elemento de control 5.0: Liderazgo en el área de producción del taller central del complejo Refinador.**

**5.5 Las medidas aplicadas aseguran que el Sistema de gestión producción de Spool se alcance aumentar los resultados.**

La secuencia de la construcción del sistema de tuberías inicia con el área de la junta y una distancia de 25 mm (1") a cada lado deben estar libres de pintura, tierra, incrustaciones, óxido y otras sustancias que puedan afectar adversamente la operación de soldadura o su calidad final.

La tubería fabricada trae un bisel de junta estándar de 30° ( $\pm 2^\circ$ ) y posee una altura de talón de 1.6 mm (1/16") con una tolerancia de 0.8 mm (1/32"). Las tuberías que tienen discontinuidades o indicaciones tales como laminaciones, ralladuras, pliegues son eliminadas si estos exceden 6.35mm (1/4"). Las partes defectuosas se cortan por completo en forma cilíndrica y los extremos que quedan se vuelven a biselar.

Con mordazas (Grapa) para rectificar la excentricidad y garantizar un empalme uniforme de la junta (alto - bajo) que no exceda 1.6 mm (1/16"), de tal manera que cuando la desalineación excedan 1.6 mm (1/16"), debido a diferencias en el espesor de pared, se rectifica ya sea la superficie interna o externa con una transición no menor a 4:1.

En todas las juntas soldadas, el pase en caliente se inicie luego de terminar el cordón de raíz. Para cada pase del metal depositado, se elimina la escoria y fundente antes de aplicar un próximo pase. Cuando existen defectos visibles, cavidades, escoria, rebabas, traslapes en frío, porosidad superficial, puntos de arranque u otros defectos se remueven mediante la aplicación de limpieza mecánica.

Los procedimientos de soldadura y los de soldadores son calificados de acuerdo a lo estipulado en el Código ASME BPV - Sección IX (Asme 2004). Cada soldador es

calificado y/o revalidado antes de iniciar su trabajo.

Una especificación de procedimiento de soldadura (WPS) está descrita en un documento que provee una dirección al soldador para realizar juntas soldadas acorde con los requerimientos del código referente, cualquier WPS a ser usado es sujeto a calificación acorde al artículo II del código ASME BPV IX (Asme, 2004), o se convierte en un procedimiento de soldadura estándar (SWPS) de sociedad americana de soldadura (AWS).

**Elemento de control 6.0: Planificación en el área de producción del taller central del complejo Refinador.**

**6.2 Aplicada la evaluación de eficacia en las acciones de prevención, mitigación o mejora en la producción de Spool.**

Una lista de variables que intervienen en los procesos de soldadura presentadas en el código ASME BPV de la sección IX se muestra en la tabla 2:

**Tabla 2.** Variables que intervienen en los procesos de soldadura (código ASME BPV – sección IX)

VARIABLE	PÁRRAFO CÓDIGO
Juntas	(QW-402)
Material base	(QW-403)
Material de aporte	(QW-404)
Posiciones	(QW-405)
Precalentamiento	(QW-406)
Tratamiento térmico	(QW-407)
Gas	(QW-408)
Características eléctricas	(QW-409)
Técnica	(QW-401)
Grupos de metales base	(QW-420)

Las variables esenciales por proceso mostradas en el código ASME BPV sección IX se indican a en la tabla 3.

Las especificaciones del taller central del complejo Refinador indican que para las juntas soldadas en tubería, se usa el proceso GTAW (Gas tungsten arc welding) o una combinación de procesos GTAW – SMAW (Gas tungsten arc welding - Shielded metal arc welding), usando para el pase de acabado de electrodos de bajo hidrógeno.

Como se puede observar en la tabla 3, que nos muestra las distintas variables esenciales que intervienen de manera directa y que están dadas por los distintos procesos de soldaduras como ya los tiene establecido el código ASME BPV en su sección IX, allí queda claro la lógica de aplicación para resultados de excelente calidad que deben ser esperados en procesos de soldadura eléctrica, soldadura por arco sumergido, soldadura por arco protegido por gas, por arco y núcleo fundente, por tungsteno y protección gaseosa, como las más usadas en el proceso de fabricación de Spool del taller central del complejo Refinador.

**Tabla 3.** Variables esenciales por procesos de soldadura (código ASME BPV – sección IX)

VARIABLE	PÁRRAFO
SMAW – Soldadura eléctrica con electrodo revestido	(QW-253)
SAW – Soldadura por arco sumergido	(QW-254)
GMAW – Soldadura por arco protegida por gas	(QW-255)
FCAW – Soldadura por arco y núcleo fundente	(QW-256)
GTAW – Soldadura por tungsteno y protección gaseosa	(QW-257)

**Tabla 4.** Calificación de desempeño – posiciones y calificadas

Ensayo para calificación	Posición	Posición y tipo de soldadura calificada		
		Canal	Filete	
Soldadura		Tubería > 24 in (610 mm) OD	Tubería ≤ 24 in (610 mm) OD	
Tubería – canal	1G	F	F	F
	2G	F, H	F, H	H
	5G	F, V, O	F, V, O	TODAS
	6G	TODAS	TODAS	TODAS
	2G y 5G	TODAS	TODAS	TODAS

Nota: F = plana; H = horizontal; V = vertical; O = sobre cabeza

Determinadas las cuatro posiciones estándar para soldar según el plano y procedimiento a aplicar, quedan determinadas como se indica a continuación: Formato posición plano, Formato posición horizontal, Formato posición vertical y Formato posición sobrecabeza. Para determinar si un soldador es capaz por su destreza de depositar metal en una posición particular de las antes mencionadas, es necesario que la prueba se lleve a cabo en una de las posiciones de prueba estándar. En combinación con las posiciones estándar descritas, las posiciones de prueba son 1G, 2G, 3G, 4G, 5G, 6G, y 6GR para soldaduras de ranura.

De igual forma para el caso de las soldaduras a filete poseen su formato o esquema de posiciones según el plano y procedimiento a aplicar: 1F, 2F, 2FR, 3F, 4F y 5F. Éste sistema de nomenclatura guarda cercana relación con el descrito arriba para las juntas de ranura.

**Tabla 5.** Calificación de desempeño – diámetros límites calificados

Diámetro exterior de cupón de prueba	Diámetro exterior	
	Min	Max
	In (mm)	In (mm)
< 1 (25)	Tamaño	Ilimitado
$\geq 1, \leq 2\frac{7}{8}$ (73)	1 (25)	Ilimitado
$> 2\frac{7}{8}$ (73)	$2\frac{7}{8}$ (73)	Ilimitado

En la tabla 7 se muestran los tipos genéricos de recubrimientos adecuados para las temperaturas límite indicadas, las mismas que pueden ser ajustadas acorde a las hojas de especificación del fabricante, para determinar un sistema de pintura para tuberías, la temperatura de operación se considerará como la temperatura del sistema, mientras que para servicios expuestos a abrasión, la tabla 6 muestra sistemas de pintura recomendados.

**Tabla 6:** sistemas de pintura recomendados a zonas ambientales acorde a la SSPC

Sistema de Pintura Genérico	SSPC	Zona Ambiental												
		0	1A	1B	2A	2B	2C	2D	3A	3B	3C	3D	3E	
Base en aceite	PS 1		X	X										
Alquílico	PS 2		X	X										
Fenólico	PS 3		X	X	X									
Vinilo	PS 4		X		X	X	X	X	X	X				
Una capa en taller	PS 7	X	X											
Macilla asfáltica	PS 9				X	X					X	X		
Macilla con alquitrán	PS 10					X					X	X		
Epóxico con alquitrán	PS 11				X	X	X	X	X		X	X	X	
Rico en zinc	PS 12				X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Epóxico poliamida	PS 13		X	X	X	X	X	X	X		X	X		
Silicón alquídico	PS 16				X									
Uretano	PS 17		X	X	X	X								
Látex	PS 18		X	X										

Los tipos genéricos de pintura presentados son adecuados tomando los límites de temperatura en su aplicación, dadas las especificaciones del proyecto del Spool a fabricar, el sistema de pinturas seleccionadas:

Primer de inorgánico de zinc y acabado de epóxico  
Primer de epóxico y poliuretano acrílico de acabado



**Tabla 7.** Sistemas de pintura – temperaturas límite de protección

RECUBRIMIENTO	TEMPERATURA (°C)
Vinilo	65
Epóxico catalizado	93
Resina alquídica	93
Poliuretano acrílico	93
Silicón modificado (acrílico)	200
Silicón modificado (alquídico)	200
Silicón sintético con pigmentos de aluminio	300
Zinc inorgánico	400

Para la integridad y adherencia del sistema de pintura, la superficie donde se aplicará la protección superficial deberán ser sometida a una limpieza mecánica, ya sea manual o con sandblasting, para preparación del perfil de anclaje, donde el Spool a ser pintado, se inspeccionan previamente, garantizando que las uniones soldadas estén terminadas y que los ensayos no-destructivos requeridos sobre las mismas hayan sido finalizados.

Previo a la operación de limpieza por chorro abrasivo (sandblasting), toda superficie contaminada con grasa y aceite, deberá ser limpiada con un solvente. Toda suciedad, escamas, u otro material extraño deben ser removidos con un proceso abrasivo, con un perfil de anclaje de 1 ½” a 2 mills (40 a 50 µm).

La tabla 8 indicará las especificaciones para preparación de superficies.

**Tabla 8.** Sistemas de pintura – preparación superficial

Especificación	Método
SSPC-SP-1	Limpieza mediante solventes
SSPC-SP-2	Limpieza con herramientas manuales
SSPC-SP-3	Limpieza con herramientas eléctricas
SSPC-SP-5	Limpieza abrasiva de metal blanco
SSPC-SP-6	Limpieza abrasiva comercial
SSPC-SP-7	Limpieza abrasiva de cepillado
SSPC-SP-8	Limpieza química
SSPC-SP-9	Desgaste con limpieza abrasiva
SSPC-SP-10	Limpieza abrasiva de metal blanco

Las superficies a limpiar secas y la temperatura de la superficie a ser pintada esté al menos a 4°C arriba de la temperatura de rocío del aire, la humedad relativa del aire no sea mayor que 85%, las partes que van a ser ensambladas en sitio tales como las zonas de las juntas soldadas, se protegen desde el extremo.

No se aplica una capa de pintura si la temperatura ambiental está por debajo de los 5°C, o la temperatura de rocío del aire está 3°C por debajo de la temperatura del

metal, cuando la humedad es de 80%.

**Tabla 9.** Punto de rocío del aire

		Temperatura ambiente (°C)							
		5	10	15	20	25	30	35	40
% Humedad Relativa	90	3.5	8.2	13.3	18.3	23.2	28.0	33.0	38.2
	85	2.6	7.3	12.5	17.4	22.1	27.0	32.0	37.1
	80	1.9	6.5	11.6	16.5	21.0	25.9	31.0	36.2
	75	0.9	5.6	10.4	15.4	19.9	24.7	29.6	35.0
	70	0.2	4.5	9.1	14.2	18.6	23.3	28.1	33.5
	65	-1.0	3.3	8.0	13.0	17.4	22.0	26.8	32.0
	60	-2.1	2.3	6.7	11.9	16.2	20.6	25.3	30.5
	55	-3.2	1.0	5.6	10.4	14.8	19.1	23.9	28.9
	50	-4.4	-0.3	4.1	8.6	13.3	17.5	22.2	27.1
	45	-5.7	-1.5	2.6	7.0	11.7	16.0	20.2	25.2
	40	-7.3	-3.1	0.9	5.4	9.5	14.0	18.2	23.0
	35	-8.6	-4.7	-0.8	3.4	7.4	12.0	16.1	20.6
	30	-10.2	-6.9	-2.9	1.3	5.2	9.2	13.7	28.0

Los espesores referenciales de pintura que se deben aplicar acorde a las diferentes superficies y servicio se indican en la tabla 10.

**Tabla 10.** Espesores referenciales para diversos sistemas

Superficie	Prep.	Primera	Capa	Capa	Espesor
	Superf.	Capa	Interm.	Acabado	Total
Tuberías no aisladas hasta 120°C	1-2 (38-51)	2 (50)	5 (125)	2 (50)	9 (225)
Tuberías aisladas hasta 220°C	2-3 (50-75)	4-6 (100-150)	4-6 (100-150)	--	6-9 (150-225)

Nota: unidad presentada es el mill (mm); 1 mill = 25 µm.

**Elemento de control 7.0: Apoyo en el área de producción del taller central del complejo Refinador. 7.7 Incluyen dentro del Sistema de gestión producción de Spool los documentos requeridos por la norma ISO 9001:2015.**

El análisis de resultados refiere a la evaluación interna del desarrollo lógico y la implementación de la norma ISO 9001:2015 de confiabilidad y calidad, a partir de los datos principales, extraídos de archivos, texto, instalación industrial, procesos de producción y otros para el cual se aplican técnicas que implican la realización de inferencias, razonamientos, comparaciones, argumentaciones, deducciones, críticas, estimaciones y explicaciones, entre otras.

**Elemento de control 8.0: Operación en el área de producción del taller central del complejo Refinador.. 8.5 Las instrucciones y procedimientos de trabajo para el sistema de gestión producción de Spool están disponibles en los puntos de trabajo.**

El área de fabricación de Spool, la línea de producción presenta un sistemas de manufactura de tipo III con múltiples estaciones y un sistema fijo de ruta triangulado (recepción-selección-producción), donde este se pueden hacer manual, mecánico o híbridas, donde las operaciones de fabricación se realizan en forma secuencial de estación de trabajo (cortes y biselados) a estación de trabajo (prefabricación, ensamblaje y soldaduras) y el tipo de producto es idéntico o muy similar (Spool y tuberías).

En estas estaciones múltiples y manuales requieren de uno o varios operadores (soldador y fabricante) dedicados en cada estación de trabajo a la fabricación de un Spool con desplazamientos largos promovido por factores que determinan el uso de líneas de ensamble manual.

Una unidad de producción coherente y lógica, debe contener una fundamentación en procesos pre-establecidos ya evaluados y tropicalizados a sus condiciones actuales, por lo que es de precisar, sin vaguedades, siguiendo el esquema estructural lógico de la norma ISO 9001:2015 de confiabilidad y calidad que el área de fabricación de Spool del taller central del complejo Refinador, presenta fases para fortalecer de los más elementales, como manejo de materiales, líneas de producción y distribución de áreas de producción, por los resultados visto con respecto a la planificación y programa de producción.

Es claro y tecnológicamente posible así como económicamente viable la automatización de dichas operaciones mediante la aplicación de la estructura ISO 9001:2015 de confiabilidad y calidad y con la formulación metodologías de trabajos debidamente adaptadas que puedan ser el reflejo eficaz de una eficiente matriz de evaluación para llevar los procesos de corte, limpieza, fabricación y distribución de los Spool con mecanismos que permitan acortar los recorridos y lapsos de tiempo, así como llevar estadísticas para evaluar costos, pérdidas, riesgos que permitan mejorar los niveles actuales de producción, todo esto aplicado a las instalaciones y líneas de producción del área de fabricación de Spool del taller central del complejo Refinador.

La tabla 11, nos permite ver y hacer un balance al analizar cada recorrido realizado por un operador (soldador), cuando para un trabajo que implique un movimiento se tiene una ruta establecida, para la cual estadísticamente se tiene un tiempo estipulado de ejecución (horas), pero que se ve afectado por la realidad actual en la distribución del área, el movimiento materiales y el desplazamiento del operador (soldador) para conseguir los mejores resultados en una jornada o turno de trabajo.

**Tabla 11.** Recorridos del operario (Soldador)

ACTIVIDAD	TIPO DE MOVIMIENTO	ruta DEL MOVIMIENTO	VECES POR SPOOL	HORAS HOMBRES EMPLEADAS	HORAS HOMBRES PLANIFICADAS
Recorrido 1 (R1)	Búsqueda de material consumibles (Eléctrodos, discos de corte y esmerilado)	Almacén - Área de producción (5 m)	Para un Spool de 4 pulg. a 20 pulg.	De 1 a 2 horas por operador (Aprox. 10 veces)	De 10 a 25 minutos ya que se estima dos veces por turno (mañana y tarde)
Recorrido 2 (R2)	Calibración de la máquina de soldar	Parte interna del área de producción (5 m)	Para un Spool de 4 pulg. a 20 pulg.	De 15 a 20 min- por operador (De 4 a 6 veces)	De 5 a 10 minutos ya que se estima dos veces por turno (mañana y tarde)
Recorrido 3 (R3)	Movimiento de tuberías durante el proceso de soldadura	Parte interna del área de producción (5 m)	Para un Spool de 4 pulg. a 20 pulg.	De 1 a 2 horas por operador (Se hace manual o con puente grúa)	De 15 a 30 minutos ya que se estima dos veces por turno (mañana y tarde)
Recorrido 4 (R4)	Movimiento del Spool durante el proceso de fabricación	Parte interna del área de producción (5 m)	Para un Spool de 4 pulg. a 20 pulg.	De 1 a 2 horas por operador (Se hace manual o con puente grúa)	De 15 a 30 minutos ya que se estima dos veces por turno (mañana y tarde)

**Elemento de control 9.0: Evaluación del desempeño en el área de producción del taller central del complejo Refinador.**

**9.1 Definidos correctamente los alcances de los servicios para el sistema de gestión producción de Spool.**

Durante una jornada diaria (8 Horas) en el área de producción de Spool del taller central del complejo Refinador, los operarios hacen largos recorridos, aunque inherentes a la actividad pero evitables o que se pueden minimizar con la aplicación de mejoras luego de un análisis concienzudo de las instalaciones actuales y apoyados en la estructura ISO 9001:2015 de confiabilidad y calidad.

Para el proceso preparatorio para posteriores soldaduras del taller central del complejo Refinador nos encontramos con dos tipos de trabajo bien definidos, uno de ellos es el biselado en línea recta y el segundo, un poco más complejo, es el biselado en tuberías de contornos interiores o exteriores con cualquier forma.

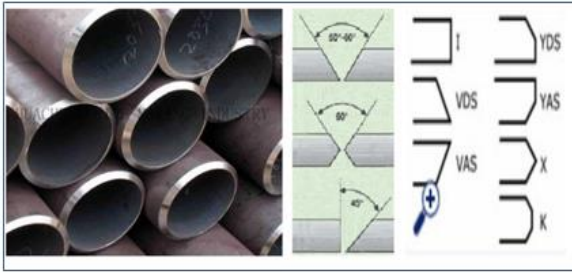


Fig. 3. Formas de biselado.

El proceso de soldadura (Ansi/Asme, 2007), se debe realizar en cuatro (4) etapas o pasos según el procedimiento seleccionado y de acuerdo al código ASME.

La condición de alineamiento es que estén los dos biselés limpios y separados circunferencialmente con la misma distancia, el espacio que se recomienda entre biselés (apertura de raíz) es de 1/16" a 1/8" y la actividad de puntear consiste en fijar conjuntos mediante puntos de soldadura resistentes y situados de forma que impidan la deformación durante el proceso de soldadura.

Los empalmes del cordón de penetración se hacen esmerilando la terminación del cordón con un disco de desbaste de 3/16" o un disco de corte 1/8" tipo 42, durante la aplicación del cordón de raíz se controla altura, ancho, y uniformidad de la penetración de raíz, una vez terminado el pase de raíz en su totalidad se procede a la respectiva limpieza y esmerilado de la cara exterior con el uso de un esmeril usando disco abrasivo de 3/16" o 1/8".

Para la fabricación de un Spool, selección del material a utilizar, según el diámetro y el Schedule (tuberías y accesorios) (Aws 2007), donde luego con el plano Isométrico en mano, se verifican las cotas y dimensiones de los cortes a realizar por parte del fabricante y los ayudantes, los cortes de tubería y los accesorios necesarios según el isométrico para fabricar el Spool, son punteados para rigidizar la pieza, con la ayuda de grapas no sin antes ser biseladas.

Al analizar los tiempos tomados del estudio, se puede observar que un trabajo con todos los procesos y tratamientos dura en promedio desde que es iniciada la fabricación de un Spool, hasta que es culminado el último punto de soldadura unos 195.90 minutos, lo cual se encuentra por debajo de los estándares admitidos por el taller central del Complejo Refinador (para este caso 176.49 min.). Esto indica claramente que el incumplimiento de los tiempos de producción se debe a la duración de las operaciones (Corte, biselado, soldadura) y a otras causas como los recorridos, la distribución de áreas, facilidades, equipos, herramientas utilizados durante la ejecución de la actividad.

Se describió todo el recorrido que realiza el operario (soldador) durante el proceso de soldadura y ensamble

para la fabricación del Spool, de allí la distancia promedio que le toma al operario (soldador) en desplazarse entre el almacén de materiales (materia prima y consumibles), depósito de accesorios (bridas, codos, tee, reducciones, otros), calibración de la máquina, y otros, está dada por los recorridos ejecutados en cada paréntesis por el operario (soldador) para realizar la actividad de 117 metros (R1+R2+R3+R4) de la tabla 11, de recorridos, y para un Spool de 4 a 6 Pulg, en una jornada laboral de ocho (8) horas, donde el operario (soldador) recorre un trayecto a pie de 964 m (482x2 entre ir y venir) aproximadamente en el caso más extremo.

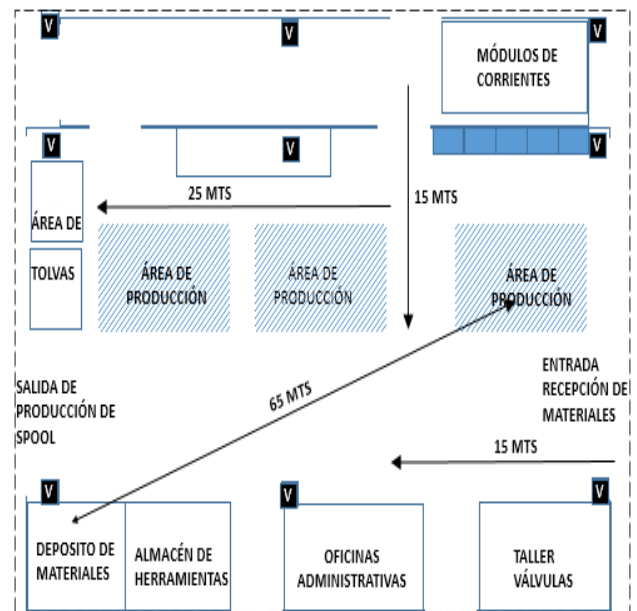


Fig. 4. Recorridos de los Operarios.

Como la soldadura en el proceso de fabricación de Spool, es la parte esencial de esta actividad y dado el tiempo determinado de 195,90 min., por demás, muy alto que se obtuvo para la misma determinado a través del estudio cronometrado del estudio, y que arroja un tiempo estándar y un tiempo normal que le lleva al operario (soldador) realizar la soldadura en cada Spool, con el factor de calificación de la velocidad con una eficiencia de 11% por encima del promedio, seleccionado para una operación 4 minutos, cuyo valor del tiempo normal de producción para esta operación ronda los 195.90 minutos, mientras que el tiempo estándar de producción establecido para esta actividad de 176.49 minutos, arrojando una diferencia de 20.41 minutos.

Con la implantación de la norma ISO 9001:2015 de confiabilidad y calidad, lo que se plantea es bajar esos tiempos en el proceso de fabricación de Spool de 195.90 minutos a por lo menos el tiempo estándar de 176.49 minutos, correspondiente al estudio realizado y en donde el mismo está relacionado con la distribución de las áreas



y los recorridos en planta.

Para esto se utilizan técnicas de diagrama de recorridos, estableciendo el tiempo estándar de producción de Spool con el estudio de tiempo y el análisis de la distribución de las áreas, donde según la norma ISO 9001:2015 de confiabilidad y calidad y su capacidad para mejorar la productividad, se estudian e identifica las áreas que más afectan el proceso.

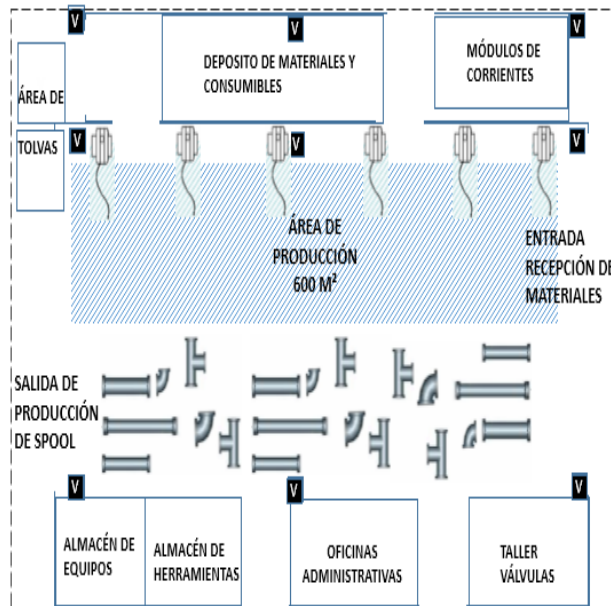


Fig. 5. Nueva distribución y recorridos de los Operarios.

#### Elemento de control 10.0: Mejoras en el área de producción del taller central del complejo Refinador.

**10.5 Definidas las acciones correctivas para eliminar la causa raíz de las no conformidades detectadas en el sistema de gestión producción de Spool.**

Esta distribución mejora a la actual si tomamos como patrón de referencia el área de producción y la comparamos desde el punto de vista de las distancias existentes (recorridos) entre el resto de las áreas (depósito, almacén, productos terminados) y el área de producción.

Esta distribución permite concentrar los esfuerzos en un radio de acción para el operario (soldador y fabricante) que va de 5 a 20 m en el caso máximo, en todo momento bajo techo, sobre losa piso de concreto, sin tener que pasar por otras áreas y sobre equipos, cables, materiales, desperdicios y otros, lo que permite bajar los riesgos de eventos no deseados (protección al personal), con pérdida de tiempo y materiales, a una condición mínima muy favorable para la organización.

Esta nueva redistribución de áreas y equipos permite la generación de nuevos recorridos más cortos y más

espacio para los operarios (soldadores y fabricantes), más eficiencia en el uso del espacio y mayor rendimiento del trabajo, al bajar los recorridos lo que permite ganar tiempo por el orden de los 116 min., que ahora se suma al aumento de la productividad.

Tabla 12. Comparación de recorridos.

ACTIVIDAD	TIPO DE MOVIMIENTO	RUTA DEL MOVIMIENTO	VECES POR SPOOL	HORAS HOMBRES EMPLEADAS
Recorrido 1 (R1)	Búsqueda de material consumibles (Electrodos, discos de corte y esmerilado)	Almacén - Área de producción (5 m)	Para un Spool de 4 pulg. a 6 pulg.	De 4 a 6 min-por operador (De 2 a 4 veces)
Recorrido 2 (R2)	Calibración de la máquina de soldar	Parte interna del área de producción (5 m)	Para un Spool de 4 pulg. a 6 pulg.	De 3 a 5 min-por operador (De 4 a 6 veces)
Recorrido 3 (R3)	Búsqueda de accesorios (bridas, codos, tee, reducciones)	Parte interna del área de producción (5 m)	Para un Spool de 4 pulg. a 6 pulg.	De 4 a 6 min-por operador (De 2 a 4 veces)
Recorrido 4 (R4)	Hidratación, necesidades básicas	Del área de producción al sitio (5 m)	Para un Spool de 4 pulg. a 6 pulg.	De 4 a 8 min-por operador (De 4 a 6 veces)
Total		20 m C/U		15 - 25

Al momento de comenzar a fabricar un Spool de tuberías, el operario (soldador) y el ayudante o fabricante, se dirigen al área destinada para el almacén de materiales, accesorios y consumibles existente ubicado en el extremo sureste del taller central del Complejo Refinador de la planta, en la búsqueda de electrodos, varillas, discos de cortes y esmerilados, insumos necesarios para realizar los trabajos de soldaduras, realizando para cada caso de un recorrido que va desde el área de producción de Spool al almacén de materiales y consumibles establecidos actualmente con un trayecto de 65 m de distancia para un desplazamiento normal que debe ser realizado por el operario, quien lo realiza caminando entre áreas del sector y en el peor de los casos alcanza a realizar hasta 260 m (en un recorrido de ida y vuelta).

Tabla 12A. Comparación de recorridos - tiempo.

ACTIVIDAD	NUEVA DISTANCIA TOTAL(M) (MIN - MAX)	ANTERIOR DISTANCIA TOTAL(M) (MIN - MAX)	DIFERENCIA (M)	PORCENTAJE AHORRO (%)
Recorrido 1 (R1)	10 - 20	130 - 260	110 - 240	> 85
Recorrido 2 (R2)	20 - 30	48 - 72	28 - 42	> 50
Recorrido 3 (R3)	10 - 20	30 - 60	20 - 40	> 60
Recorrido 4 (R4)	20 - 30	60 - 90	40 - 60	> 60
Total	60 - 100	268 - 482	208 - 382	> 75

Con esta redistribución de áreas, el análisis de las actividades asociadas a la fabricación de Spool (soldaduras), con un área de producción de Spool de 600 m<sup>2</sup>, y donde los recorridos ejecutados en cada paréntesis por el operario (soldador) para realizar la actividad de 20 metros (R1+R2+R3+R4) de la tabla 12 y 12A, de comparación de recorridos, y para un Spool de 4 a 6 Pulg, en una jornada laboral de ocho (8) horas el operario (soldador), debería recorrer un trayecto a pie no mayor de 200 m (100 x 2 entre ir y venir) aproximadamente en el caso más extremo, lo cual es mucho menor al resultado del análisis realizado en el cuadro anterior de 964 m (482x2 entre ir y venir).

De allí que el porcentaje de ahorro de los recorridos debería estar por encima del 66%, el cual sería vinculante en el tiempo promedio de fabricación de los Spool, de manera tal, que tomando los valores anteriores para el cálculo del tiempo de fabricación de Spool por parte de los operarios (soldadores), deberíamos obtener el nuevo tiempo de producción tomando en cuenta los recorridos, maniobras, condiciones ergonómicas y otros que se incorporan con la redistribución.

El número de ciclos cronometrados fue de cuatro (4), se tomó en cuenta la repetitividad de la actividad en una jornada de 8 horas, en 22 días hábiles al mes con un

tiempo de estudio dos (2) meses para la fase de manejo de materiales (materia prima) y de cuatro (4) meses para la fase de los recorridos durante el proceso de soldaduras y productos terminados, tomado el tiempo por cada ciclo de media hora (30 min.), con cuatro muestras de tiempo, que permitieron determinar el intervalo de confianza de la muestra.

De allí, que con el tiempo promedio seleccionado para una operación fue de 4 minutos y aplicando el porcentaje a los valores de los factores obtenidos, se tiene lo siguiente:

El tiempo normal para esta operación sería  $5 * 1,1 * 0,34 = 1,87$  minutos.

El valor obtenido de 1,87, indica el nuevo tiempo requerido por el operario (soldador) para realizar sus operaciones cuando trabaja a una velocidad estándar, en nuevos recorridos y sin ninguna demora.

Para determinar el tiempo estándar de producción, se toman los valores obtenidos anteriormente por el porcentaje arrojado.

Tiempo Estándar de producción = Tiempo normal x (1+% tolerancia/100)

Te1 = 6.7 min.

Te2 = (5.4)(1.11)\*(1+111/100) = 12.65 min.

Te3 = (7.8)\*(1.11)\*(1+ 111/100) = 18.25 min.

Te4 = (9.6)\* (1.11)\*(1+ 111/100) = 22.46 min.

Tiempo Estándar de producción = Te1 + Te2 + Te3 + Te4

Tiempo Estándar de producción = 60.01 min.

Debería ser el nuevo tiempo estándar que le lleva al operario (soldador) realizar la soldadura en cada Spool con los nuevos recorridos e instalaciones muy por debajo del cronometrado anteriormente de 176.49 min.

## 5 Conclusiones

Una vez realizado el diagnóstico de la situación actual del proceso productivo del taller central del complejo Refinador, mediante la selección del área de producción de Spool, a la cual se le hizo diversos análisis y estudios a través de la norma ISO 9001:2015 de confiabilidad y calidad y las técnicas e instrumentos de recolección y análisis de información, que permitieron determinar los cuellos de botellas y las áreas críticas en éste proceso, se suscriben las siguientes conclusiones y consideraciones para la mejora de la misma.

Durante el diagnóstico y evaluación realizada (Balestrini 2005), se determinaron mediante observación directa al proceso y la recolección de datos, las posibles fallas en los equipos, maquinaria y los principales problemas que afectan a la producción, el rendimiento y la eficiencia.

Este escenario planteó el estudio de mejoras en el área de producción de Spool con el ajuste de los recorridos de los operarios y el método de calibración de los equipos con la finalidad de optimizar todas las actividades que conforman el proceso de fabricación de

Spool, el cual fue alcanzado satisfactoriamente y quedó demostrado en los cálculos realizados.

Con el estudio y valoración del tiempo se determinaron los valores estándar y normal de tiempo de fabricación de un Spool, esto permite evidenciar diferentes problemas como: el retrabado, aumento de los tiempos de producción, disminución de velocidades y fallas en algunos equipos, tiempo de ocio, entre otras que afectan el rendimiento de los trabajadores y por ende de la productividad.

Luego del análisis en el área de producción de Spool, se detectaron cuatro áreas críticas las cuales al aplicar e implementar ISO 9001:2015 de confiabilidad y calidad para mejoras, como son: Movimiento de materiales, recorridos de los operarios, calibración de equipos y métodos de hidratación del personal.

Con la implementación de ISO 9001:2015 de confiabilidad y calidad a la distribución y recorridos entre el almacén, depósito y área de hidratación al área de producción de Spool, se reducen los tiempos de ejecución de los trabajos y por consiguiente los costos.

De igual manera, al analizar las causas de los problemas en el área de producción de Spool, se encontró entre las más frecuentes los altos tiempos utilizados durante la fabricación de Spool, los altos recorridos en la búsqueda de materiales, accesorios y consumibles, así como el tiempo perdido en la calibración de equipos, determinándose que el taller central del complejo Refinador, los métodos de señalización, vías de intercomunicación entre áreas deben mejorarse, esto se debe a la distribución actual de la planta que es más indicada y mejor planteada.

Con la implementación de ISO 9001:2015 planteadas, se logra generar rendimientos positivos con beneficios ya calculados mensualmente, que permiten hacer un balance y justificar la inversión planteada y el tiempo de recuperación de la misma.

## 6 Recomendaciones

Después de observar el impacto económico favorable que las técnicas aplicadas por ISO 9001:2015 de confiabilidad y calidad para la reducción de los tiempos y recorridos en el área de fabricación de Spool genera el taller central del complejo Refinador se propone lo siguiente.

Instaurar reuniones mensuales con los trabajadores, personal supervisorio y gerencial relacionados con el área de producción Spool, para exponer cualquier incumplimiento o fallas en las normativas o procedimientos establecidas y desprender acciones que solventen estas fallas presentadas.

Implementar permanentemente las propuestas planteadas por ISO 9001:2015 de confiabilidad y calidad para reducir los tiempos y disminuir los costos, mejorando incluso el área de trabajo logrando una mejor

distribución de planta.

Implementar métodos que permitan al proceso productivo, obtener estadísticas de los puntos críticos en el área de fabricación de Spool, reduciendo los tiempos y paradas no programadas por eventos no deseados que ocurren en este nivel para apalancar ISO 9001:2015 de confiabilidad y calidad.

Implementar en toda la planta y en especial en el área de producción de Spool, de forma visible las instrucciones de forma de trabajo seguro que deben regir en el área y de obligatoriedad de cumplimiento por los operarios, supervisores y todo personal que acceda al área.

Realizar programas de entrenamiento, para capacitar al personal en áreas de conocimientos basado en ISO 9001:2015 de confiabilidad y calidad y planes o actividades de motivación personal con el fin de hacer uso eficiente del mismo en el área de fabricación de Spool.

Dictar charlas y conferencias para involucrar al personal en conocer cuál es la misión y la visión del taller central del Complejo Refinador amparado en ISO 9001:2015 de confiabilidad y calidad así como los planes de seguridad industrial, ambiente e higiene ocupacional, actitudes gerenciales, otros.

## Referencias

- Ansi/Asme, 2007, B31.3-2006, process piping, New York-USA.
- Arias F, 2012, El Proyecto de Investigación Introducción a la metodología científica. 012 Editorial Episteme, C.A, 6ª edición ampliada y corregida, Caracas - República Bolivariana de Venezuela.
- Asme, 2004, Boiler and Pressure Vessel Code II-2003, Materials Part C Specifications For Welding Rods, Electrodes And Filler Metals, New York-USA.
- Astm International, 2001, D 1186-01, Standard Test Methods for Nondestructive Measurement of Dry Film Thickness of Nonmagnetic Coatings Applied to a Ferrous Base, Pensilvania-USA.
- Astm International, 2002, A 53/A53M-02, Standard Specification for Pipe, Steel, Black and Hot-Dipped, Zinc-Coated, Welded and Seamless, Pensilvania-USA.
- Aws 2007, B2.1-1-207-96 (R2007) Standard Welding Procedure Specification (SWPS) for Gas Tungsten Arc Welding of Carbon Steel (M-1/P-1/S-1, Group 1 or 2), 1/8 through 1 1/2 inch Thick, ER70S-2, As-Welded or PWHT Condition, Primarily Pipe Applications, Florida-USA.
- Balestrini M, 2005, Proceso de Investigación, Segunda Edición. Caracas Venezuela.
- Barrios M, 2.000, Manual de Trabajos de Grado, de Maestrías y Tesis Doctorales. Universidad Nacional Experimental Libertador. Vicerrectorado de Investigación y Postgrado

Burgos F, 1.999, Ingeniería de Métodos, Calidad y Productividad. 2da edición. Venezuela. Universidad de Carabobo.

Comisión Venezolana de Normas Industriales Convenio norma 3049, 1993, Mantenimiento definiciones. Publicación de Fondonorma. Reunión N° 124.

Cardozo M, Fuentes D, 2011, propuesta de mejoras al proceso de la línea de corrugado. Caso: Cartonera del Caribe. C.A. Trabajo de grado de Ingeniería Industrial. Evaluación de la Gestión de Mantenimiento. Caracas República Bolivariana de Venezuela. Publicación de Fondonorma. Reunión N° 124.

Hodson W, 1.998, Manual del Ingeniero Industrial. 4ta edición. Editorial McGraw-Hill.

Iso 9001, 2015, Gestión para la calidad.

Manual de Ingeniería de Diseño de Pdvsa, sección de mecánica (procesos de soldaduras).

Sjoberg G, Nett R, 1980, Metodología de la Investigación Social. México D.F. Trillas. 1980.


Spsc, 1991, Paint Application Specification N°. 1 Shop, Field and Maintenance Painting, Pensilvania –USA.

Spsc 1996, Paint Application Specification N°. 2 Measurement of Dry Coating Thickness With Magnetic Gages, Pensilvania-USA.

*Recibido: 15 de diciembre de 2021*

*Aceptado: 20 de marzo de 2022*

**Mota-Sarramero, Juan:** *Ingeniero Electricista, Magíster Scientiarum en Gerencia de Mantenimiento: Líneas de investigación: creación intelectual de proyectos sustentados en el enfoque económico - productivos, mantenimiento - auditoría, ambiental-territorial. Correo electrónico: [motajc06@gmail.com](mailto:motajc06@gmail.com).*

 <https://orcid.org/0000-0002-1495-656X>