



UNIVERSIDAD
PRIVADA
DEL NORTE

ESCUELA DE POSTGRADO Y ESTUDIOS CONTINUOS

MEJORA EN LOS PROCESOS DE
FABRICACIÓN DE TANQUES DE
ALMACENAMIENTO VERTICALES BAJO LA
NORMA API 650 PARA INCREMENTAR LA
RENTABILIDAD, EN LIMA 2019.

Tesis para optar el grado de **MAESTRO** en:

ADMINISTRACIÓN DE EMPRESAS

Autor:

Bach. Cusinga Arenas, Oscar

Asesor:

Mg. Saavedra Lopez, Carlos Pedro

Lima – Perú

2020

Resumen

Hoy en día el desarrollo y ejecución de los proyectos muestran que uno de mayores problemas que se presentan en sus actividades es debido a las demoras en los tiempos de ejecución del montaje, debido principalmente a los diferentes problemas, por ejemplo; uno de ellos debido a la contratación de buenos cuadros de personal, altos costos de servicios, costos por penalidades y horas extras en exceso con el único fin de acabar a tiempo el proyecto, el cual algunas veces no se consigue. El presente trabajo tiene como objetivo mejorar la rentabilidad en los proyectos de fabricación y montaje de tanques verticales a través de la mejora de sus procesos estos proyectos tienen dos partes en su ejecución, obra civil y obra mecánica, el presente trabajo basado íntegramente en la parte mecánica concentra sus esfuerzos en la mejora de los procesos dependiente de materiales y mano de obra especializada como por ejemplo soldadura, pintura, tratamiento superficial, etc.

Para el desarrollo del presente trabajo se utilizaron los procesos modelo de un proyecto ejecutado por la empresa TK SA (empresa especializada en proyectos de tanques), se utilizó una encuesta con tres directores especialistas en la fabricación de tanques, también se consideró dentro de la mejora de procesos la metodología según la guía de proyectos PMBOK, para el análisis se consideró también información obtenida por el ministerio de energía y minas donde se puede ver la tendencia en el sector de hidrocarburos.

En los resultados se puede establecer qué reduciendo los tiempos de ejecución en los procesos de fabricación y montaje, así como de los relativos a la compra de materiales adecuados, contratación de determinado personal idóneo para la realización de estas actividades, se puede lograr una mejora sustancial en costos del 25%, en calidad tendremos una considerable reducción de riesgos por defectos en el proceso de soldadura y acerca de la seguridad la mejora se enfoca en algunos procesos en los cuales se obtiene hasta un 50% de reducción de riesgos en la ejecución de estos proyectos y todo esto nos lleva como consecuencia, aumentar la rentabilidad de la empresa por el mejor uso de sus activos.

Palabras claves: contrato, riesgos, tiempo de ejecución, costos de procesos, rentabilidad.

Abstract

Nowadays the development and execution of the projects show that one of the biggest problems that arise in their activities is due to the delays in the assembly execution times, mainly due to the different problems, for example; one of them due to the hiring of good staff, high service costs, costs for penalties and many hours in excess with the only purpose of finishing the project on time, which sometimes is not achieved. This Thesis aims to improve profitability in the projects of manufacturing and assembly of vertical tanks through the improvement of their processes. These projects have two parts in their execution, civil activities and metallics work, the present document is based entirely on the part mechanics which concentrates its efforts on improving processes dependent on materials and specialized labor such as welding, painting, surface treatment, etc.

For the development of this document, the model processes of a project executed by the company TK SA (company specialized in storage tanks projects) were used, a survey with three directors specialized in the manufacture of tanks was used, it was also considered within the improvement of processes the methodology according to the PMBOK project guide, for the analysis it was also considered information obtained by the Ministry of energy and minery where you can see the trend in the hydrocarbon sector.

In the results, it can be established that by reducing the execution times in the manufacturing and assembly processes, as well as those related to the purchase of adequate materials, the hiring of certain suitable personnel to carry out these activities, a substantial improvement can be achieved. In costs of 25%, in quality we will have a considerable reduction in risks due to defects in the welding process and regarding safety, the improvement focuses on some processes in which up to 50% risk reduction is obtained in the execution of these projects and all this leads us, as a consequence, to increase the profitability of the company through the best use of its assets.

Keywords: contract, risks, execution time, process costs, profitability.

Dedicatoria

*Para una mujer maravillosa y
encantadora que siempre me ha apoyado.*

*No bastará la vida para agradecerle
siempre por su apoyo incondicional.*

Agradecimientos

*Un agradecimiento muy especial a
mis hijos Kathy y Gino por comprender el
valioso tiempo que les dejé de dar por la
dedicación a la presente tesis.*

I. TABLA DE CONTENIDOS

I Introducción	12
I.1. Realidad problemática	13
I.2. Pregunta de investigación	20
I.2.1 Pregunta general	20
I.2.2 Preguntas específicas	20
I.3 Objetivos	20
I.3.1 Objetivo general	20
I.3.2 Objetivos específicos	20
I.4 Justificación de la investigación	21
I.5 Alcance de la investigación	22
II Marco Teórico	23
II.1 Antecedentes	23
II.2 Bases Teóricas	27
II.2.1 Mejora de procesos	27
II.2.1.1 Métodos de mejoras de procesos.	27
II.2.1.1.1 Mejora continua, kaizen.	28
II.2.1.2 Mejoras de procesos en proyectos Lean Construction.	29
II.2.2 Tanques de almacenamientos verticales para líquidos	30
II.2.2.1 Definición de tanques de almacenamiento verticales.	30
II.2.2.2 Tipos de tanques de almacenamiento verticales. (Ministerio de energía y minas, 93)	31
II.2.2.2.1 <i>Tanque atmosférico.</i>	32
II.2.2.2.2 <i>Tanque atmosférico de techo fijo.</i>	32
II.2.2.2.3 <i>Tanque atmosférico de techo flotante.</i>	32
II.2.2.2.4 <i>Tanque a presión.</i>	34
II.2.2.2.5 <i>Tanque de baja presión.</i>	35
II.2.2.2.6 <i>Tanques refrigerados.</i>	35
II.2.2.3 Norma api 650 para la fabricación de tanques de almacenamiento vertical.	36

II.2.3 Proceso de fabricación de tanques de almacenamiento	36
II.2.3.1 Proceso de compras.	36
<i>II.2.3.1.1 Requerimiento del producto.</i>	37
<i>II.2.3.1.2 Selección de alternativas de compra.</i>	37
<i>II.2.3.1.3 Proceso de compra.</i>	37
<i>II.2.3.1.4 Requerimientos y especificaciones de compra.</i>	37
<i>II.2.3.1.5 Presupuesto de compras.</i>	37
<i>II.2.3.1.6 Tener siempre alternativas de diferentes proveedores.</i>	37
II.2.3.2 Cotizar adecuadamente.	38
II.2.3.3 Contrato de compra.	38
II.2.4 Habilitado	38
II.2.5 Fabricación de accesorios	39
II.2.5.1 Barandas.	39
II.2.5.2 Manhole de un tanque.	41
II.2.5.3 Boquillas de un tanque.	42
II.2.6 Rolado	43
II.2.7 Soldadura (ESAB)	44
II.2.7.1 Sistema Smaw.	45
II.2.7.2 Soldadura Mig.	46
II.2.8 Limpieza superficial de tanques (CYM materiales S.A., 2015)	46
II.2.9 Procedimiento de preparación y aplicación de pintura (Pedro Juan Dávila Zúñiga, 2018)	48
II.2.9.1 Mezclado, homogenización y diluido.	48
II.2.9.2 Métodos de aplicación.	50
<i>II.2.9.2.1 Métodos de aplicación.</i>	51
II.2.9.3 Reparación de pintura (Touch up).	51
II.2.9.3 Prueba de adherencia de la pintura.	52
II.2.10 Pruebas del tanque	53
II.2.10.1 Pruebas hidrostáticas.	53
II.2.10.2 Pruebas neumáticas.	54

II.2.10.3 Pruebas de vacío de la soldadura de tanques.	55
II.2.10.4 Pruebas de aceite en caliente.	56
II.2.10.5 Pruebas con líquidos penetrantes.	56
II.2.10.7 Revisión final y entrega.	61
II.3 Definición de Términos Técnicos	61
III. Hipótesis	64
III.1 HIPOTESIS GENERAL	64
III.2 Hipótesis específicas	64
III.3 Operacionalización de Variables	65
III.4 Propuesta de solución	66
III.4.1 Mejora de los procesos de fabricación de tanques	66
III.4.1.1 Descripción de los procesos de mejora en tanques.	67
III.4.2 Descripción de los procesos que requieren mejora en la fabricación y montaje de tanques considerando tecnología y automatización	71
III.4.2.1 Procesos de compra.	71
III.4.2.2 Proceso de habilitado de planchas.	73
III.4.2.3 Pintura de tanque.	77
III.3.2.4 Proceso de izaje de anillos en el tanque.	78
III.4.3 Análisis de la seguridad de los trabajadores en el proyecto	79
III.4.4 Análisis de calidad de los procesos de fabricación y montaje	83
III.4.4.1 Habilidad de tanques.	83
III.4.5 Análisis de costos en los procesos de fabricación y montaje de los tanques	91
III.4.5.1 Costos de fabricación y montaje de tanques sin la mejora.	95
IV Descripción de Métodos de Análisis	107
IV. 1 Tipo de Investigación	107
IV. 2 Diseño de Investigación	107
IV. 3 Población y Muestra	108
IV.3.1 Descripción del caso de estudio	108
IV. 4 Técnicas e instrumentos	109
V RESULTADOS	111
V.1 Costos de Proyecto de Tanques considerando las Mejoras	111
V.1.1 Análisis de costos considerando la mejora de los procesos	114

V.1.1.1 Costos de la materia prima.	114
V.1.1.2 Costos de servicios.	116
V.1.1.3 Costos indirectos.	117
V.1.1.4 Costos de transportes.	118
V.1.1.5 Costo de mano de obra del proyecto.	118
V.1.1.6 Costos de alimentación.	119
V.1.1.7 Resumen de costos de proyecto considerando la mejora.	121
V.1.2 Presupuesto de ventas	121
V.1.3 Presupuesto de inversión	123
V.1.4 Análisis económico de la rentabilidad del proyecto	124
VI DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	126
VI.1 DISCUSIONES	126
VI.2 CONCLUSIONES	127
VII REFERENCIAS	131
VIII APÉNDICES	136

INDICE DE TABLAS

TABLA N.º 1 LIMPIEZA SUPERFICIAL SEGUN LA NORMA SSPC.....	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
TABLA N.º 2 VARIABLES, TIPOS, CATEGORÍAS, DEFINICIÓN OPERACIONAL, CONCEPTUAL.....	65
TABLA N.º 3 OPERACIONALIZACION DE LAS VARIABLES.....	66
TABLA N.º 4 TABLA DE VALORACIÓN DE RIESGOS.....	81
TABLA N.º 5 ANÁLISIS DE RIESGOS POR EXPOSICIÓN AL PELIGRO EN LOS PROCESOS (AMBOS CASOS).....	82
TABLA N.º 6 ANÁLISIS DE RIESGOS POR LA EXPOSICIÓN AL PELIGRO EN LOS PROCESOS(AMBOS CASOS).....	82
TABLA N.º 7 TABLA DE SEVERIDAD DE PROCESOS CRÍTICOS CON LA MEJORA.....	83
TABLA N.º 8 TABLA DE LONGITUDES DE SOLDADURA EN LOS PROCESOS SIN LA MEJORA Y CON LA MEJORA.....	90
TABLA N.º 9 TABLA DE LONGITUDES DE SOLDADURA EN LOS PROCESOS SIN LA MEJORA Y CON LA MEJORA.....	90
TABLA N.º 10 TABLA DE CANTIDAD DE CRUCES DE SOLDADURA COMPARATIVA EN LOS PROCESOS CON Y SIN LA MEJORA.....	91
TABLA N.º 11 CRONOGRAMA DE PROYECTO DE CONSTRUCCION DE TANQUE SIN CONSIDERAR LA MEJORA.....	95
TABLA N.º 12 COSTO TOTAL DE MATERIALES.....	97
TABLA N.º 13 COSTOS TOTALES DE PINTURA.....	97
TABLA N.º 14 COSTOS DE LOS SERVICIOS.....	98
TABLA N.º 15 TABLA DE SERVICIOS DE TRANSPORTE EN TODO EL PROYECTO.....	99
TABLA N.º 16 TABLA DE COSTOS ADMINISTRATIVOS.....	100
TABLA N.º 17 COSTOS DE SERVICIOS BASICOS.....	100
TABLA N.º 18 COSTO DE TRANSPORTE SIN LA MEJORA.....	101
TABLA N.º 19 COSTO DE LA MANO DE OBRA.....	102
TABLA N.º 20 COSTO DE ALIMENTACIÓN EN OBRA.....	103

TABLA N.° 21 RESUMEN GENERAL DE COSTOS	104
TABLA N.° 22 RESUMEN DE INGRESOS DE PROYECTO SIN MEJORA EN EL PERIODO DE UN AÑO	105
TABLA N.° 23 PRESUPUESTO DE COSTOS SIN LA MEJORA	105
TABLA N.° 24 FLUJO DE CAJA SIN LA MEJORA	106
TABLA N.° 25 CRONOGRAMA DE TANQUES CONSIDERANDO LAS MEJORAS	111
TABLA N.° 26 COSTOS DE MATERIALES PROYECTO CON LA MEJORA.....	115
TABLA N.° 27 COSTOS DE PINTURA	115
TABLA N.° 28 COSTOS DE SERVICIOS DE PRUEBAS	116
TABLA N.° 29 COSTOS DE LOS SERVICIOS.....	117
TABLA N.° 30 COSTOS ADMINISTRATIVOS	117
TABLA N.° 31 COSTOS DE LOS SERVICIOS BÁSICOS DE LOCAL Y OFICINAS	118
TABLA N.° 32 COSTO DE TRANSPORTE CON LA MEJORA	118
TABLA N.° 33 COSTOS DE MANO DE OBRA DE PROYECTO DE TANQUES CON MEJORA	119
TABLA N.° 34 COSTO DE ALIMENTACION EN OBRA PROYECTO CON LA MEJORA.....	120
TABLA N.° 35 RESUMEN DE COSTOS DE PROYECTO CON LA MEJORA.....	121
TABLA N.° 36 PRESUPUESTO DE VENTAS DE TANQUE	121
TABLA N.° 37 PRESUPUESTOS DE INGRESOS Y COSTOS EN FLUJO DE CAJA DE UN PERIODO CONSIDERANDO LA VENTA DE SEIS TANQUES ANUALES EN ESE VOLUMEN	122
TABLA N.° 38 PRESUPUESTO DE INVERSIÓN CON LA MEJORA.....	123
TABLA N.° 39 RESUMEN DE COSTOS EN AMBOS CASOS.....	123
TABLA N.° 40 FLUJO DE CAJA CON LA MEJORA.....	124
TABLA N.° 41 FLUJO DE CAJA CONSIDERANDO EL RESULTANTE DE AMBOS CASOS PROYECTO CON MEJORA Y SIN MEJORA	124
TABLA N.° 42 TABLA DE AMORTIZACIÓN E INTERESES EN UN PERIODO DE 3 AÑOS	125

Índice de figuras

FIGURA N.º 1 INVERSIÓN PRIVADA EN EL PERÚ SEGÚN SIN, 1ER TRIMESTRE DEL 2019.....	15
FIGURA N.O 2 PROYECCIÓN DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE NACIONAL POR TIPO.	16
FIGURA N.O 3 MERCADO NACIONAL DE COMBUSTIBLES (INCLUYE GLP, GASOLINAS, DIESEL Y PETRÓLEOS).....	16
FIGURA N.O 4 COSTOS DE UN PROYECTO EN UNA ESTRUCTURA.....	18
FIGURA N.O 5 MÉTODO SISTEMÁTICO DE MEJORA DE PROCESOS.	28
FIGURA N.O 6 MÉTODOS DE LA APLICACIÓN DE MEJORA CONTINUA.	29
FIGURA N.O 7 DISTRIBUCIÓN DE FALLOS SEGÚN LAS ETAPAS DEL PROCESO CONSTRUCTIVO SEGÚN EL	29
FIGURA N.O 8 DISTRIBUCIÓN DE LOS FALLOS DEBIDOS AL PROYECTO SEGÚN EL BUREAU SECURITAS	30
FIGURA N.O 9 TANQUE DE TECHO FLOTANTE.	33
FIGURA N.O 10 SELLO DE UN TANQUE CON TECHO FLOTANTE.	33
FIGURA N.O 11 BISELADO DE LAS PLANCHAS DE METAL.....	38
FIGURA N.O 12 BISELADO DE LAS JUNTAS DE TUBOS.....	39
FIGURA N.O 13 BARANDA HELICOIDAL DE UN TANQUE Y BARANDA SUPERIOR.	41
FIGURA N.O 14 MANHOLE DE UN TANQUE O ENTRADA DE HOMBRE.	42
FIGURA N.O 15 BOQUILLAS DE UN TANQUE.....	43
FIGURA N.O 16 . PROCESOS DE ROLADOS.....	43
FIGURA N.O 17 ROLADORA VERTICAL DE PLANCHAS.	44
FIGURA N.O 18 SOLDADURA CON VARILLAS COMO MATERIAL DE APORTE PROCESO SMAW.	45
FIGURA N.O 19 LIMPIEZA SUPERFICIAL SEGUN LA NORMA SSPC.....	47
FIGURA N.O 20 PRUEBA NEUMÁTICA DE BOQUILLAS.	55

FIGURA N.O 21 PRUEBA DE VACÍO DE LA BASE DEL TANQUE.	56
FIGURA N.O 22 IMPRIMACIÓN DE PLANCHAS CON ZINC INORGÁNICO – JET ZINC 1860.....	60
FIGURA N.O 23 PROCESO DE PINTADO DEL TANQUE.	60
FIGURA N.O 24 MONTAJE DE TECHO DE UN TANQUE DE ALMACENAMIENTO VERTICAL.	68
FIGURA N.O 25 TANQUES VERTICALES CON LOS ANILLOS SOLDADOS.	69
FIGURA N.O 26 BARANDAS DE SEGURIDAD DE TANQUES DE ALMACENAMIENTO.....	69
FIGURA N.O 27 MANHOLES DE MANTENIMIENTO.	70
FIGURA N.O 28 PARTES DE UN TANQUE DE ALMACENAMIENTO VERTICAL.	71
FIGURA N.O 29 PLANCHAS DE ACERO.....	72
FIGURA N.O 30 ACERO EN BOBINAS.....	72
FIGURA N.O 31 MÁQUINA BISELADORA AUTOMÁTICA.	73
FIGURA N.O 32 RANGOS DE VELOCIDAD DE CARROS DE SOLDADURA CON RIEL FLEXIBLE.....	74
FIGURA N.O 33 MÁQUINA DE SOLDADURA AUTOMÁTICA.....	75
FIGURA N.O 34 PROCESO DE ARENADO MANUAL.....	76
FIGURA N.O 35 EQUIPO CON SISTEMA AUTOMÁTICO DE ARENADO PARA EL INTERIOR DEL TANQUE.....	77
FIGURA N.O 36 EQUIPO DE PINTURA AIRLESS.	78
FIGURA N.O 37 . IZAJE DE ANILLOS DE UN TANQUE.	79
FIGURA N.O 38 TIPOS DE JUNTAS DE SOLDADURA.....	84
FIGURA N.O 39 DEFECTOS Y FALLAS POR SOLDADURA.....	84
FIGURA N.O 40 MAPA DE SOLDADURA DEL CASCO DE UN TANQUE (CASO DE PROYECTO SIN MEJORA)	87
FIGURA N.O 41 MAPA DE LA SOLDADURA DE LA BASE Y TECHO DE UN TANQUE SIN LA MEJORA	87
FIGURA N.O 42 MAPA DE SOLDADURA DE UN TECHO CÓNICO DE UN TANQUE.	88
FIGURA N.O 43 MAPA DE SOLDADURA DE FONDO Y TECHO DE TANQUE (CON LA MEJORA).....	89
FIGURA N.O 44 MAPA DE SOLDADURA DEL CASCO DEL TANQUE (CON LA MEJORA)	89
FIGURA N.O 45 ESTIMACIÓN DE COSTOS SEGÚN EL PMBOK.	91
FIGURA N.O 46 ORGANIGRAMA DE LA EMPRESA TKSA.....	109

I INTRODUCCIÓN

Este trabajo tiene como objetivo principal determinar las razones y causas de los diferentes problemas generados en algunos de los procesos o actividades a desarrollar en la fabricación de tanques de almacenamiento bajo la norma API -650, así como determinar las mejoras en algunos procesos críticos a fin de mejorar los diferentes indicadores de eficiencia y rendimientos en la ejecución de estos proyectos. Entre los principales indicadores de producción tenemos los de tiempos, los de costos, los de seguridad, los de calidad y, sobre todo, los de la mejora de la rentabilidad en el ejercicio del desarrollo de un proyecto de este tipo.

La investigación está basada en un diseño preexperimental con base de datos sobre información técnica de los procesos a mejorar. Se ha recopilado también información de los diferentes procesos operativos actuales de la fabricación de tanques en una empresa especialista en diseño fabricación y montaje de tanques industriales; dicha empresa cuenta con más de 25 años de experiencia en este rubro. De otro lado, se utilizó la técnica de proyectos en base a la guía general de proyectos PMBOK para la consideración del desarrollo de proyectos y se relacionaron los procesos en función al tamaño de tanque, de la ubicación de la obra y de las dificultades que esta podría presentar en su fabricación y montaje. Asimismo, se estableció luego la relación entre las diferentes variables de estudio en base a indicadores de medición de un proyecto de fabricación y montaje de tanques de combustible para el abastecimiento de la flota minera, que es un proyecto íntegramente realizado por una gran compañía minera, que está ubicada en Toquepala, provincia de Jorge Basadre, específicamente en el distrito de Ilabaya en Tacna. Los resultados obtenidos fueron presentados para el análisis del presente informe, así como también se han considerado los factores de riesgos en los casos del proyecto sin la mejora y el proyecto

donde se incluye la mejora de procesos, los cuales pueden estar en algún caso, optimistas y pesimistas que pueden causar sobrecostos en la ejecución del proyecto.

En el primer capítulo, veremos la realidad problemática de los tanques de almacenamiento en el Perú, para combustibles que deben mayormente su uso al crecimiento energético en el Perú. También se muestran algunos puntos de la problemática en la fabricación y montaje de tanques y, con ello, se formulan las preguntas de la investigación que establecen los objetivos del presente trabajo, la rentabilidad de los proyectos a desarrollar, los costos del proyecto, acerca de la seguridad del personal en el proyecto, pero también sobre la calidad y el tiempo de ejecución.

En el segundo capítulo, se explican los antecedentes para el desarrollo del presente trabajo de investigación y, además, se hace una recopilación y explicación de todos los procesos que son parte de la fabricación y montaje de los tanques de almacenamiento, tales como las compras, el habilitado, el rolado, la soldadura, la pintura del tanque, los ensayos y pruebas a los que son sometidos para asegurar la calidad de los tanques.

En el tercer capítulo se plantea la hipótesis del trabajo de investigación, así como también se plantean las hipótesis específicas. En este sentido, se plantea la solución de las hipótesis planteadas para los casos de proyecto con la mejora y sin la mejora de procesos y en qué consisten estas mejoras. Se hará el análisis de los procesos y los cálculos necesarios para demostrar lo planteado en las hipótesis.

En el cuarto capítulo se muestra el tipo y el diseño de la investigación del presente trabajo. Se hace mención del mercado al cual está dirigido el producto a ser analizado. Asimismo, se hace una descripción del caso de estudio del presente trabajo, así como las técnicas y herramientas usadas para su desarrollo.

En el quinto capítulo, se verán los resultados económicos. Para ello, se han realizado los presupuestos de ventas, de inversión y el análisis económico del proyecto.

En el sexto capítulo se muestran las discusiones y conclusiones del proyecto en el cual mencionamos los resultados obtenidos en el análisis del presente trabajo.

I.1. Realidad problemática

En el Perú últimamente se han desarrollado numerosas empresas crecientes y se ha hecho común ver grupos de emprendedores que van mejorando económicamente y tecnológicamente con sus negocios. Conviene resaltar que en este país se agrupan

las empresas bajo varios sectores como las Micro y pequeñas empresas, o comúnmente llamadas MYPES, también tenemos las Pequeñas y Medianas Empresas, o las PYMES. Pero la diferencia entre ambos grupos es marcada por lo establecido en la Ley de Impulso al Desarrollo Productivo y al Crecimiento Empresarial publicada el 2 de julio del año 2013 (Tello Cabello, 2014).

Hace algunos años, el Estado, al hacer la diferencia entre la mediana, pequeña y micro empresa, la define no por la cantidad de trabajadores que tienen, sino por el volumen en la facturación anual de venta, que está medido en UITs, actualmente es claro notar que la vigencia de la ley de pequeña y mediana empresa la diferencia, se debe al volumen de ventas.

De acuerdo a la ley, se diferencia la mediana empresa, tanto de la pequeña y de la gran empresa según la normativa legal decretada (Decreto Supremo N° 013, 2013) que nos dicta sus características de la manera siguiente:

- Por definición, una Microempresa es aquella en la cual sus ventas al año no excedan de 150 UIT.
- Por definición a partir de la ley de la Pequeña Empresa, esta es aquella en la cual tenga ventas comprendidas desde las 150 UIT y no mayores a 1,700 UIT.
- La definición de Mediana Empresa es la cual tiene ventas al año que son mayores a las 1,700 UIT y menores que 2,300 UIT.

Las problemáticas que se investiga se relacionan con la mejora de procesos en proyectos de inversión el cual es un análisis no experimental basado en indicadores que muestran el rendimiento de estos procesos en la ejecución de los proyectos por señalar. Ciertamente, se encuentra la investigación bajo el enfoque de la guía de gestión de proyectos PMBOK 6ta versión, pues muchas de las empresas del sector privado, entre ellas las medianas empresas, han experimentado una ligera mejoría en los años 2017 al 2019, tal como lo podemos observar en la gráfica de inversión privada del instituto de estudios económicos del SNI, 1er trimestre del 2019 (Sociedad Nacional de Industrias, 2019).

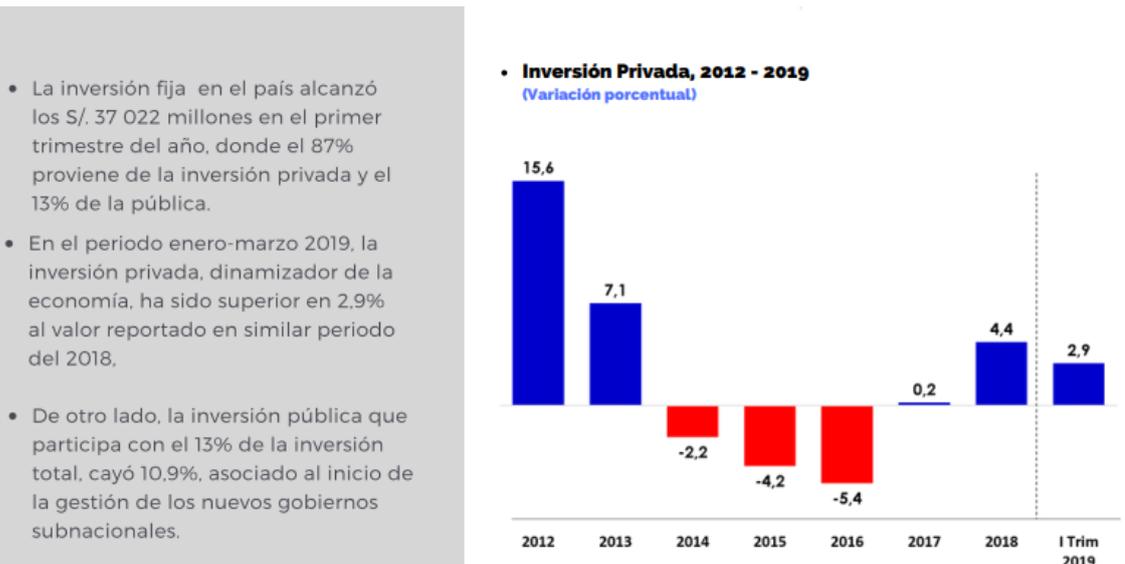


Figura n.º 1 Inversión privada en el Perú según SIN, 1er Trimestre del 2019

Por otro lado, el presente informe se basa en mejoras de procesos, que según su conceptualización, se define como el estudio de todos los elementos del mismo; es decir, el estudio de las actividades con sus secuencias, sus datos de entradas y salidas, con el único objetivo de entender el proceso y sus detalles; y así, de esta forma, poder optimizarlo en búsqueda de la reducción de costos, el incremento de la percepción de la calidad del producto y, en base a ello, lograr incrementar la satisfacción de los clientes (Krajewski, Ritzman, & Malhotra, 2008).

Según la matriz energética a largo plazo (Centro Nacional de Planeamiento Estratégico, 2011) el crecimiento será sostenido y se espera uno del 23%, desde el 2015 al 2030. En la demanda de energía a nivel mundial, esto se ve reflejado en numerosos proyectos de inversión en el sector energético, entre los cuales tenemos el sector de hidrocarburos y de energías renovables tales como la energía eólica, solar y térmica.

Según el Centro Nacional de Planeamiento Estratégico (2011), las fuentes fósiles representan el 86% del total del consumo de la energía primaria. Según las proyecciones del Departamento de Energía de los Estados Unidos (EIA), los hidrocarburos, derivados del petróleo, gas natural y carbón, seguirán siendo la principal fuente de energía en las próximas dos décadas.

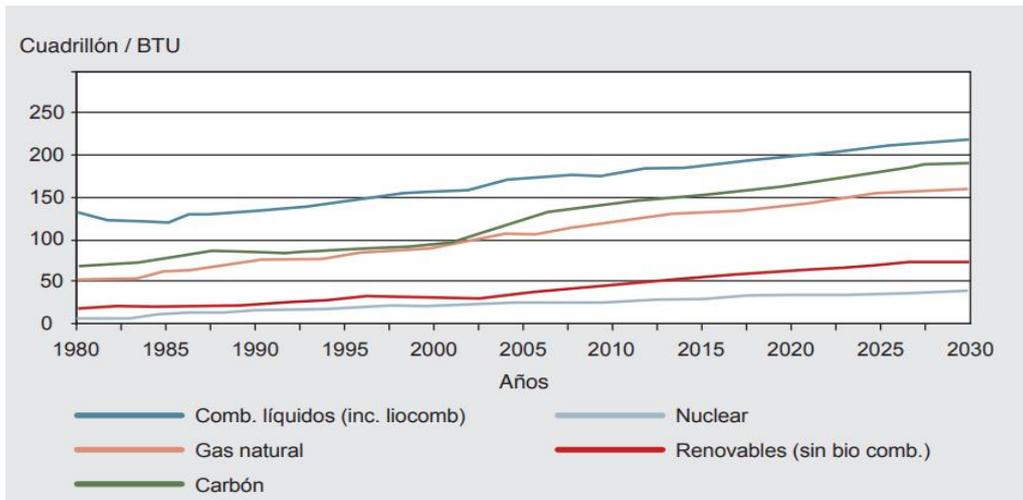


Figura n.o 2 Proyección de consumo de combustible nacional por tipo.

Fuente. Centro Nacional de Planeamiento Estratégico, 2011.

En la Figura n.º 2 podemos observar el crecimiento del consumo de combustibles líquidos en el país, lo que plantea un crecimiento hasta el año 2030. Esta información podría ser importante en la industria de la producción de combustibles y la generación de este tipo de combustible, lo que nos lleva a una futura demanda de tanques de almacenamiento para este tipo de combustibles.



Figura n.o 3 Mercado nacional de combustibles (incluye GLP, gasolinas, Diesel y petróleos).

Fuente. Ministerio de Energía y Minas, 2018.

El crecimiento del mercado de combustibles va ligado directamente a la demanda de almacenamiento de combustible y es sostenible según los datos del MEM; esto se demuestra con el crecimiento de la necesidad de los proyectos de tanques nuevos verticales de combustible, así como la reparación y mantenimiento de los ya existentes. La demanda de tanques de almacenamiento verticales también se da para almacenar agua de servicios, tales como, para sistemas contra incendios, almacenamiento de agua fresca y agua para servicios en plantas industriales y mineras.

En el Perú, a fines de 2007, el 63,6% de la población urbana total tuvo servicio de alcantarillado administrado por empresas prestadoras de servicios de saneamiento (EPS); el resto fue administrado directamente por las municipalidades o a través de operadores especializados (OES) en pequeñas ciudades, comités de agua o simplemente no cuenta con dicho servicio (Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento, 2008).

Asimismo, dentro del mercado de fabricación de tanques de almacenamiento, el sector de tanques de agua en las plantas de tratamiento de agua es un mercado en auge y de gran crecimiento; esto debido al crecimiento urbano en las grandes ciudades, que está generando problemas de contaminación ambiental en las cuencas ribereñas. También, hoy en día, la industria requiere que las aguas producto de sus operaciones, sean tratadas adecuadamente para evitar contaminación ambiental, lo que por una exigencia ambiental y ecológica se lleve a exigir, a los gobiernos locales y regionales, la implementación de estos sistemas. Según el estudio de opciones de tratamiento y reusó de aguas residuales en Lima Metropolitana (Moscoso, 2011), solo el 17% de las aguas residuales son tratadas. Esto nos lleva a concluir que falta tratar un 83% de este tipo de aguas en Lima Metropolitana.

Pero las causas de la problemática en la ejecución de proyectos, sobre todo en la variable independiente que es sobre la rentabilidad, se puede asociar con los tiempos de fabricación y los tiempos de montaje en obra; la relación entre ellos es bastante evidente: mientras mayor sea el tiempo de ejecución de obra, mayores serán los gastos generales debido a la obra. Los tiempos a analizar son: tiempos de procesos, tiempos de compra de acero, tiempos de transporte, tiempos de limpieza superficial y pintura, tiempos de soldadura total del tanque, tiempos de habilitado, tiempos de montaje de anillos, tiempos de pruebas del tanque.

El prolongar el tiempo de obra debido a las diversas causas, va a generar gastos de permanencia y operativos en obra, y el retraso conlleva a pagos de penalidades por incumplimiento de contrato.

Dentro de la administración de recursos del proyecto, el tiempo es uno de los más importantes y difícilmente un recurso recuperable. Dentro de la gestión de proyectos, según el PMBOK, en el capítulo 3 se menciona la importancia de la planificación en la gestión de proyectos para una buena administración del tiempo.

Otra de las causales de la problemática en la ejecución de proyectos de tanques de almacenamiento, gira en torno a los costos en los procesos de fabricación y montaje; para ello, se deberán analizar, según el capítulo 9 del PMBOK, una gestión de los recursos del proyecto y, según el capítulo 11, que es acerca de la gestión de riesgos del proyecto.

Es por ello necesario la revisión de los costos de un proyecto los cuales los podemos mostrar en una estructura, tal como se presenta en Figura n.º 4.

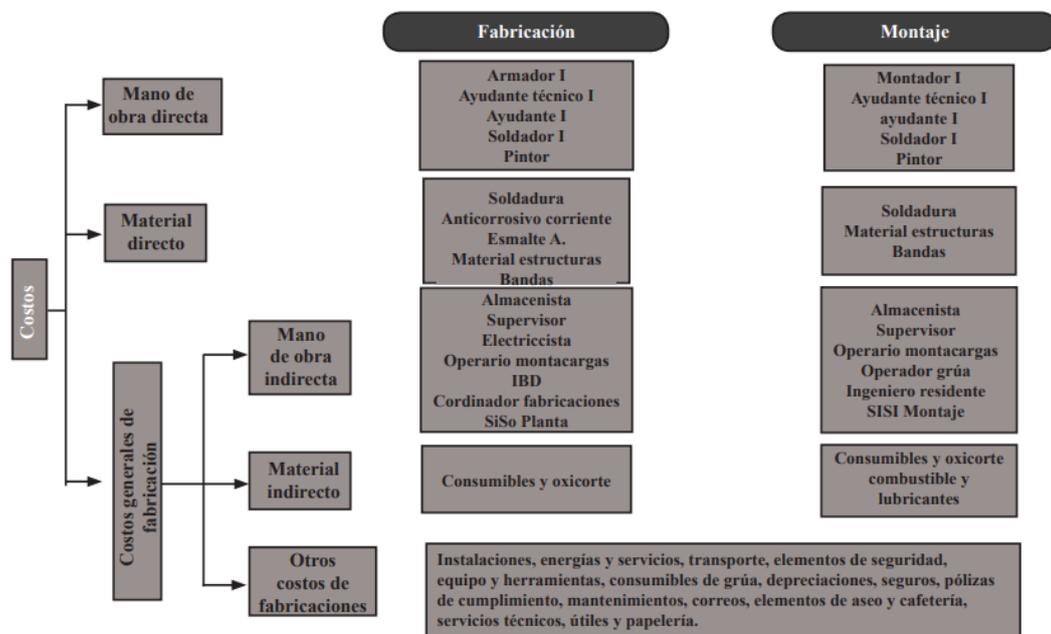


Figura n.o 4 Costos de un proyecto en una estructura.

Los costos del proceso de montaje y fabricación en el caso de efectuarlos en el proceso manual, tiene tiempos de fabricación y montaje, que algunas veces superan los tiempos estipulados en el contrato de obra, esto genera gastos no contemplados mayores en los siguientes casos:

1. Planillas no consideradas por exceso de tiempo de obra.
2. Penalidades por la no terminación en el plazo limitado.
3. Gastos de alimentación y hospedaje en exceso.
4. Gastos logísticos y envíos de materiales.
5. Costos mayores de alquiler de Equipos y herramientas.

6. Unidades móviles, grúas, camiones y transporte.

7. Alquiler de andamios.

Todos los gastos contemplados líneas arriba, hacen que el costo operativo del producto aumente, afectando directamente las utilidades y como consecuencia afecta la rentabilidad del proyecto.

También se debe considerar la calidad del producto, la entrega final y los detalles a cumplir, de acuerdo a los requisitos solicitados del cliente. Uno de los procesos en los cuales se incurre y que mayormente son objeto de observaciones por parte de los clientes, es el proceso de soldadura y pintura, el cual es determinado por el cliente en el alcance y los procedimientos constructivos del proyecto.

El utilizar técnicas modernas en los procesos de fabricación, llevan a mejorar los rendimientos en la fabricación y montaje de los tanques; el resistirse a utilizar estas técnicas modernas, estancan en muchas ocasiones el avance de las empresas de proyectos en lograr de mejorar la productividad y con ello disminuir los errores humanos que son muy frecuentes debido a las condiciones bastante difíciles y severas del trabajo.

Invertir en tecnología nueva para mejorar procesos, permite muchas veces que las pequeñas y medianas puedan ser más competitivas y llevan a estas a lograr una mejor posición en el mercado nacional.

Otra de las variables a considerar y una de las razones en las demoras de los inicios de los proyectos, es la dificultad de encontrar personal competente en el mercado, el cual muchas veces se refleja como un problema inicial de retraso de obra. El personal montajista y soldador se contrata con un tiempo mayor de anticipación y término para evitar deserciones y algunas condiciones de retraso de obra; como consecuencia, se aumenta el costo y se reducen los márgenes de rentabilidad del proyecto, pues al ser personal especializado, son muy solicitados por diferentes empresas de proyectos.

También es importante considerar la variable seguridad del trabajador y de los equipos en el proyecto de ejecución; por ejemplo, un proyecto con más personal en obra, requiere mayores consideraciones de seguridad por las actividades a realizar, colocar mayores controles en las actividades y, debido a esta razón, se incrementan los costos por seguridad a implementar.

I.2. Pregunta de investigación

En la realidad problemática mostrada desde diferentes ángulos de la problemática en la fabricación y montaje de tanques de almacenamiento, podemos formular la pregunta general de este trabajo de investigación:

I.2.1 Pregunta general

¿Es posible incrementar la rentabilidad en la ejecución de proyectos de fabricación y montaje de tanques verticales de almacenamiento bajo la norma API 650?

I.2.2 Preguntas específicas

PE1. ¿Es posible reducir los tiempos en la fabricación y montaje de los tanques de almacenamiento vertical bajo la norma API 650?

PE2. ¿Es posible reducir los costos en la fabricación y montaje de tanques de almacenamiento vertical bajo la norma API 650?

PE3. ¿Es posible mejorar la calidad en la fabricación y montaje de los tanques de almacenamiento vertical bajo la norma API 650?

PE4. ¿Es posible mejorar la seguridad en la fabricación y montaje de los tanques de almacenamiento vertical bajo la norma API 650?

I.3 Objetivos

I.3.1 Objetivo general

Demostrar si es posible mejorar la rentabilidad de los proyectos de fabricación y montaje de tanques verticales de almacenamiento vertical usando la norma API 650 mejorando los procesos de fabricación y montaje.

I.3.2 Objetivos específicos

OE1. Determinar si es posible la reducción de los tiempos de ejecución de los proyectos de fabricación y montaje de los tanques de almacenamiento vertical, bajo la norma API 650.

OE2. Determinar si es posible reducir los costos en los procesos de fabricación y montaje de tanques verticales de almacenamiento vertical bajo la norma API 650.

OE3. Determinar si es posible mejorar la calidad del proyecto de fabricación y montaje de tanques verticales de almacenamiento vertical bajo la norma API 650.

OE4. Determinar si es posible mejorar los procesos de seguridad en la fabricación y montaje de tanques verticales de almacenamiento vertical bajo la norma API 650.

I.4 Justificación de la investigación

En la actualidad, muchas medianas empresas en el Perú pasan duros momentos debido a la alta competencia y las condiciones de operaciones en los lugares donde se realizan los proyectos. Uno de los problemas más frecuentes son los altos costos en los procesos de fabricación y montaje y los grados de dificultad en la ejecución de los proyectos, el cómo gestionar de manera eficiente los proyectos según las normas API 650 y la guía de proyectos PMBOK v6, el cual nos guía para poder mejorar el diseño y los procesos en los proyectos de tanques ayuda a tener en consideración para un buen desarrollo del negocio.

Esta investigación busca en forma sistémica lograr mejorar la rentabilidad en los proyectos de fabricación y montaje de los tanques de almacenamiento verticales, bajo la norma API 650, para la mediana industria, mejorar los tiempos, mejorar los costos, mejorar la calidad y mejorar la seguridad del trabajador y los equipos en la ejecución del proyecto; en tal sentido, la mejora de estas variables permitirá la futura toma de decisiones concerniente a la fabricación y montaje en estos proyectos.

Asimismo, esta investigación tiene relación directa con los problemas de la buena marcha económica de una empresa, debido a los problemas de competencia y exigencias por los requisitos de calidad en la fabricación y montaje de tanques. A nivel social, esta investigación tiene impacto debido a que las personas que intervienen en el proyecto, mejoran en su conocimiento tecnológico debido a que los procesos son mejorados con el uso de nuevas herramientas y equipos tecnológicos que requieren una capacitación constante y un buen nivel técnico de los operarios. Los operarios, con el uso de las nuevas herramientas tecnológicas, podrán trabajar de manera sostenida sin hacer un gran esfuerzo físico y poder controlar de forma permanente el proceso asegurando que la calidad sea mejorada en el producto a entregar.

De otro lado, es en base a tecnología y seguridad en los procesos para que la ejecución de estos proyectos logre hacer este mercado cada vez más competitivo y, con ello, lograr ventajas económicas.

A la par de la creciente globalización de los procesos productivos y los buenos resultados económicos, en el buen uso de ellos, se hace necesario para esta tecnología, una especialización en los procesos y equipos que acompañan a esta nueva tendencia. Hoy en día se ha demostrado, en muchos estudios de casos de éxito, que llevan a determinar que las empresas que la utilizan adecuadamente llegan a lograr y alcanzar un liderazgo tecnológico que la vuelve más competitiva. La generación y el aprovechamiento de tales especializaciones están íntimamente vinculadas a la ciencia, la tecnología y la técnica de las distintas economías, que desarrollan gracias a sus esfuerzos por privilegiar los procesos de innovación tecnológica. Algunas de éstas han tenido un liderazgo histórico en la economía mundial, pero en otros casos, este liderazgo es reciente y las ha colocado en posiciones relativas de superioridad. Esta superioridad se debe en buena parte a la forma en que se relacionan su sector académico y el productivo. De ahí que resulte relevante estudiar los procesos económicos y sociales mediante los cuales se lleva a cabo la innovación tecnológica. Una de las formas de abordar este tema es a través de estudios de caso, como se analizará en esta investigación.

Finalmente, en base a los requerimientos de la educación superior solicitado hoy en día, como profesional con 29 años de experiencia, es mi deseo personal transmitir mi experiencia profesional y tecnológica de conocimientos en proyectos de inversión a las nuevas generaciones de estudiantes de pregrado.

I.5 Alcance de la investigación

El trabajo de investigación se aplica para diferentes tamaños de tanques en diámetro y altura. Como base de investigación para el presente estudio, se usó la experiencia en el caso de un proyecto de construcción de dos tanques verticales para combustible Diésel 2, de 12 m de diámetro y 10 m de altura ejecutado en una empresa minera ubicada en el sur del país, a 3500 msnm. Este proyecto fue desarrollado íntegramente por una metalmecánica especialista en tanques de almacenamiento, en cuya ejecución se aplicó la guía de proyectos PMBOK para la dirección de proyectos con el método tradicional que se viene aplicando para la fabricación y montaje de tanques verticales de almacenamiento. Se han podido medir los indicadores de avance en tiempos de ejecución, calidad de producto y costos de las actividades del proyecto, estándares de

avance de los operadores y los riesgos de las actividades a desarrollar durante la ejecución. Asimismo, se han podido calcular los indicadores y estándares de los procesos mejorados con el uso de los nuevos equipos tecnológicos. Al automatizar el proceso en las actividades críticas y procesos técnicos de los tanques, se puede, en base a indicadores de los equipos automáticos, modelar los procesos en tiempos, costos de fabricación y montaje de los tanques.

II Marco Teórico

II.1 Antecedentes

Para el desarrollo del presente trabajo de investigación, se han tomado como base de información los siguientes trabajos relacionados al tema de construcción y proyectos, ya que estas contienen información que muestran la estructura teórica vinculada con la problemática en la ejecución de los proyectos de fabricación y montaje de tanques. En tal sentido, se exponen y analizan los planteamientos que sirven como fundamento para documentar el estudio realizado.

Uno de los grandes problemas en la construcción y montaje de tanques es el proceso de soldadura, muchas empresas peruanas aún usan procesos manuales para la construcción de tanques para el caso en estudio se revisa la información siguiente que afirma una mejora en los tiempos de proceso de soldadura usando sistemas mecanizados en lugar de los procesos manuales. Según Mora (2012) en su libro *Revisión de las variables involucradas en la implementación de un proceso FCAW mecanizado en la fabricación de cuerpos de tanques API 650*, describe que los procesos automatizados en la fabricación y montaje de tanques de 150000 galones pueden mejorar hasta en tres meses el tiempo total de obra, lo cual reduce los problemas de riesgos de penalidades e inconvenientes de obras. También menciona en su libro que los procesos de soldadura en la posición de filete pueden

operar a velocidades bastante mayores en comparación con un operador manual que opera a 5 cm/min, y un equipo tractor automatizado de soldadura opera a 10 cm/min. En este trabajo podemos ver que el uso de equipos de soldadura mecanizados logra una mejora sustancial en los tiempos, en la construcción de los tanques de almacenamiento, en la simplificación de los procesos, ya que puede duplicar la mejor eficiencia de un soldador, y sobre todo en los costos derivados por los procesos de soldadura.

Según DOBERSSAN (2000): “En el mundo globalizado y competitivo que hoy nos toca vivir, ninguna empresa puede desconocer las herramientas que utilizan aquellas que se destacan y triunfan dentro del sistema” (página). Como resalta, en este mundo globalizado se presentan muchas mejoras tecnológicas para los procesos de los proyectos de construcción. Estas se observan año a año en las ferias especializadas de construcción en diferentes partes del mundo, en las empresas metalmeccánicas, en soldadura, en pintura, en corte etc.

Según (Guio, 1995): “la industria de la construcción no ha avanzado comparativamente con otros sectores industriales en cuanto al nivel tecnológico, tanto en lo referente a la investigación, productos de construcción y técnicas constructivas, así como en relación al nivel de desarrollo de la construcción. Una explicación es el contexto de inercia en el sector de la construcción, que evita la búsqueda y uso de nuevas tecnologías y de oportunidades de nuevos negocios”.

En Chile, país vecino, Virgilio Ghio menciona que los procesos de automatización para la construcción no han avanzado mucho y que algunos de las causas que esta no haya prosperado mucho en los últimos años son las siguientes:

- El nivel de riesgos de los proyectos y lo conservador de las empresas en este país inhibe en muchos casos a tomar decisiones de este tipo
- La rentabilidad obtenida en sus proyectos permite que estén conformes con los resultados y no fomenta este tipo de mejoras sustanciales y estratégicas
- Un ambiente no agresivo de la competencia en el mercado bastante conformista

Según Virgilio Ghio, “es notorio que en el mundo los procesos de mejora tecnológica hacen que se incremente la competencia en los negocios, el efecto de no mejorar tecnológicamente da como resultados que estas empresas perderán poco a poco su nivel de competitividad”.

Quizás el motivo y el objetivo principal a conseguir con la innovación tecnológica en los proyectos es la mejora de tiempos y costos de fabricación y montaje en los proyectos, Según menciona (Ghio, 1995), “Hoy en día muchas empresas aun no requieren mejora tecnológica entre comillas, sin embargo, en este sector donde existen procesos repetitivos y críticos para el negocio existen buenas razones para empezar con el uso de mejoras tecnológicas, los beneficios de la innovación está íntimamente relacionado con una mayor competitividad de las empresas como lo mencionamos líneas abajo” (pág. 24). Como ya se ha mencionado, los mercados de la metalmecánica en el Perú, son cada día y en cada sector, más competitivos, lo que hace que los costos y la rentabilidad de las empresas sean cada vez más difíciles de mejorar y que puedan subsistir a la amenaza de la competencia agresiva sean de gran importancia.

Uno de los factores importantes a los que las empresas se oponen las empresas para usar una mejor tecnología, es que la mayoría de empresas son altamente conservadoras y adversas al riesgo. Quizás por esta razón no han encontrado la necesidad de mejorar sus procesos ya que la rentabilidad que han obtenido los ha mantenido, de cierta forma, satisfechos. Vale la pena indicar que sus competidores son también altamente conservadores.

Hoy en día la competitividad es cada día mayor debido al mundo globalizado y es necesario tener mejores procesos, donde la tecnología desempeña una oportunidad muy importante para incrementar el rendimiento de los procesos en los proyectos de construcción.

Según la revista española “Minería” (2007), la automatización de los proyectos de construcción viene motivada por ciertas necesidades del proceso constructivo. De este modo, las agrupa por cuatro factores principales:

- Productividad: se evidencia en el tiempo que la mejora tecnológica va acompañada con mejora de costos y tiempos.

- Mano de obra: la falta de mano de obra calificada para los proyectos se muestra cada vez que se requiere, a la mayor demanda, mayores costos de mano de obra, aumento de la edad media de los trabajadores, carrera en el sector de la construcción poco atrayente a gente joven.

- Seguridad: el uso tecnológico en los trabajos de alto riesgo, da lugar a nuevas tecnologías que eliminan o reducen los trabajos peligrosos y de mayor control, ya sea la eliminación de trabajos en sitios elevados, sucios, peligrosos y poco gratificantes, como

también la protección y liberación de operarios de maquinaria, una operación de maquinaria más segura y con mayor confiabilidad.

- Calidad: mejor ejecución de algunos procesos, mayor cumplimiento de los requisitos, mejora de los resultados del trabajo, como la mejora del producto, y mayor nivel de control, con el que se puede afirmar que con procesos automatizados se pueden ver los indicadores de procesos de manera más confiable y exacta.

La contratación de personal soldador, pintor, arenador, ayudantes, oficiales y otros similares, es un problema grande que toma mucho tiempo en las decisiones de contrataciones y entrenamiento en las actividades; el tener que contratar menos personal alivia y resuelve no solo los problemas de costos, sino también los problemas de los procesos de búsqueda de personal adecuado.

Según la investigación realizada (Minería, 2007), uno de los mayores beneficios de la automatización en la construcción, y tal vez el más prioritario, es la mejora de la productividad. Sin embargo, no es el único; entre ellos tenemos algunos más:

- Una industria más segura: los operarios se podrán sustituir en tareas peligrosas, como la pulverización de productos aislantes y resistentes al fuego, o la demolición de edificios peligrosos.

- Realización de tareas repetitivas y tediosas, como la colocación de ladrillos o de paneles en un edificio.

- Mejora de la calidad: mejores acabados en las obras, como la pintura de paredes, colocación de ventanas, etc.

- Ahorro energético: Desarrollo de productos y servicios que reducirán el uso de energía en construcción en más de un 30%.

- Sostenibilidad: Dada la importancia que la industria de la construcción tiene en los valores nacionales de consumo energético, emisiones y materiales de desecho, la repercusión medioambiental será inmediata.

- Tecnología de productos y servicios orientadas al cliente: Las nuevas tecnologías desarrolladas le permitirán al cliente hacer una selección previa de parámetros de accesibilidad, funcionalidad y precio.

- Una industria más competitiva y tecnológicamente destacada: Desarrollo de nuevos materiales, técnicas de fabricación, métodos de ensamblaje, sistemas de gestión y logística.

- Menor dependencia de mano de obra temporal y poco cualificada.

Se puede observar algunas ideas acerca de los efectos de la automatización en proyectos con actividades críticas y peligrosas; en los proyectos de tanques hay actividades con procesos peligrosos o contaminantes, los cuales se pueden minimizar y optimizar el rendimiento por el uso de procesos automatizados.

II.2 Bases Teóricas

II.2.1 Mejora de procesos

Según Zaratiegui (1999), “la mejora de procesos experimentado en Japón hace muchos años sobre todo hace cincuenta años, utilizaba mucho de los métodos de trabajo en equipo y promovía que el personal participará en los procesos de mejoras de negocios, además hizo popular todas las ventajas que obtuvo en la revisión de la mejora continua de los procesos empresariales. Fue difundido por muchas partes del mundo el modelo sistemático de Kaoru Ishikawa o bien llamado modelo científico de mejora de los procesos, el cual fue originado en base de una secuencia de pasos o etapas, desde cuando se detecta el caso, problema o de una posibilidad de mejora, esta pasaba por su estudio y análisis buscando sus causas raíz, llegando a alternativas de posibles mejoras o soluciones, la decisión de la elección de la solución o las diferentes alternativas de soluciones que pueden ser consideradas idóneas, llegar a ejecutar la mejora y medir los resultados conseguidos.

II.2.1.1 Métodos de mejoras de procesos.

En el proceso de mejora se contemplan varias etapas como se puede observar en la Figura n.º 5.

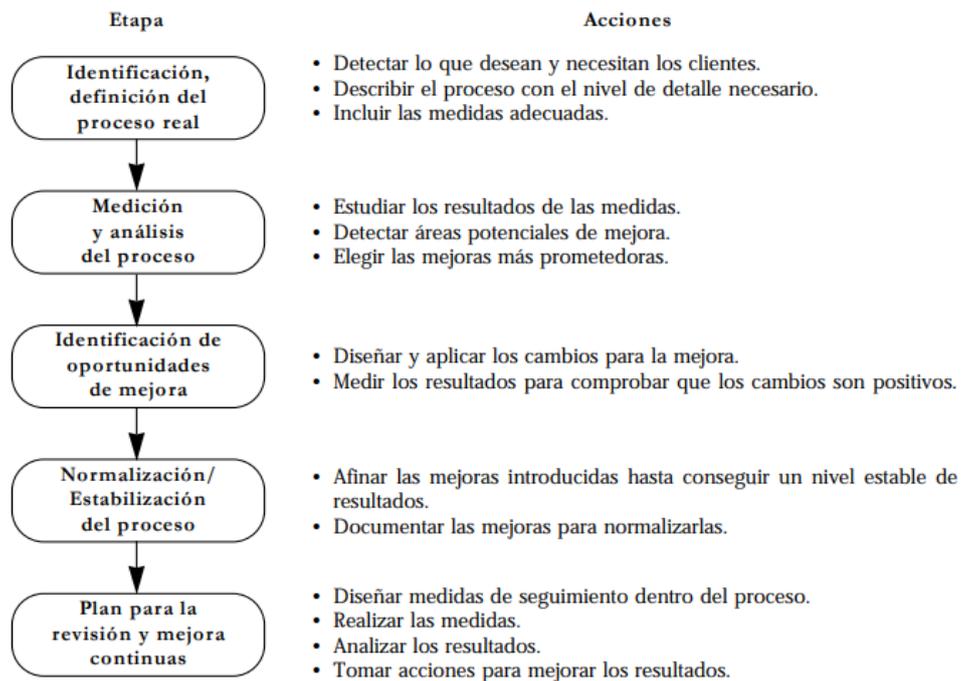


Figura n.o 5 Método sistemático de mejora de procesos.

II.2.1.1.1 Mejora continua, kaizen.

El concepto de mejora continua es definido en términos de Masaaki Imai (2006, como se cita en Suárez-Barraza y Miguel-Dávila, 2008) como *Kaizen*, que significa mejoramiento continuo, aplicado a cada momento en toda la empresa y realizado por todos los empleados de la organización. Este mejoramiento va de pequeñas mejoras incrementales a innovaciones drásticas y radicales.

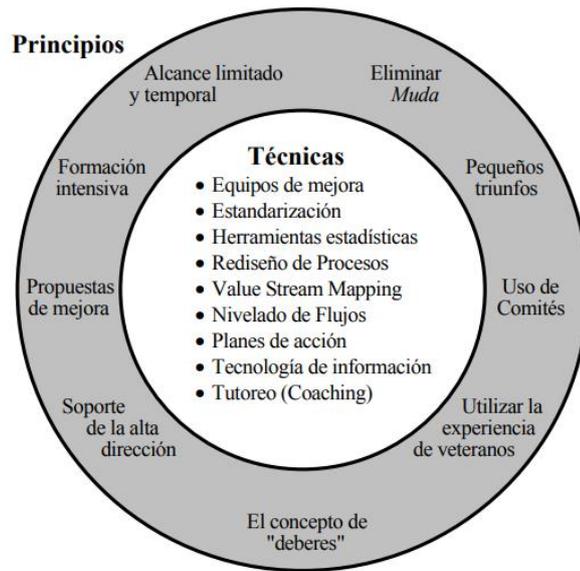


Figura n.o 6 Métodos de la aplicación de mejora continua.

Fuente. Suárez-Barraza & Miguel-Dávila, 2008, p. 301.

II.2.1.2 Mejoras de procesos en proyectos Lean Construction.

Los problemas de errores en los procesos de fabricación y montaje en proyectos de inversión nos llevan a ver problemas de gran importancia social y económica en las empresas, según varios autores mencionan que hay una elevada influencia de fallas en las etapas de proyecto y ejecución según se muestran en las Figuras n.º 7 y n.º 8.

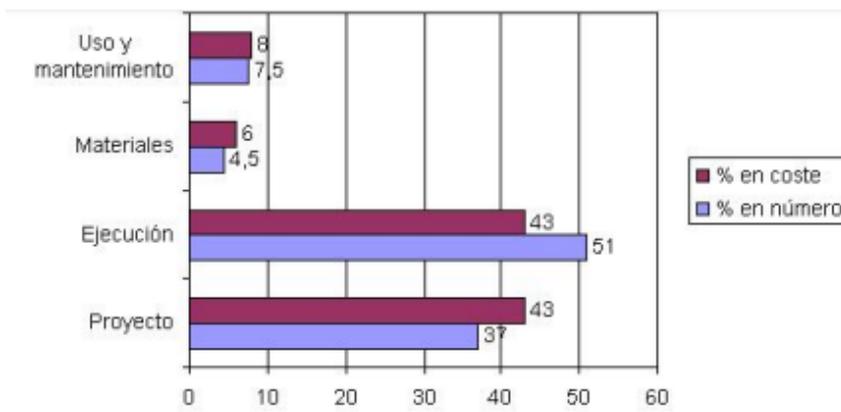


Figura n.o 7 Distribución de fallos según las etapas del proceso constructivo según el *Bureau Securitas* (Francia, 1978).

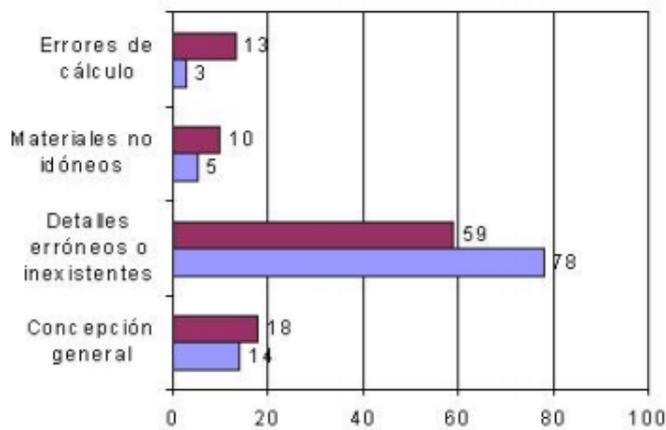


Figura n.o 8 Distribución de los fallos debidos al proyecto según el Bureau Securitas (Francia, 1978).

II.2.2 Tanques de almacenamientos verticales para líquidos

Según el D.S. No 052-93-EM. - Reglamento de Seguridad para el Almacenamiento de Hidrocarburos. (18/11/93) (Ministerio de energía y minas, 93) El almacenamiento de grandes volúmenes de líquidos es, a la fecha, y sigue siendo, una línea muy importante e incluso, necesaria en el almacenaje, transporte y cuidado de hidrocarburos, aguas y líquidos para procesos. Los tamaños y los tipos de tanques están relacionados por la demanda en cantidad de fluido, la localización del tanque, el clima y restricciones ambientales de la zona y el tipo de fluido a almacenar.

Para el almacenamiento de grandes volúmenes de líquidos en las empresas industriales, mineras y refinerías, hoy en día se emplean los tanques de almacenamiento verticales, los cuales son equipos especialmente empleados por su necesidad de gran capacidad de almacenamiento y facilidad de carga y descarga. Las refinerías los emplean generalmente para el almacenamiento de sus combustibles líquidos (para su proceso de almacenamiento temporal).

Algunos de los productos almacenados en este tipo de reservorios son los siguientes: petróleo crudo, naftas, petróleo semipesado, aceites pesados, diésel, agua de contraincendios, aceites semipesados, entre otros.

II.2.2.1 Definición de tanques de almacenamiento verticales.

Los tanques de almacenamiento verticales, fabricados según la norma API 650, son estructuras metálicas soldadas en base a planchas metálicas de espesores en muchos de los casos variables, que están en función a la altura y al diámetro del tanque, y, por lo

general estas, son cilíndricas. Estos tanques son comúnmente usados para preservar y/o guardar líquidos de procesos en la industria. Se le denominan a este tipo de tanques como tanques de almacenamiento a presión atmosférica, pues es por la baja resistencia a la presión que no son presurizados. Los tanques cilíndricos de almacenamiento suelen ser usados para almacenar líquidos y son ampliamente utilizados en las industrias del petróleo, y química, y se tienen muchos de ellos siendo usados en las refinerías como Conchan, Pampilla, Talara, etc. por sus altos volúmenes se utilizan para el proceso de almacenamiento. Los procesos pueden ser de almacenamiento temporal o prolongado, de los productos y subproductos de los procesos de refinación.

Todos los tanques de almacenamiento que son fabricados bajo la norma API 650 deberán ser probados antes de que se puedan poner en servicio; dichas pruebas se efectuarán según las partes aplicables de la norma.

En los tanques a presión atmosférica, la presión en el tanque se da por la presión que ejerce el fluido sobre las paredes, o de baja presión. Después de terminar la soldadura del fondo, se hará un test de soldadura probando la hermeticidad lograda por la soldadura mediante una prueba de fugas por medio de un test de vacío u otro medio.

Después de que se termine la fabricación, el tanque estará afectado por los efectos del calentamiento debido a la soldadura; en vista de este efecto, se considera necesario aliviar las tensiones debido a la fusión entre el metal y el material de aporte; se utilizan algunas pruebas de recocido localizado. También se realizarán para corroborar la buena soldadura algunos END (ensayos no destructivos) entre ellos los radiográficos, ultrasonido, etc. API 650 indica que los tanques de almacenamiento se someten a las pruebas neumáticas y de estanqueidad para asegurar la buena resistencia y calidad en los procesos efectuados al cilindro. Se comprobará, también, la idoneidad de las soldaduras efectuadas y de todas las boquillas del casco y techo. Es una exigencia que los tanques de almacenamiento después de la última inspección sean probados con el líquido hidrostático para la prueba de estanqueidad en su posición de operación, según las normas ASTM.

II.2.2.2 Tipos de tanques de almacenamiento verticales. (Ministerio de energía y minas, 93)

En las empresas nacionales existen diferentes tipos de tanques de almacenamiento verticales. De estos, la gran mayoría es construida bajo la norma API 650, entre los más comunes tenemos los siguientes:

II.2.2.2.1 Tanque atmosférico.

Tanques de almacenamiento verticales de presión atmosférica se refiere a aquellos tanques que son diseñados para almacenar líquidos y que son sometidos solo a la presión del fluido que actúa sobre el tanque más la presión atmosférica, para la cual ha sido calculado, muchas veces esta debe soportar presiones mayores a la atmosférica hasta tener una presión de 1 PSI medidos en la parte superior del tanque.

II.2.2.2.2 Tanque atmosférico de techo fijo.

Los tanques de almacenamiento de techo fijo los podemos definir como aquellos que pueden tener techo cónico auto soportado o por postes de apoyo, la forma del techo puede ser construida en forma de cono o domo. En el diseño de estos tanques se considera un espacio para los gases y vapores que los líquidos almacenados pueden generar, pero este espacio va a variar según varíe el nivel del líquido almacenado.

Los tanques de techo fijo generalmente son usados en las refinerías y plantas de procesos para almacenar líquidos de baja densidad. El tanque tiene ductos de venteo en el techo. Estas salidas logran evacuar la generación de vapores y logran que la presión interior se mantenga aproximadamente con la presión atmosférica. Los tanques de almacenamiento verticales y de techo fijo son muy usados para almacenar líquidos de gran volumen.

II.2.2.2.3 Tanque atmosférico de techo flotante.

En el diseño de los tanques de techo flotante en muchas refinerías a nivel mundial tienen gran aceptación en sus usos. La razón es que reducen las pérdidas debido al volumen de gases y vapores por los procesos de llenado y vaciado, el cual se puede lograr manteniendo un espacio constante para los vapores y gases encima de la parte superior del líquido. La construcción del casco y techo son realizados en acero y es similar a los de techo fijo; la particularidad de este diseño de tanques es que el techo debe flotar sobre el líquido reduciendo el espacio para los gases y vapores. Podemos observar un tanque de techo flotante representado en la Figura nº 9.



Figura n.o 9 Tanque de techo flotante.

Para los tanques con techo flotante, se puede mostrar la altura a la cual debe considerarse será la distancia del fondo del tanque hasta la máxima altura de llenado. Además, para estos tipos de tanque, el diseño adecuado de estos provee que no se dañará su techo en los casos de sobrellenado.

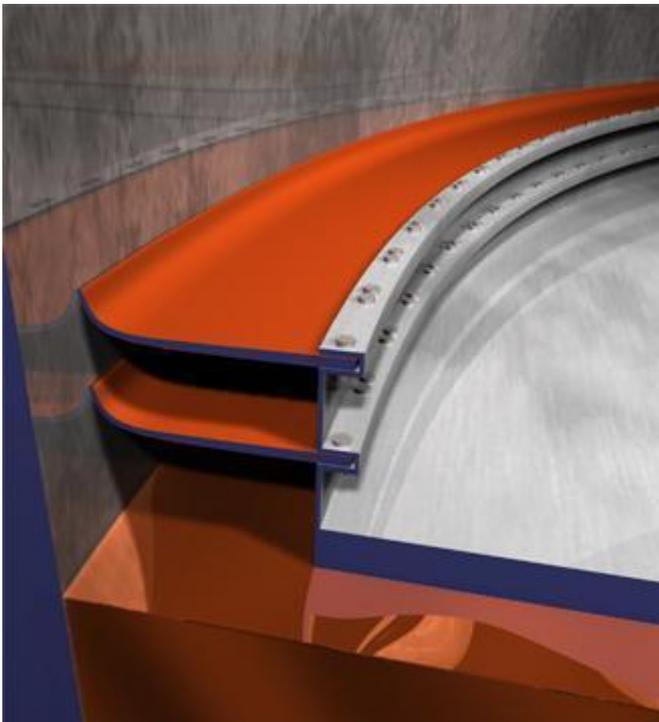


Figura n.o 10 Sello de un tanque con techo flotante.

La Figura n° 10 nos muestra algunas de las características importantes de los tanques con techo flotante. Entre los más importantes, el sello alrededor del interior del casco es muy importante particularmente en estos tanques. En el diseño de que el techo sea flotante y móvil, este logra una mejor salida a la fuga de vapores. que por principio consiste en sellar la pared del tanque con las zapatas por medio de resortes o contrapesos entre la pared y el techo móvil, el cual subtiende una membrana lo suficiente flexible unida entre la zapata y la parte metálica del borde del techo. Existen otros diseños de tanques de techo móvil o flotante, pero son poco conocidos. Los tanques de techo flotante, que son usados mayormente, son los que mencionamos a continuación:

- Tanques de Almacenamiento de líquidos (líquidos que tienen Presión de Vapor > a 0.281 Kg/cm² (4 PSI)).
- Tanques para líquidos que son almacenados a temperaturas hasta en 83 °C (150 °F) muy cercanos a su punto de inflamación y mayores temperaturas.
- El diseño de tanques de techo móvil puede exceder los 45.0 metros en su diámetro y se usan mayormente para almacenar fluido de bajo punto de inflamación.
- Se utiliza también para el almacenamiento de combustibles con alta presión de vapor que son sensitivos a degradación por oxígeno.

II.2.2.2.4 Tanque a presión.

Dentro de los diseños de los tanques de almacenamiento, tenemos los tanques a presión estos tanques mayormente son usados para líquidos y/o combustibles con características de presión de vapor mayor o igual a 0.914 Kg/cm de presión en condiciones normales.

Las principales características de los tanques a presión son las siguientes:

- Los tanques son cilíndricos contruidos en acero y, además, son usados para almacenar diferentes tipos de gases licuados, las diferentes temperaturas de orden crítico y presión de proceso requerido. Los tipos de montajes de estos tanques los tenemos en posición horizontal que tiene dos o más puntos de apoyos. Se tienen algunos en mezcla de gas-líquido, como los tanques de Propano-Butano, pero también hay tanques verticales que se hacen sobre un fuste y soportes. El diseño de tanques verticales tiene algunas ventajas en el espacio de almacenamiento con dimensiones hasta un diámetro de 4.5 m con

diferentes capacidades de líquidos que pueden llegar hasta 800 m^3 y en los procesos la presión de proceso desde 15 hasta 300 PSI.

- Las esferas son otra forma de almacenar líquidos similares. Consisten de un recipiente esférico formado por gruesas paredes de acero, con seis o más aportes o columnas. Se consideran prácticas las esferas con capacidad de almacenar fluidos como GLP o agua a partir de los 800 m^3 .

II.2.2.2.5 Tanque de baja presión.

El diseño de los tanques de almacenamiento es para lograr una presión interna superior a 0.035 Kg/cm^2 , pero que no sea inferior de 1.055 kg/cm^2 , pero queda claro que esto debe medirse en la parte elevada del tanque. La norma constructiva de estos tanques se mide de acuerdo a normas de soldadura y de diseño recomendadas por API y ASME. Se recomienda, para la construcción de estos tanques, usar la norma API 620.

II.2.2.2.6 Tanques refrigerados.

Los tanques refrigerados para almacenar fluidos son utilizados en muchos lugares donde se tienen gases licuados. Es muy común verlos en refinerías y plantas de hidrocarburos para almacenar estos fluidos, tales como el etileno, propano y butano, que tienen un punto de ebullición entre -126.6°C a -1.1°C (-260°F a $+30^\circ\text{F}$).

Entre los principales tipos de tanques refrigerados son:

- Recipientes con presión positiva.
- Recipientes a presión con forma de Esferas
- Recipientes cilíndricos verticales.

Los tanques a presión, que tienen refrigeración, son usados para almacenar gases de alta presión, tales como Gas Licuado de Nitrógeno, Argón, Helio etc. Pero también hay algunos gases criogénicos en el que el almacenamiento y manipulación a temperatura y presión ambiente es bastante complicado y difícil. Las medidas promedio de gran parte de estos tanques bordean el diámetro de 4.5 m.

- El diseño de las esferas a presión, que se encuentran con refrigeración, está preparado para almacenar líquidos con volúmenes intermedios.
- En los recipientes cilíndricos verticales, que tienen refrigeración, es la forma más común el almacenar grandes cantidades de líquidos y fluidos refrigerados. Puede ser de paredes simples o dobles. Las hay en varios tipos, como unos de

pared simple, que es muy parecido a los tanques que soportan sólo la presión atmosférica, pero también que tiene la parte del fondo de forma plana. El casco del cilindro viene con un aislante térmico para bajas temperaturas y también en la forma del techo se construye como un domo o cono, para trabajar con presiones un poco mayores a la presión atmosférica de 0.034 a 0.103 Kg/cm².

- También se tienen recipientes de doble pared y estos también se parecen a los tanques atmosféricos en forma. Es característica de estos recipientes que el casco está construido por dos paredes verticales alrededor y paralelas con un material aislante entre ellos que no permite la fuga de calor entre la parte interior y exterior.

II.2.2.3 Norma api 650 para la fabricación de tanques de almacenamiento vertical.

En el ámbito de la ingeniería, los tanques verticales de tipo cilíndrico son construidos con la finalidad de almacenar líquidos, soportando grandes presiones internas originadas por el volumen ocupado del líquido y presiones externas originadas por los factores climatológicos a los que está expuesto el tanque debido a su emplazamiento. La densidad del producto influye directamente en el dimensionamiento de los espesores de las virolas del cuerpo que conforman el tanque y el fondo del mismo. Por ello, es necesario realizar el dimensionamiento de tanques que cumpla con los requisitos exigidos, acorde al procedimiento descrito por la norma API 650, la cual es la más utilizada en este ámbito; así como las comprobaciones pertinentes de estabilidad del tanque en cuanto a los efectos climatológicos y sísmicos de la zona donde se sitúan.

II.2.3 Proceso de fabricación de tanques de almacenamiento

Dentro de los procesos constructivos de los tanques de almacenamiento hay algunos procesos en los cuales se pueden realizar mejoras sustanciales, para ello los describiremos detalladamente. Dentro de estos procesos se tienen los siguientes:

II.2.3.1 Proceso de compras.

En el proceso de compras en las empresas de proyectos, es una necesidad estratégica lograr tener buenos contratos que aseguren su abastecimiento y seguridad en la entrega de los materiales de un proyecto. Los proyectos por lo general siempre están con los tiempos en contra; es por ello, que es muy importante llevar una buena gestión de compras en el proyecto. Para ello debemos ver y seguir estos pasos esenciales del proceso.

Una de las primeras actividades del proceso que debe tener en cuenta la compañía es identificar la necesidad. Una vez identificada se busca la respuesta que es la actividad de compra del bien o servicio. La actividad siguiente es la generación de un contrato con la transacción a realizar. Asimismo, las actividades intermedias aseguran que el proceso esté organizado y plenamente controlado. De este modo, logra que el resultado del proceso de compra, por la compañía, adquiera el producto adecuado a su necesidad y por el servicio de un proveedor homologado cuyo bien es el de mejor calidad y precio.

II.2.3.1.1 Requerimiento del producto.

Es necesario identificar la necesidad para la compra de un producto. Por ejemplo, una mediana empresa de proyectos requiere hacer tanques de almacenamiento para la gran empresa. Para hacer esto se requiere comprar acero en diferentes espesores y calidades. Luego, es el proceso de identificar la necesidad de requerir la compra del producto base del tanque, el acero adecuado en cantidades y tiempos de entrega.

II.2.3.1.2 Selección de alternativas de compra.

Se selecciona un producto específico para cubrir la necesidad. Por ejemplo, la empresa debe seleccionar acero para el proyecto entre las diferentes alternativas de compra a diferentes empresas del mercado y cubrir la necesidad de acero en los tiempos, los costos y la calidad requerida.

II.2.3.1.3 Proceso de compra.

Crear un equipo de trabajo para gestionar el proceso de compra. Es muy importante que se tenga completa la lista de características técnicas solicitadas para el producto final y el proceso de cotización por diferentes proveedores, así como la realización de un contrato para asegurar la entrega en tiempo y calidad requeridos.

II.2.3.1.4 Requerimientos y especificaciones de compra.

Preparar las especificaciones y características técnicas suficientes con la finalidad de asegurar que el producto cumpla los requerimientos del cliente y del proceso.

II.2.3.1.5 Presupuesto de compras.

Establecer un presupuesto adecuado de compras considerando los riesgos o retrasos en la realización del proyecto para la compra. Considerar el posible incremento o decremento dependiendo de la amplitud del rango de precios debido al mercado cambiante.

II.2.3.1.6 Tener siempre alternativas de diferentes proveedores.

Investigar en el mercado los diferentes tipos de bienes y servicios que cubren la necesidad que se requiere junto con la característica propia de sus proveedores, sirve para

conocer los modelos de mejor calidad y al mejor precio. Si la empresa metalmecánica decide comprar una máquina de soldar, se procede a investigar sobre la marca e información del fabricante que nos proporciona el producto más adecuado con mejor precio.

II.2.3.2 Cotizar adecuadamente.

Solicitar continuamente cotizaciones de los fabricantes y proveedores, así como de nuevos proveedores potenciales de los productos claramente identificados como estratégicos y que permita cubrir todas las especificaciones técnicas solicitadas.

II.2.3.3 Contrato de compra.

De cubrir adecuadamente los pasos anteriores es preciso seleccionar a los proveedores más adecuados de entre las cotizaciones enviadas y realizar el contrato de compra considerando los casos de desabastecimiento, o incremento de costos probable.

II.2.4 Habilitado

La habilitación de los materiales es un proceso de transformación que consiste en las actividades de preparación del acero para el siguiente proceso. Este puede ser el armado o soldado de la estructura o accesorio que va a ser fabricado o montado en obra, los cuales pueden ser el proceso de biselado, plantillado, lavado, arenado y limpieza superficial o armado de los materiales que luego pasarán a ser soldados o pintados. Este habilitado debe ser realizado para todos los elementos que componen el tanque.

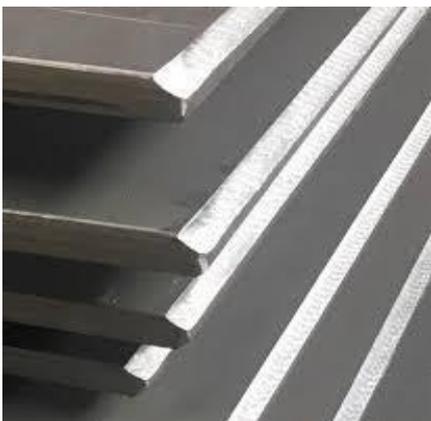


Figura n.o 11 Biselado de las planchas de metal.

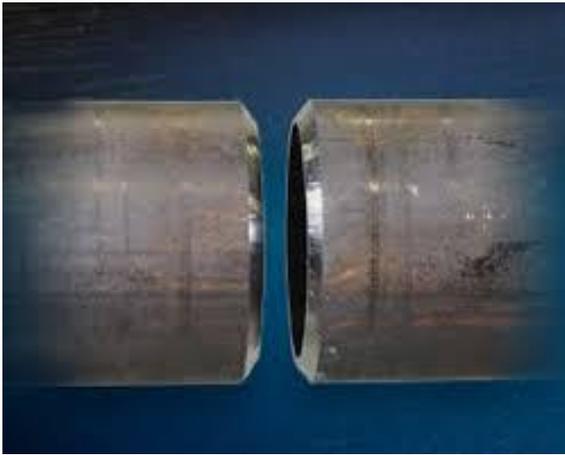


Figura n.o 12 Biselado de las juntas de tubos.

II.2.5 Fabricación de accesorios

Un tanque de almacenamiento está provisto de diferentes componentes o accesorios que son necesarios en su fabricación y montaje; cada accesorio tiene una utilización adecuada a los procesos requeridos en su funcionamiento. Entre ellos podemos distinguir las barandas de seguridad, los *Manholes* de mantenimientos de tanque, las boquillas de conexiones, la escalera helicoidal del tanque y las silletas de anclaje.

II.2.5.1 Barandas.

Una baranda es una protección para evitar caídas, o también conocida con el nombre de antepecho, y es fabricada en muchas de las formas de esta por pequeñas columnas y largueros. Estas pueden fabricarse de distintos materiales, tales como la madera, el acero al carbono y el acero inoxidable.

El uso que se les da a las barandas es el de soporte para evitar caídas de altura, por ejemplo, en el caso de las escaleras, donde funcionan como pasamanos para asegurar el ascenso o descenso por la misma.

Dentro de las funciones que cumple una baranda, hay una que se erige como primordial: la de prevenir una caída, no solo en los balcones o escaleras, sino también en obras de construcción de estructuras. En el caso que estamos estudiando, los tanques de almacenamiento se ubican en la escalera en caracol por la superficie lateral y en el techo del tanque en lo alto, donde se advierten continuamente riesgos de accidente. En esta situación, las barandas cumplen un notable rol preventivo en la seguridad en instalaciones estructuras y tanques.

Sin embargo, es importante la forma en las que éstas se disponen. Las mismas evitan todo riesgo de caída cuando están colocadas a lo largo del techo, cornisas y aberturas en los pisos y en los techos. Lo que se aconseja es que las barandas sean colocadas en los costados externos de la zona de trabajo cuando se está a más de 1.8 m de altura. Cuando la altura es inferior, las barandillas no son necesarias. Por el contrario, se las reemplaza con un equipo diseñado específicamente como protector de caídas. Lo que hay que tener en cuenta es que las barandas sean colocadas con gran proximidad a la orilla y que los postes y puntos medios que las constituyen soportan un peso de 200 libras.

Una baranda está compuesta por los siguientes elementos: la baranda propiamente dicha, las columnas intermedias, el rodapié para evitar que caigan objetos de los niveles más altos y los largueros medio. La baranda es un tubo que está en la parte superior lisa que garantiza, una vez tomada, la sujeción y prevención de la caída. Como ya se ha señalado, las barandas están construidas en acero al carbono y acero inoxidable (entre otros materiales), su resistencia tiene que corresponder a los 150 kg por metro lineal y su altura debe ser mínimo de 80 cm a partir del nivel del suelo. El montante, otro de los componentes de la barandilla, es un elemento vertical donde se asienta la baranda, el rodapié y el larguero medio. En el caso de este último, se lo denomina medio o intermedio justamente por su ubicación. Dicho larguero está ubicado entre el rodapié y la baranda. Su rol es el de ofrecer una segunda protección, puesto que evita que el cuerpo de una persona sobrepase la barandilla. Por último, tenemos al rodapié, también conocido como plinto, el cual está colocado sobre el suelo con el fin de impedir la caída de los objetos con los que se está desempeñando el trabajo de construcción.

La altura mínima que debe tener el rodapié es de 15 cm sobre el nivel del suelo. Es imperativo que esté formado por un elemento plano y de gran resistencia (muchas veces se recomienda una platina metálica de mínimo 100 mm de altura, que ofrece ambas características). Se exige, para garantizar definitivamente una máxima protección, que los elementos componentes de la barandilla sean de materiales rígidos y fuertes, para que su función preventiva pueda llevarse a cabo satisfactoriamente.



Figura n.o 13 Baranda helicoidal de un tanque y baranda superior.

II.2.5.2 Manhole de un tanque.

Todos los tanques cuentan con uno o varios manholes para revisión y mantenimiento de los mismos; estos pueden variar de tamaño dependiendo del uso que se les dé en la fabricación, montaje y reparación posterior de los tanques.

El manhole es una entrada para que una persona pueda realizar los trabajos respectivos dentro del tanque, estas pueden estar ubicados en la parte superior o también estar ubicados en la parte inferior lateralmente, varían también en sus tamaños y formas dependiendo del tamaño del tanque.



Figura n.o 14 Manhole de un tanque o entrada de hombre.

II.2.5.3 Boquillas de un tanque.

Son todas aquellas conexiones fijas que debe tener un tanque para el buen funcionamiento de los sistemas de carga y descarga de fluido que va a contener; estas boquillas pueden ser de diferentes dimensiones que estarán adecuados a la norma API 650 al respecto constructivo de estos elementos, las boquillas pueden ser para el ingreso de fluido, descarga de fluido, drenaje de tanque, venteo de gases, sistemas contra incendios, colocación de sensores y equipos de control de procesos del tanque de almacenamiento.



Figura n.o 15 Boquillas de un tanque.

II.2.6 Rolado

El proceso de rolado es un proceso de curvado de forma parcial o total, de forma cilíndrica o cónica que emplea una serie de rodillos que provocan flexiones en el material generando un curvado uniforme. Antes de rolar los extremos, deben estar pre curvados.

En términos generales, el rolado es un proceso mecánico en los cuales se hace pasar el material por unos rodillos que ejercen presión. Es un proceso de conformado por deflexión, se deforma una lámina metálica y se le da una superficie desarrollable, la cual puede extenderse sobre un plano sin sufrir deformación. Se caracteriza porque el espesor no varía con el curvado ya que la fibra neutra de la lámina permanece inalterable.

Antes de realizar el rolado de la lámina es preferible hacer el curvado de los extremos antes de hacerlo con el resto de la lámina. A esta operación se le llama precurvado.

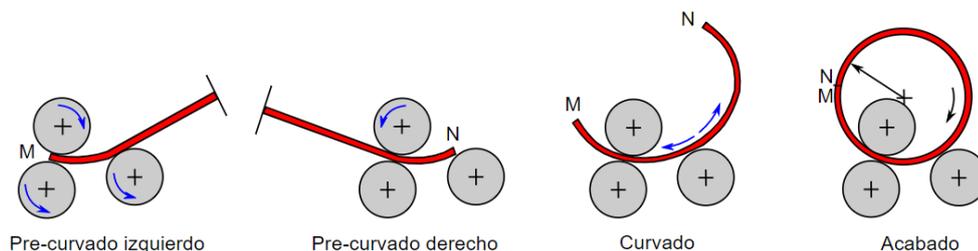


Figura n.o 16 . Procesos de rolados.

Para realizar los procesos de rolados se tienen diferentes tipos de máquinas roladoras de planchas, en el mercado hay roladoras de los tipos siguientes:

- Roladoras de rodillos asimétricos.
- Roladoras de tres rodillos.
- Roladoras de 4 rodillos.

Estas roladoras también pueden procesar las láminas de manera horizontal que son las más comunes tanto como las roladoras verticales que son las que podremos ver en el caso de nuestro trabajo de mejora.

Estas roladoras son convenientes para el proceso de rolado de los anillos verticales del tanque pues se puede rolar en el sitio de montaje.



Figura n.o 17 Roladora vertical de planchas.

II.2.7 Soldadura (ESAB)

En el proceso de soldadura de los tanques de almacenamiento se utilizan varios procesos entre ellos tenemos los siguientes:

Sistema SMAW, con varilla de soldadura.

Sistema GMAW, con atmósfera conductora, corriente alterna.

Sistema GTAW, con atmósfera controlada y corriente continúa.

II.2.7.1 Sistema Smaw.

El proceso de soldadura por arco o comúnmente llamado proceso SMAW, es quizá uno de los procesos más usados y existen muchas técnicas en este proceso. La técnica más conocida es la soldadura por arco eléctrico con un material de aporte que es electrodo metálico revestido (escrito de esta manera, por sus letras iniciales en inglés, como SMAW). También lo conocen como soldadura por arco eléctrica con material de aporte, una varilla con recubrimiento o también es soldadura manual de arco eléctrico.

Son técnicas de Soldadura basadas en el calentamiento del metal a soldar hasta el punto de fusión por el arco eléctrico, la energía de calentamiento es generada por un transformador de corriente entre el acero, que es el metal base, y el electrodo, el cual es el material de aporte para la soldadura a realizar y está recubierto con fundentes, y químicos que funden el acero y generan una atmósfera inerte para una mejor conducción del arco eléctrico.

Podemos ver el proceso SMAW en la figura líneas abajo:

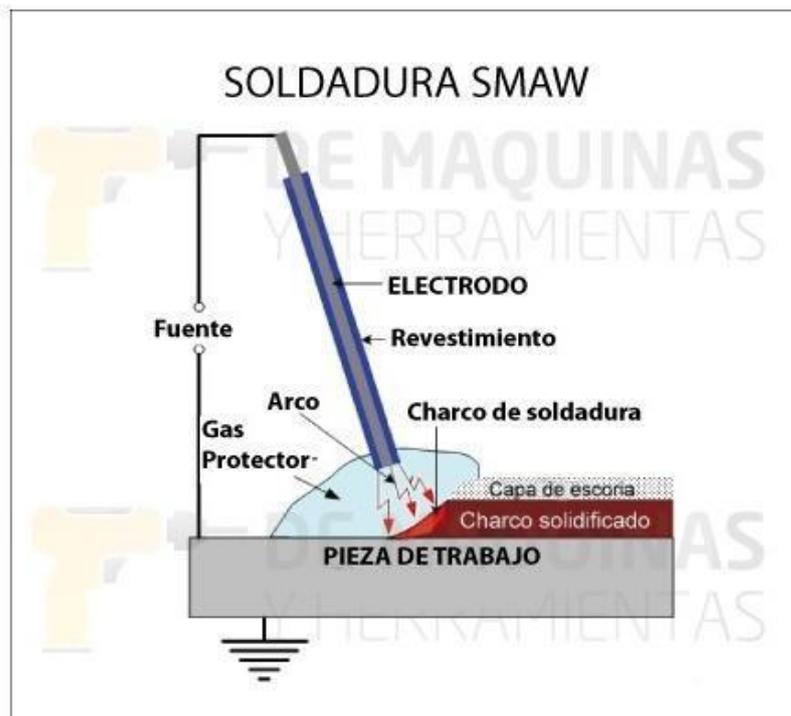


Figura n.o 18 Soldadura con varillas como material de aporte proceso SMAW.

II.2.7.2 Soldadura Mig.

El proceso de soldadura tiene un sistema de alimentación que impulsa en forma automática y a velocidad predeterminada el alambre-electrodo hacia el trabajo o baño de fusión, mientras la pistola de soldadura se posiciona a un ángulo adecuado y se mantiene a una distancia de la tobera-pieza adecuada para lograr una buena penetración.

La soldadura MIG tiene características propias muy importantes para soldar aceros, aquí mostramos algunas:

- El arco eléctrico, al igual que en el proceso SMAW, es observable fácilmente por el operador.
- La pistola de soldar y los cables con los electrodos de soldadura son de bajo peso lo cual los hace fáciles de manipular.
- Al ser de alimentación semiautomática, lo hace bastante versátil y fácil de trabajar en corridas de soldadura larga en la construcción de los tanques de almacenamiento se usan mucho.
- Aporte rápido de soldadura.
- Alto rendimiento.
- Posibilidad de automatización.

El sistema MIG requiere del siguiente equipo para su funcionamiento:

- Una máquina soldadora.
- Un alimentador que controla el avance del alambre a la velocidad requerida.
- Una pistola de soldar para dirigir directamente el alambre al área de soldadura.
- Un gas protector, para evitar la contaminación del baño de soldadura.
- Un carrete de alambre de tipo y diámetro específico.

II.2.8 Limpieza superficial de tanques (CYM materiales S.A., 2015)

En los tanques es necesario una correcta preparación del área que va a ser limpiado de las planchas de acero previo a la aplicación de la pintura en los tanques. Esto garantizará una mejor adherencia a la resistencia de la pintura debido a la rugosidad de la superficie obtenida por el bombardeo del elemento abrasivo de limpieza ya sea granalla o arena sobre la superficie.

Hay que considerar que, en la aplicación adecuada de la pintura, siempre es necesario evaluar las condiciones generales existentes y considerar los factores, tales como las condiciones ambientales, seguridad del personal, protección de maquinaria.

Los trabajos de preparación de superficies están normalizados por varias asociaciones internacionales siendo una de las más difundidas la norma americana SSPC (*Steel Structures Painting Council*, Pittsburgh, EUA), el cual define en cada categoría los distintos procedimientos requeridos para realizar una correcta limpieza de superficie previa a la aplicación de un revestimiento o pintura.

Norma SSPC	Descripción		Última revisión
SSPC-SP COM	Comentarios sobre Preparación de superficie para acero y sustratos de hormigón		Mar 2015
SSPC-SP 1	Limpieza con Solventes		Abr. 2015
SSPC-SP 2	Limpieza con herramientas manuales	Cepillos, lijas, etc	Nov. 2014
SSPC-SP 3	Limpieza con herramientas manuales mecánicas	Herramientas eléctricas o neumáticas	Nov. 2014
SSPC-SP 5 / NACE Nº 1	Limpieza con Chorro de abrasivo	Granallado Metal Blanco	Ene. 2007
SSPC-SP 6 / NACE Nº 3	Limpieza con Chorro de abrasivo	Granallado Comercial	Ene. 2007
SSPC-SP 7 / NACE Nº 4	Limpieza con Chorro de abrasivo	Granallado Ligero	Ene. 2007
SSPC-SP 8	Decapado químico		Nov. 2014
SSPC-SP 10 / NACE Nº 2	Limpieza con Chorro de abrasivo	Granallado Semi-Blanco	Ene. 2007
SSPC-SP 11	Limpieza Manual con herramientas mecánicas	Limpieza metal limpio o desnudo c/ rugosidad mínima de 25 micrones	Jul. 2012
SSPC-SP 12 / NACE Nº 5	Limpieza con Agua presión - Waterjetting	Reescrita en Julio 2012 y reemplazadas por las normas SSPC-SP WJ-1,2,3, y 4	Jul. 2002
SSPC-SP 13 / NACE Nº 6	Limpieza de concreto		Mar. 2003
SSPC-SP 14 / NACE Nº 8	Granallado industrial		Ene 2007
SSPC-SP 15	Limpieza Manual con herramientas mecánicas	Limpieza comercial con rugosidad mínima de 25 micrones	Jul. 2012
SSPC-SP 16	Limpieza metales no ferrosos	Galvanizado, Acero Inoxidable, cobre aluminio, latón, etc.	Abr. 2010

Nota: los datos se actualizan conforme van evolucionando la norma SSPC. (revisión agosto 2015)

Figura n.o 19 Limpieza superficial según la norma SSPC

SSPC-SP-10 NACE-2

Limpieza con chorro de abrasivo grado cercano al blanco.

Con este tipo de limpieza, mediante partículas abrasivas a presión, a través del cual es removido toda la herrumbre y el millscale u otros materiales extraños.

Debe eliminarse toda sombra de oxidación visible en un 95%; estos procesos de limpieza por medio de partículas abrasivas de las superficies con los grados de calidad son determinados por el tiempo empleado del chorro en la limpieza. A mayor tiempo de limpieza, mayor calidad en la limpieza.

II.2.9 Procedimiento de preparación y aplicación de pintura (Pedro Juan Dávila Zúñiga, 2018)

Dentro de los procedimientos de fabricación y montaje de tanques de almacenamiento verticales, tenemos el procedimiento de pintura de tanques y, entre los procesos, podemos mencionar como mezclado, homogenizado y dilución, aplicación de la pintura, reparación de pintura y las pruebas de adherencia.

II.2.9.1 Mezclado, homogenización y diluido.

Los procesos de mezcla entre los componentes de la pintura. Entre los tipos de pintura, se tiene un componente resina y el endurecedor que logra tener efectos en 4 horas de aplicado, en promedio, y que generalmente se utiliza para aplicar en la superficie de estos tanques de almacenamiento vertical. Cada fabricante recomienda un proceso a seguir para este proceso, claro que debe ser homogenizado y diluido para lograr una aplicación correcta del proceso descrito por cada especificación técnica del fabricante.

En el proceso de mezclado la finalidad es homogeneizar adecuadamente la mezcla en proporción y viscosidad de aplicación. La capacidad de la pintura preparada mayormente en estos equipos *Airless* es menor a 18 litros.

Por seguridad, este proceso de mezcla en estos equipos debe hacerse con sus recipientes abiertos y debe realizarse en ambientes ventilados y distantes de los puntos de ignición y chispas.

Es parte del proceso inspeccionar el fondo del recipiente del equipo de pintura para verificar si el pigmento no quedó sedimentado o fue mal homogenizado con la pintura.

Una de las reglas importantes para la homogeneización de las mezclas de pinturas que tienen dos o más componentes es que los componentes deben ser homogeneizados por separado y, luego, unirse en una mezcla, tal como lo recomiendan los fabricantes de forma con sus especificaciones técnicas. De acuerdo con los procesos y recetas recomendados por los proveedores, sea en cantidades adecuadas para una correcta aplicación y, así, medidos en volúmenes ya calibrados.

El proceso de homogeneizar y mezclar debe ser muy bien realizado por el operador responsable del proceso, no deben tener los llamados velos o líneas de color diferente y la apariencia final luego del homogenizado debe ser uniforme.

La pintura sobrante no debe permanecer en los equipos, el depósito mangueras y pistolas, debido a que estas están en un proceso de curado y el tiempo siempre endurece estos restos rápidamente. debe agotarse estos restos en el proceso.

Si en caso hubiera necesidad de diluir para facilitar la aplicación mediante la pistola, debe diluirse con el solvente adecuado por el fabricante, y es recomendable no excederse en las cantidades recomendadas por los proveedores. Esto aplica para cada caso aplicado.

También es importante el proceso de la adición del diluyente durante el proceso de homogeneizado en la mezcla. No se debe permitir a los operarios pintores adicionar más diluyente a la mezcla después de que este alcance la viscosidad correcta.

La aplicación de la pintura se realiza según los siguientes detalles:

- Antes de la aplicación de la pintura, es necesario una buena inspección de la superficie a aplicar, verificar que la limpieza superficial cumplió el requerimiento de limpieza manual o mecánica si se eliminaron todos los puntos de corrosión, grasa, humedad o materiales extraños presentes en la superficie.
- El proceso de limpieza superficial inicia con limpieza de polvo o partículas extrañas en la superficie. También se usa un lavado con detergentes con agua a presión para lavado y enjuague de la superficie, pero debe removerse el polvo o restos también con aire a presión previo al lavado.
- Es regla de buenas prácticas de pintura que debe pintarse o aplicarse siempre y cuando ésta reúna las condiciones adecuadas de pintura, a saber, cuando la humedad relativa del aire fuera superior al 85%.
- La aplicación de la pintura solo es recomendada hacerla en las horas del día, ya que se puede inspeccionar adecuadamente y de mejor manera una correcta aplicación debido a la buena visibilidad e iluminación.

- Cuando las condiciones climáticas no sean adecuadas, se puede crear un microclima con un ambiente creado por carpas y algunas luminarias que generan temperatura y un ambiente seco ideales para la aplicación. Por supuesto las luminarias tienen que ser anti explosión para cumplir con los requisitos de seguridad.
- Cuando la aplicación de la pintura por pistola sea difícil de aplicar en determinados lugares tales como aristas, grietas, y algunas soldaduras, se recomienda realizarla con brocha.
- Es importante que la aplicación a toda la superficie debe aplicar un espesor bastante uniforme y constante, pero no debe tener defectos como poros, goteo, burbujas, grietas etc.
- Cuando se aplica un espesor de pintura insuficiente en determinadas zonas o áreas o que estas presenten defectos, estas zonas deben repintarse hasta conseguir el espesor adecuado.
- Los fabricantes de pinturas recomiendan los espesores recomendados dentro de sus especificaciones técnicas y que están en tablas que ya testearon en pruebas anteriores.
- Después de cada aplicación y si se tiene que aplicar una pasada adicional es necesario que se haga un proceso de lijado previo a la pasada para mejorar la adherencia de la pintura siguiente.
- Durante la aplicación y secado de la pintura, debe ser tomado todo el cuidado para evitar contaminación de la superficie por cenizas, sales, polvo u otras materias extrañas.
- Las partes y accesorios que son pintados, como las tuberías o partes de estructura y soportes que no son instalados aún deben ser almacenados adecuadamente, apartados del suelo y cuidando que no reciba golpes, tierra, contaminación, etc.
- Las partes pintadas, como estructuras y tuberías pintadas previos a la instalación, no deben ser manipuladas sin haber transcurrido el tiempo recomendado de secado.

II.2.9.2 Métodos de aplicación.

Los métodos más comunes de aplicación dependen mucho del tipo de pintura a aplicar y la viscosidad del fluido, porcentaje de sólidos y el espesor de película de pintura

aplicada. Estas pueden ser equipos de aplicación de alta presión con pistola y de aplicación manual.

II.2.9.2.1 Métodos de aplicación.

- Para la aplicación de la pintura una forma de control del proceso en el equipo es que debe tener manómetros y reguladores para el aire y los recipientes de pintura.
- Regular la presión del equipo de pintura hasta lograr el haz correcto en el pulverizado con las indicaciones y recomendaciones del proveedor de pintura.
- Todos los accesorios tales como boquillas, agujas, mangueras deben ser los adecuados y recomendados por el proveedor del equipo y de la pintura a ser aplicada.
- Cuando se realiza la aplicación, la pistola de pintura, como procedimiento, se mantiene perpendicular a la superficie que se va a pintar, pero siempre a una misma distancia durante la aplicación, pues esta debe asegurar una deposición de la pasada de pintura en la misma proporción durante toda la aplicación.
- El procedimiento de aplicación con pistola de pintura, pero no es recomendable su aplicación en lugares de fuertes vientos, ni es bueno usarlo en estructuras sumamente delgadas ya que ocasionan pérdidas de pintura en la aplicación.

Aplicaciones y Colores Finales

Las pasadas de pinturas y, por último, el acabado, deben aplicarse de acuerdo al RAL de colores especificados por los fabricantes y los requerimientos del cliente.

II.2.9.3 Reparación de pintura (Touch up).

En todos los proyectos, al final de la instalación de los tanques, siempre se tienen daños a la pintura en las estructuras o tuberías, que son ocasionados por las maniobras o soldadura estos daños se pueden retocar y reparar de acuerdo al procedimiento exigido para estos casos por el cliente (Touch up), deberá de tener cuidado de lograr el color original.

Para aquellas superficies de difícil acceso o formas complicadas donde no llegan los procesos de limpieza superficial como la granalla o arena los procesos de limpieza deben ser limpiados mecánicamente hasta alcanzar la limpieza SP05 o SP10 según se requiera, siempre debe ser considerando las condiciones ambientales necesarias y adecuadas.

II.2.9.3 Prueba de adherencia de la pintura.

Las pruebas de adherencia de los diferentes tipos de pinturas para los tanques están normadas de acuerdo a la Norma ASTM D 3359 (*Standard Test Methods for Measuring Adhesion by Tape Test*).

Método A: Este método se realiza en la probeta con dos cortes de medidas de 40 mm los cuales deben formar una X formando un Ángulo 45° o 30°, después se pasa la cinta adhesiva y esta debe adherirse a la superficie con el trazo efectuado, se retira la cinta de manera rápida de un solo Jalón luego de retirar la cinta revisamos el efecto de la cinta sobre la superficie, los cuales se pueden definir según los criterios en la norma

5A: No se pela,

4A: Se pela solo en los trazos o la intersección,

3A: Se pela hasta 1,6 mm de las incisiones,

2A: Se pela hasta 3,2 mm de las incisiones,

1A: Se pela la mayoría del área dentro de la X y 0 A: Se pela incluso más allá del área de la X).

En el análisis de calidad de la pintura se considerará como aceptable una adherencia 2A o el grado superior.

Sistemas de medición y pruebas: Es imprescindible que los instrumentos, herramientas y equipos que van a ser utilizados para la medición de los procesos de calidad, deben estar calibrados por una entidad acreditada, debe contar con certificados vigentes a la fecha de auditoría.

Mano de Obra, Herramientas y equipos.

Mano de Obra:

- Jefe de Obra.
- Inspector de Calidad.
- Monitor de SSMA.
- Operador Compresor.
- Arenador.
- Ayudantes Generales.

Equipos y Herramientas:

- Compresor.
- Equipo arenado.
- Secador arena.
- Equipo de pintura.

-
- Mangueras.
 - Caballetes.
 - Baldes.
 - Manlift.
 - Andamios.
 - Plataformas.
 - Escaleras.
 - Camioneta de apoyo.
 - Equipos de medición y control.
 - Carpas.
 - Pantallas antiexplosivas.
 - Estufas antiexplosivas.

II.2.10 Pruebas del tanque

Las pruebas que se requieren para asegurar la calidad del tanque luego de su fabricación y montaje son las siguientes:

- Pruebas hidrostáticas o de estanqueidad.
- Pruebas neumáticas de la soldadura del tanque.
- Pruebas de vacío de soldadura.
- Pruebas de aceite en caliente.
- Pruebas radiográficas o de ultrasonido.

II.2.10.1 Pruebas hidrostáticas.

Dentro de las pruebas importantes que se realizan a los tanques de almacenamiento se encuentran las pruebas Hidrostáticas, estas se realizan generalmente en las líneas de tuberías, tuberías de transporte y en la fabricación de hidrocarburos.

La finalidad de la prueba de estanqueidad o hidráulica, permite asegurar la calidad de la fabricación en la resistencia estructural de gran parte de sus elementos, la obra civil como las bases de los tanques los cuales estarán sometidos a una gran carga como peso estructural, la hermeticidad de los sistemas de ingreso y salida de los fluidos tales como hidrocarburos en gases o líquidos, y algunos fluidos peligrosos, estas pruebas son utilizadas en muchas instalaciones pueden ser terrestres o marinas incluyendo sus servicios auxiliares.

El test de estanqueidad generalmente se aplica en tanques de almacenamiento es la aplicación de una presión debido al peso y presión de un fluido, generalmente es agua que se llena al tanque hasta la parte superior a fin de verificar los componentes boquillas manholes y bridas, con el fin de verificar la hermeticidad, La prueba Hidráulica debe ser testeada a todo equipo nuevo, por el tamaño de los tanques está generalmente se realiza en el lugar del montaje en caso de una construcción o proyecto industrial.

En muchos casos de mantenimiento y reparación de tanques y líneas de tuberías se debe aplicar La prueba hidrostática. La prueba hidrostática suele determinar lo siguiente:

- La calidad de las actividades de fabricación o reparación.
- Determina la confiabilidad de las operaciones al final del proceso de montaje en nuevos equipos, así como dar seguridad de las instalaciones.
- Detectar fugas.

Normas usadas en la prueba hidrostática

Es un requerimiento para la entrega de tanques realizar las pruebas hidrostáticas siempre para los siguientes sistemas que se tienen en los tanques de almacenamiento.

Es por ello que se utilizan las siguientes normas de aplicación

- ASME B31.3 – Tubería de Procesos.
- ASME B31.4 – Tubería de transporte de hidrocarburos.
- API 650/653 – Pruebas Hidrostáticas en tanques de almacenamiento.
- ASME VIII Div.1 / API 510 – Pruebas Hidrostáticas en Recipientes a Presión.

II.2.10.2 Pruebas neumáticas.

Es una prueba requerida para soldaduras de boquillas y solapas de refuerzo en tanques de almacenamiento atmosférico, es imprescindible verificar la hermeticidad de dichas soldaduras cada vez que se les dio mantenimiento preventivo o cuando son equipos nuevos, esto para asegurar la correcta operación y funcionamiento de las boquillas.

La prueba consiste en aplicar presión neumática al interior de las solapas que refuerza las boquillas, la presión deberá ser de máximo 3 kg/cm² y se deberá aplicar presión el tiempo suficiente para inspeccionar visualmente las juntas al 100 % con ayuda de solución jabonosa para identificar posibles fugas.

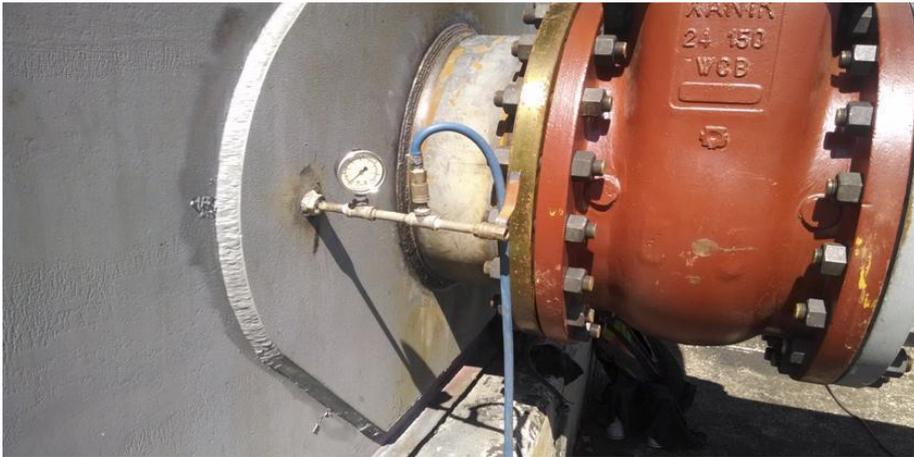


Figura n.o 20 Prueba neumática de boquillas.

II.2.10.3 Pruebas de vacío de la soldadura de tanques.

Es un procedimiento bastante eficaz para verificar la soldadura de los tanques en los techos y fondos es normado y aprobado por La API 650. La prueba es mediante el vacío generado por una bomba el cual se concentra en una caja de metal de aproximadamente de 900 mm por 150 mm de ancho, con una tapa de doble cristal y el fondo abierto para la zona a medir o revisar en la soldadura, además este vacío generado se medirá con un manómetro de vacío. En los bordes inferiores de esta caja se colocan jebes o una goma especial para sellar al momento de generar el vacío; todas las costuras soldadas se les remojan con solución jabonosa, se les coloca la caja sobre el cordón de soldadura enjabonada que por presión negativa si hubiese fuga se generarían burbujas, la inspección se hace al 100 de las costuras en techo y fondo del tanque.



Figura n.o 21 Prueba de vacío de la base del tanque.

II.2.10.4 Pruebas de aceite en caliente.

Las pruebas de aceite en caliente son para verificar la costura del fondo del tanque entre el cuerpo lateral del tanque y la base del fondo que está soldada, se calienta keroseno a una temperatura superior a 80 grados C, el aceite se vierte de a pocos en todo el perímetro de esta costura desde el interior y se verifica si existiera fuga en la parte exterior o alguna mancha de aceite que pueda mostrarse.

II.2.10.5 Pruebas con líquidos penetrantes.

Dentro de los ensayos utilizados para validar la calidad de la soldadura, tenemos los ensayos de tintes penetrantes es un método de ensayos no destructivos muy usado por las empresas por su bajo costo. Se utilizan sobre metales, para encontrar diversos defectos por agrietamiento de las superficies que ocurren durante los procesos de soldeo, forja o fundición. Las grietas también son a su vez detectadas las cuales incluyen fisuras finas, fisuras por fatiga en componentes en servicio.

La prueba de tintes penetrantes consiste en varias actividades durante su proceso entre ellos tenemos:

- primero hacer una limpieza el objeto a ensayar

- Aplicar el líquido penetrante con una tinta y esperar a que el líquido penetre en todas las fisuras de ser el caso
- Después de la espera adecuada para la penetración del líquido se procede a remover el líquido penetrante del área testeada.
- Luego se procede a usar un líquido revelador de fisuras que son visibles las fisuras a luz blanca o ultravioleta. (ASTM International- Standards, 2013)

Los ensayos con líquidos penetrantes consisten en la aplicación de un líquido sobre la superficie del cuerpo a examinar, que penetra por capilaridad en las imperfecciones de la soldadura. Una vez limpiado el exceso, nos revelará el que ha quedado retenido en la imperfección (poros, fisuras, etc.).

Se conocen dos tipos de líquidos penetrantes, los tintes **fluorescentes** y los tintes **no fluorescentes**. Estadísticamente los más usados son los no fluorescentes.

Podemos diferenciar los dos tipos de líquidos penetrantes de la siguiente manera:

- **líquidos penetrantes fluorescentes:** es debido a la tinta que contiene en su composición que se activa en luz ultravioleta.
- **líquidos penetrantes no fluorescentes:** estos tintes están compuestos con un pigmento que contrasta bajo luz blanca.

Proceso de limpieza de la pieza u objeto

Las piezas a examinar han de estar limpias de sustancias extrañas como grasas, óxidos, aceites, escorias, pinturas, etc. Para dicha limpieza se utilizan diferentes detergentes, disolventes, decapantes, etc. Una vez terminado el proceso de limpieza hay que dejar la pieza a examinar totalmente seca.

Proceso de aplicación de tinte penetrante

Aplicación del líquido penetrante. El líquido penetrante se puede aplicar de tres maneras distintas, como pueden ser por inmersión en un baño, pulverizando el líquido sobre la pieza (spray) y extendiéndose sobre la pieza con una brocha, usándose normalmente un pigmento rojo.

El penetrante ideal para fines de inspección deberá reunir las siguientes características:

1. debe ser resistente a la evaporación.
2. Debe ser fácilmente aplicable.

3. Altamente fluido de baja viscosidad para penetrar orificios y grietas muy pequeñas.
5. Fácil de mantener color.
6. Una vez detectado difícilmente se eliminará.
7. Fácil de expandirse en capas muy finas.
8. De fácil absorción de la discontinuidad.
9. Bastante estable bajo las condiciones normales de almacenamiento y con costos bajos.

Tiempo de espera para la penetración del tinte

El tiempo que se debe esperar para que el líquido aplicado penetre el objeto adecuadamente en los defectos de la pieza a inspeccionar. Generalmente se tiene control por reloj o cronómetro del tiempo, este viene en las recomendaciones del fabricante.

Remoción de tinte penetrante

Luego de la espera adecuada se hace la operación de limpieza del líquido sobrante en la pieza. Esta se puede realizar de varias formas; una de ellas tiene un procedimiento por inmersión; otra, por medio de spray o por rociado del objeto en aplicación de líquido de limpieza.

Aplicación del líquido revelador

Para la aplicación del revelador, existe el procedimiento. Para sus usos, hay que aplicar sobre la zona expuesta y, aplicada por el tinte penetrante, este revelador generalmente es de color blanco, se aplica, con spray o pulverizado, se maneja con bastante precaución ya que son líquidos que se gasifican. Cuando se aplica este líquido a las partes del objeto y sus zonas críticas, las zonas de la pieza que se encuentren con algo de restos de líquido penetrante, se mostrarán de manera inmediata, siendo observable a simple vista.

Revisión y análisis del objeto

Los defectos luego de la aplicación del revelador se muestran marcados de forma clara y notoria en la pieza que se examina, esta se inspeccionará bajo la luz natural para mostrar puntos o líneas rojas en las zonas con defectos.

Limpieza final de la pieza.

Luego de la inspección, se procede a eliminar los restos de líquidos remanentes de la prueba, ya sean penetrantes o reveladores. Con ello, se limpia con disolventes o detergentes según sea el caso.

II.2.10.6 Touch up final de pintura.

En los tanques, una vez finalizados los montajes de accesorios de barandas y escaleras, se encuentran los temas de necesidad de retoques de pintura debido a los trabajos posteriores de montaje que pueden malograr algunas partes de la pintura final de los componentes; es por esta razón que se crea la necesidad de tener un proceso de resane de pintura (Touch up). Para ello, se encontrarán algunas consideraciones importantes en este proceso, con respecto a la pintura en las planchas para la fabricación de tanques de almacenamiento, esta se realiza con pintura base de zinc inorgánico de acuerdo a la guía de la SSPC (PS Guide 12.00, Guide to Zinc-Rich Coating Systems).

En los proyectos de construcción de tanques se planifican una serie de actividades secuenciadas y se estima los tiempos de todo el proyecto, en el proceso de pintura siempre se extiende el tiempo por diversas razones entre las cuales está la calidad de la pintura el repintado. Con esa consideración, se recomienda pintar la cara exterior del casco techo y fondo de las planchas metálicas con recubrimientos a base de zinc inorgánico para luego para tener solo el proceso de pintura en la obra (proceso como comúnmente se realiza), esta pintura tiene muchos beneficios tales como: muy buena protección anticorrosiva, tiempo de vida del repintado es ilimitado, buena performance en los trabajos de soldadura, entre muchos que hay. Lo podemos ver en la guía SSPC (PS Guide 12.00, Guide to Zinc-Rich Coating Systems).

Las pinturas ricas en base zinc son muy común usarlos en los procesos de pintura para tanques de almacenamiento u otras infraestructuras que están sometidos a un ambiente agreste, que se encuentran mayormente en zonas costeras (Categoría C5 – ISO 12944) y se espera una muy buena performance y duración.

Estas reparaciones (*touch up*) se realizan con recubrimientos a base de zinc orgánico previa preparación superficial según SSPC SP11 (Preparación Superficial con herramienta motriz al metal desnudo).

La PS Guide 12.00, Guide to Zinc-Rich Coating System, La norma y los procedimientos de pintura nos muestra que, los productos con buen porcentaje de zinc, y que son expuestos a un ambiente agreste, se formará una pequeña película de óxido protector tales como sales, óxidos de zinc y carbonato de zinc, esto hará que el acero sea

protegido por esta capa mediante protección galvánica debido al Zinc. A medida que el óxido de zinc es sacrificado como ánodo, los elementos de esta corrosión llenan esos espacios para formar una capa protectora base zinc. Si esta protección es levantada por alguna razón y se deja el acero exponiéndose al medio ambiente agresivo, la protección galvánica y el circuito que se formara debido a esta protección será llenada nuevamente hasta que la zona sea llenada nuevamente de una película de óxidos de zinc, las cuales para el siguiente proceso podrá ser limpiadas fácilmente con agua a presión cuando se tenga que realizar la aplicación de la siguiente capa de pintura.



Figura n.o 22 Imprimación de planchas con Zinc Inorgánico – JET ZINC I860



Figura n.o 23 Proceso de pintado del tanque.

II.2.10.7 Revisión final y entrega.

El proceso de revisión final del producto de parte del cliente consiste en revisar el cumplimiento de todos los requisitos explícitos e implícitos del proyecto y características del producto contempladas en el alcance del proyecto que hayan sido culminadas de y aprobadas de manera satisfactoria por las diferentes áreas del cliente. Luego del cual se emitirá el documento de entrega del producto especificando el cumplimiento de los requisitos del alcance.

II.3 Definición de Términos Técnicos

Las definiciones de los conceptos más importantes y que serán utilizadas en el presente trabajo de investigación y su relación con la variable independiente serán mostradas y explicadas, las razones del porque se encuentran relacionadas con las variables dependientes y su relación entre ellas, entre ellos tenemos los siguientes:

1. Costos de fabricación y montaje. El costo de fabricación representa el gasto directo de elaboración del producto. Se compone de tres conceptos:

Materiales

Mano de obra directa

Costos indirectos de fabricación (CIF)

Costos financieros.

$$Cf = \text{material} + \text{mod} + \text{CIF} + \text{costos financieros}$$

2. Mejora de procesos. La ciencia y la tecnología se han incorporado como componentes esenciales de la evolución e innovación de productos, servicios y procesos, y su implementación se ratifica en la actualidad como una de las variables de diferenciación y supervivencia en la ahora llamada «Aldea Global»¹ Precisamente este entorno globalizado al que las empresas de hoy se ven enfrentadas, las obliga a adoptar, establecer y conseguir ventajas competitivas, y para ello deben prepararse (Núñez, Vélez, & Berdugo, 2004). La mejora de procesos en la fabricación de tanques es una necesidad debido a la competencia entre los fabricantes de la mediana industria, que cada día los clientes requieren mayores niveles de exigencia y calidad cada vez y menores en tiempos de ejecución, los equipos automatizados en los procesos de fabricación permiten en la actualidad reemplazar en diversos procesos que se ejecutan con la mano de obra humana, estas a su vez tienen rendimientos muy superiores y se añadan a las mejoras de procesos en velocidad de avance y calidad.

Está demás indicar que los equipos automáticos tienen condiciones STD de trabajo e indicadores de producción constantes, a diferencia de la mano de obra de operario en operaciones manuales que no pueden mantener un ritmo constante durante toda la jornada, los cuales presentan problemas por las condiciones de trabajo, por el tiempo continuo de trabajo, por la fatiga presentada, por la calificación, etc.

3. Gestión de la calidad. La Gestión de la Calidad se ha convertido actualmente en la condición necesaria para cualquier estrategia dirigida hacia el éxito competitivo de la empresa. El aumento incesante del nivel de exigencia del consumidor, junto a la explosión de competencia procedente de nuevos países con ventajas comparativas en costes y la creciente complejidad de productos, procesos, sistemas y organizaciones, son algunas de las causas que hacen de la calidad un factor determinante para la competitividad y la supervivencia de la empresa moderna (Camison, Cruz, & Gonzáles, 2006). El cumplir requisitos del cliente sin reprocesos y procesos no conforme representa un reto en los proyectos de fabricación y montaje de tanques, los procesos mejorados en base a uso de tecnología automatizada permiten que los procesos como la soldadura y la pintura puedan ser controlados y tener un proceso continuo con las mismas características y requisitos solicitados por el cliente. Se puede reemplazar algunos procesos manuales con equipos que pueden realizar los mismos procesos y con mejor rango de aceptación permitiendo que el riesgo de generar producto no conforme se reduzca.

4. Gestión de la seguridad. Cualquier falla en una operación industrial puede tener efectos simultáneos sobre la calidad del producto, la seguridad y la salud de los trabajadores y el medio ambiente. De igual manera, determinadas prácticas que pueden permitir aumentar las ratios de productividad o la calidad, pueden repercutir negativamente en la seguridad, salud ocupacional y condiciones adecuadas del medio ambiente y viceversa. La forma óptima de equilibrar estas tres facetas de una forma consistente es a través de un sistema de gestión coherente, práctico y eficaz con una política integrada de que logre la satisfacción de todas las partes interesadas:

clientes, accionistas, personal, proveedores y sociedad en su conjunto según Fernández, (Fernández, 2005). La seguridad en las empresas hoy en día es una exigencia de acuerdo a ley y que deben adecuarse las empresas cuando los procesos mayormente son manuales requiere mayor supervisión y control en las operaciones, los riesgos de accidentes aumentan a medida que aumenta el número de personas laborando, bajo esa premisa reducir el número de trabajadores con procesos automatizados y evitando también el ambiente agresivo del proceso, se puede lograr

reducir el riesgo de accidentes e incidentes, además es posible gestionar de manera más objetiva la seguridad en algunos procesos que son críticos.

5. Rentabilidad del proyecto. En proyectos de infraestructura cuando se revisan los procesos de evaluación de proyectos es muy común relacionar el uso de indicadores de rentabilidad, tales como VAN (Valor Actual Neto), TIR (Tasa Interna de Retorno) y en algunos casos se menciona al Valor Económico Agregado (EVA).

Por esta razón Andia menciona que es muy importante estos conceptos para lograr una mejora en los procesos de evaluación de proyectos. Es muy común observar en el país y en latino América que la evaluación de proyectos de construcción está muy relacionada con las finanzas, Las finanzas influyen los proyectos y la dirección de estos, esto se puede ver por el uso de herramientas financieras para la gestión de proyectos, por cierto, muy distinto al enfoque económico de los proyectos. Una herramienta muy usada es el flujo de caja y los estados financieros a los que comúnmente se les llama flujo de fondos. Así también el VEA (Valor económico agregado) es una herramienta netamente financiera que se utiliza en forma complementaria con el VAN (Andia, 2011).

III. HIPÓTESIS

Las hipótesis como concepto son respuestas para las aseveraciones hechas que están basadas en conocimiento científico técnico de algún problema, podemos definir las como guía de una investigación, las hipótesis nos llevan a querer probar lo que se afirma y podemos mencionarlas como explicaciones tentativas de lo que se investiga. Obviamente estos estudios parten de la teoría ya existente según (Williams, 2003) y deben formularse a manera de proposiciones lógicas. Está demás decir que lo podemos interpretar como respuestas provisionales a las preguntas de investigación. Luego de realizada esta investigación podemos afirmar si la hipótesis es rechazada o aceptada. Las hipótesis son el centro, la médula o el eje del método deductivo cuantitativo según lo define (Hernández, Fernández, & Baptista, Metodología de la investigación, 2010).

III.1 HIPOTESIS GENERAL

Si se Implementara la mejora de procesos en la fabricación y montaje de tanques de almacenamiento verticales bajo la norma API 650 se mejoraría la rentabilidad en un 20%, mejorando los procesos de fabricación y montaje con el uso de herramientas y equipos con tecnología.

III.2 Hipótesis específicas

HE1. Si se mejoraran los procesos en la fabricación y montaje de tanques de almacenamiento verticales bajo la norma API 650, se reducirían algunos de los costos debidos a la fabricación y montaje de los tanques de almacenamiento.

HE2. Si se mejoraran los procesos en la fabricación y montaje de los tanques de almacenamiento verticales bajo la norma API 650, se mejora la calidad final del producto

HE3. Si se mejoraran los procesos en la fabricación y montaje de tanques de almacenamiento, bajo la norma API 650, se reduciría el tiempo final del proyecto.

HE4. Si se mejoraran los procesos en la fabricación y montaje de los tanques de almacenamiento bajo la norma API 650, reduciendo los tiempos de exposición y esfuerzos para realizar las actividades, se mejoraría la probabilidad de riesgos de accidentes e incidentes en los procesos.

III.3 Operacionalización de Variables

Tabla n.º 1 Variables, tipos, categorías, definición operacional, conceptual

Variable	Tipo de Variable	Categorías o Dimensiones	Definición conceptual	Definición operacional
Rentabilidad de la mediana empresa	dependiente	Cálculo de valores y resultados	La rentabilidad económica es la rentabilidad de los activos de una empresa. Mide el grado de eficiencia de la empresa en el uso de sus recursos económicos o activos para la obtención de beneficios.	Es la mejora económica en la organización a través de la mejora de los procesos con el uso de nuevas herramientas tecnológicas y procedimientos adecuados de trabajo en la ejecución de la fabricación y montaje de tanques en la mediana empresa.
Costos de procesos en la fabricación y montaje de tanques	Independiente	Cálculo de valores y resultados	El costo, es el gasto económico ocasionado por la producción de algún bien o la oferta de algún servicio. Este concepto incluye la compra de insumos, el pago de la mano de trabajo, los gastos en las, entre otras actividades.	Es la mejora de los costos en los procesos de fabricación y montaje de tanques, mediante la mejora tecnológica y métodos
Calidad de producto entregado	Independiente	Resultado de valores cuantitativos y cualitativos	La calidad se refiere a la capacidad que posee un objeto para satisfacer necesidades implícitas o explícitas según un parámetro, un cumplimiento de requisitos de calidad.	Es la disminución del número de defectos en la ejecución del proyecto en las áreas de fabricación y montaje de tanques
Tiempo de ejecución del proyecto	Independiente	Días de ejecución de obra	Se conoce como tiempo a la duración de las cosas sujetas a cambio que determinan las épocas, períodos, horas, días, semanas, siglos, etcétera.	Es la mejora de tiempos en la ejecución del proyecto debido a los procesos de fabricación y montaje de tanques
Seguridad del trabajador	Interviniente	A todo el personal de trabajo en el proyecto	La Seguridad y Salud Ocupacional (SySO) es una multidisciplinar en asuntos de protección, seguridad, salud y bienestar de las personas involucradas en el trabajo. Los programas de seguridad e higiene industrial buscan fomentar un ambiente de trabajo seguro y saludable.	Es la reducción de accidentes e incidentes laborales en la ejecución de los procesos de fabricación y montaje de tanques

Tabla n.º 2 operacionalización de las variables

Indicador	Nivel de Medición	Unidad de Medida	Índice	Valor
Rentabilidad neta	por proyecto	porcentual	índice de rentabilidad de beneficios/activos	Porcentual
Costos de los procesos de fabricación y montaje entre ellos, soldadura costos de mano de obra costos de transporte costos generales, costos de pintura	por proyecto	porcentual	índice de mejora en costos	porcentaje
Número de no conformidades en procesos por proyecto	por proyecto	porcentual	índice de reducción de no conformidades	porcentaje
Tiempo de ejecución del proyecto entre ellos: tiempos de habilitado de materiales, tiempos de soldadura tiempos de montaje de tanques tiempos de pintura, tiempos de limpieza superficial	por proyecto	porcentual	índice de reducción del tiempo de entrega	porcentual
número de accidentes e incidentes	por proyecto	porcentual	índice de accidentabilidad	porcentual

III.4 Propuesta de solución

III.4.1 Mejora de los procesos de fabricación de tanques

Las mejoras que usan tecnología y métodos en las empresas del rubro de fabricación de tanques influyen mucho en la mejora de los procesos y actividades dentro de la cadena de valor y contribuye a adquirir una posición favorable en relación a la competencia extranjera dentro del mercado. Para esto, existen ciertas estrategias corporativas que van a motivar el buen posicionamiento de la empresa las cuales deben estar perfectamente implementadas en los procesos. Debemos considerar la investigación sobre la ventaja competitiva. Para ello se hace referencia a tres conceptos fundamentales:

- Liderazgo en costo.
- Liderazgo en calidad.

-
- Liderazgo en tiempos de fabricación.

Sin embargo, el ser competitivo implica el análisis de cinco fuerzas a partir de las cuales es posible medir el grado que implican utilizarlas a favor. Estas cinco fuerzas son las siguientes:

- Entrada de nuevos competidores extranjeros, empresas transnacionales.
- Amenaza de nueva tecnología y métodos de fabricación.
- Poder de negociación de los compradores, compra de materia prima importada con mejores precios.
- Poder de negociación de los proveedores, servicios de calidad y de manera oportuna, insumos y servicios.
- Rivalidad entre los competidores existentes.

Para que un sector genere utilidad, es necesario que las necesidades por parte de los compradores se encuentren cubiertas. En este análisis estableceremos elementos que generen una mayor diferenciación, que la competencia en los procesos constructivos. Existen tres estrategias genéricas para lograrlo:

- Liderazgo en costos: lograr poseer el producto con el precio más bajo dentro del sector.
- Diferenciación: ofrecer un valor agregado en el producto por encima del resto.
- Enfoque de mercado: selección del mercado, definición de la meta y énfasis en satisfacer al sector.

III.4.1.1 Descripción de los procesos de mejora en tanques.

Para describir adecuadamente cuáles serán las mejoras a efectuar dentro del proyecto de fabricación y montaje de tanques, primero describiremos el proceso actual del tanque y mencionaremos también el proceso mejorado con los cambios y modificaciones requeridas.

Entre los procesos de fabricación y montaje de los tanques de almacenamiento, podemos mencionar algunas partes los que son fabricados por partes de acuerdo a un orden y secuencia de fabricación.

Partes de un tanque de almacenamiento. Los tanques de almacenamiento tienen las partes constructivas más importantes.

Fondo, es el disco del fondo del tanque que soporta la presión del tanque, está formado por planchas unidas entre sí por soldadura, la particularidad de la soldadura es que esta es traslapada para obtener una soldadura de filete, para asegurar una buena hermeticidad del tanque es el piso del tanque generalmente donde se producen los primeros problemas de oxidación y resistencia al proceso.

Techo, es la parte superior del tanque cilíndrico, el diseño puede ser plano o cónico, soldado en planchas unidas entre sí por soldadura en la cual se considera para su diseño las cargas de viento, vibración, etc.

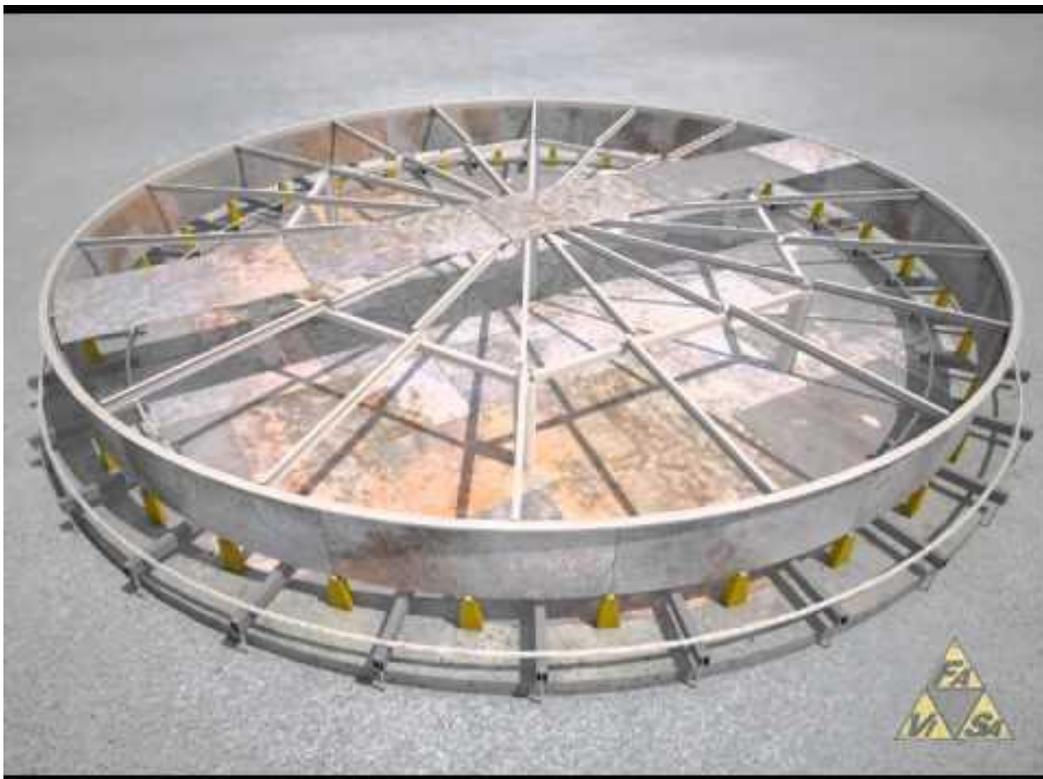


Figura n.o 24 Montaje de techo de un tanque de almacenamiento vertical.

Cilindros laterales, es la parte del tanque formado por anillos constitutivos que son elevados e izados uno a uno, los anillos son formados por planchas metálicas roladas unidas mediante soldadura.



Figura n.o 25 Tanques verticales con los anillos soldados.

Las barandas metálicas están ubicadas generalmente en el techo del tanque y la escalera helicoidal, son barandas normadas típicas con rodapié.



Figura n.o 26 Barandas de seguridad de tanques de almacenamiento.

Figura n.º 25. Barandas de seguridad de tanques de almacenamiento.

Accesorios. Los accesorios son las partes complementarias del tanque, entre ellos las boquillas, los manholes, los soportes de tuberías las partes de escaleras, los pasadizos del techo (algunas veces son a base de grating, una rejilla metálica común en estructuras metálicas de gran resistencia en plataformas y pasadizos).

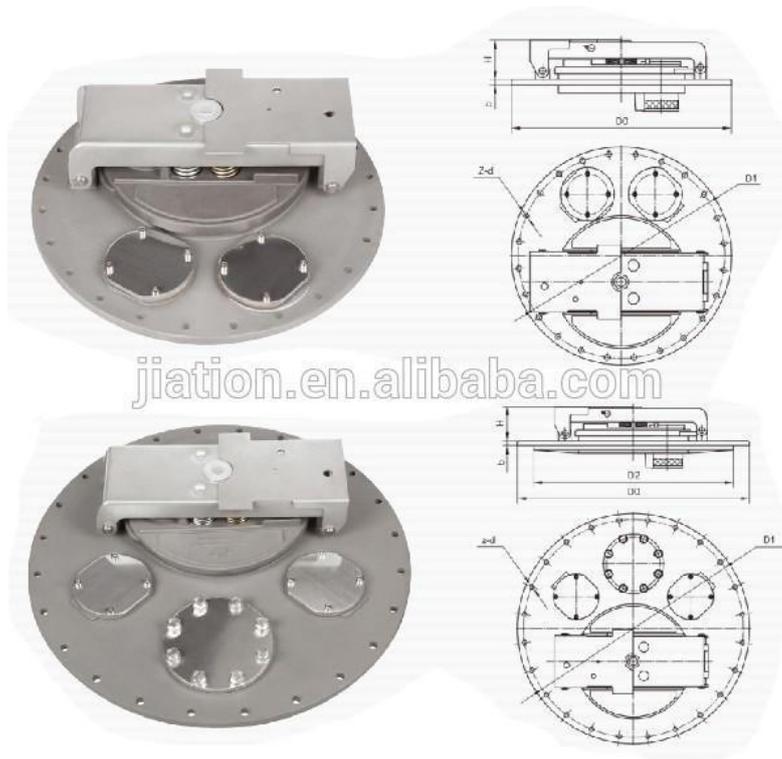


Figura n.o 27 Manholes de Mantenimiento.

Los tanques de almacenamiento de líquidos fabricados bajo la norma API 650, actualmente son fabricados por las medianas empresas de la siguiente manera:

Los procesos más importantes dentro de la planificación del proyecto son los siguientes:

- Desarrollo de la ingeniería del tanque.
- Compra de materiales.
- Fabricación de accesorios, barandas, boquillas, manholes, soportes de techo.
- Habilitado de materiales para fondo, techo y laterales (corte, soldadura y pintura).
- Transporte de materiales para fondo techo y laterales.
- Preparación de fondo de tanque (armado de fondo y soldadura).

- Montaje de anillos, corte, soldadura y elevación.
- Montaje de techo.
- Montaje de accesorios.
- *Touch up* de soldadura (pintura y limpieza superficial).
- Pintura interior del tanque.
- Pintura exterior del tanque.

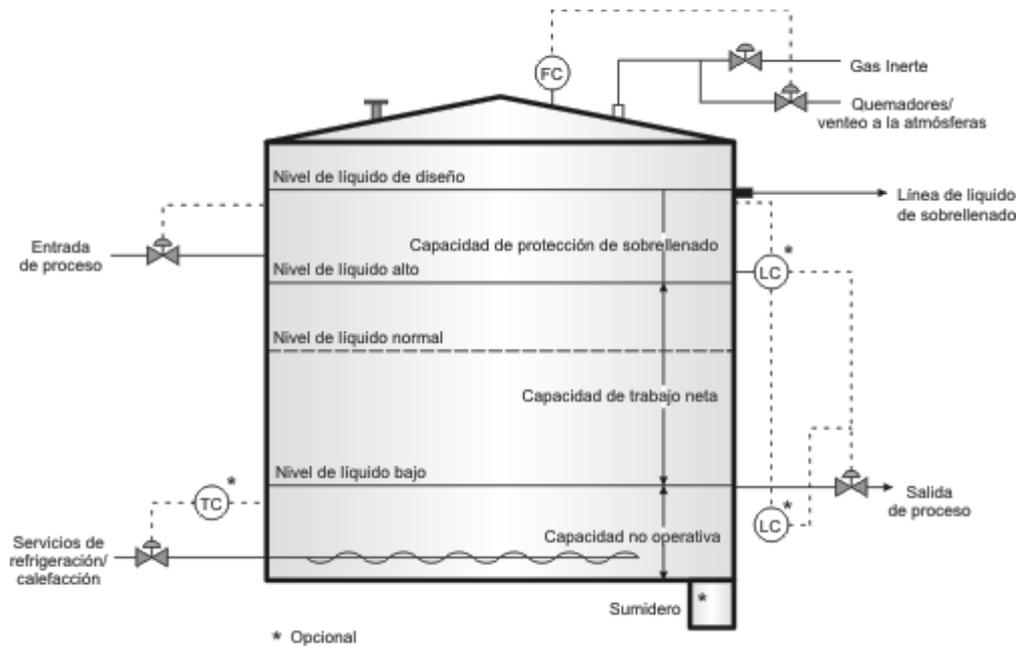


Figura n.o 28 Partes de un Tanque de Almacenamiento vertical.

III.4.2 Descripción de los procesos que requieren mejora en la fabricación y montaje de tanques considerando tecnología y automatización

Procesos en los cuales se va a considerar la mejora:

III.4.2.1 Procesos de compra.

Dentro de los procesos de compra, uno de los elementos principales es la compra de la materia prima para la fabricación del tanque. El acero representa uno de los mayores costos de la fabricación y montaje, y está presente en todos los elementos del tanque. Dentro del proceso de compras, la mediana empresa compra la materia prima en el formato de planchas de acero en determinadas medidas según la disponibilidad del mercado; como medida máxima hay formatos de 6000 x 1500 mm en los diferentes espesores el costo del acero A36 en planchas es 820 US\$/tonelada. El cambio de comprar el acero en bobinas en lugar de planchas representa un costo de 750 US\$/tonelada, si revisamos los ahorros por

tonelada esta representa el 9.33% menos en costos que si se hubiese comprado el acero en planchas.

¿Porque comprar en bobinas? Las planchas cortadas en el formato antes indicado originalmente llegan embaladas en bobinas a un costo menor la única dificultad de las bobinas es que estas tienen un pequeño remanente al inicio y fin de las bobinas en el cual se pierde generalmente el 0.5% por defectos de calidad de plancha (algo de estos retazos se logran recuperar algunas veces en la fabricación de accesorios).

Pero, trabajarlo en bobinas representa una ventaja grande en el proceso ya que el montaje se hará con menores costuras de soldadura (prácticamente se eliminan las costuras verticales), los anillos laterales del tanque solo tendrían una costura, solo la unión por razones de costos y calidad



Figura n.o 29 Planchas de acero



Figura n.o 30 Acero en bobinas.

III.4.2.2 Proceso de habilitado de planchas.

Biselado. Esta actividad es parte del proceso de fabricación del tanque sirve especialmente para lograr una mejor penetración de material de aporte en el proceso de soldadura. Este proceso que representa un buen porcentaje de trabajo manual en las planchas antes de ser armados como parte del tanque; también es importante mencionar que es un proceso a automatizar para reducir los tiempos y costos del proceso, para ello se debe contar con un equipo biselador automático las ventajas de este equipo son para agilizar y darle precisión en el proceso de biselado previo a la soldadura.

¿Cuáles son las características del biselado automático? Estas pueden avanzar hasta 5 m/minuto de biselado en una pasada en planchas de $\frac{3}{4}$ " de espesor, por ejemplo; cada operario biselador se demora en biselar un lado longitudinal de una plancha de 6000 x 1500 mm en aproximadamente una hora y media, y para un tanque de 10 m. de diámetro por cada anillo de tanque se demoraría en biselar 7.6 horas si se hiciera en planchas, por otro lado si se hiciera con acero en bobinas y con el equipo biselador automático se demoraría de 8 a 10 minutos por anillo de acuerdo al tipo de biselador con lo cual se disminuye los tiempos y costos de operación.

Para biselar de forma manual se requiere un esmeril portátil de 7" y un operario esmerilador, sin embargo, en la operación automática de biselado el proceso puede manejar dos máquinas biseladoras/operario lo que representa una mayor velocidad en este proceso.



Figura n.o 31 Máquina biseladora automática.

Soldadura. La soldadura de los tanques es uno de los procesos más complicados por la dificultad en el lugar y las condiciones de realizarlo. La soldadura de tanques es uno de los procesos con mayor dificultad por los parámetros de proceso, la experticia del operario y la dificultad de operación en las condiciones de trabajo; un operario soldador normalmente suelda un promedio de 15 m/día en 8 horas de trabajo. El operador trabaja de manera intermitente ya que tiene que descansar cada cierto tiempo si trabaja con proceso SMAW es intermitente por cada varilla que es soldada y la exposición a los humos de la soldadura es mayor en el proceso manual; también hay que considerar el agotamiento físico que representa un riesgo a la calidad de la soldadura. En muchos lugares, donde la seguridad del trabajador es controlada de manera exigente (empresas mineras y refinerías) soldar en el interior de los tanques es considerado espacio confinado, por lo cual se requiere que el operario no puede estar más de dos horas soldando de manera continua; para hacer este proceso más rápido se requieren de dos soldadores para cada máquina de proceso; si consideramos este caso tendremos como velocidad de avance de soldadura/operador x día = 7.5 m/día en planchas de 1/4" de espesor.

Soldadura automática, las máquinas de soldar automáticas pueden trabajar de manera vertical, plana y horizontal sobre paredes con buena calidad de soldadura, de buena velocidad de avance tal como lo podemos observar en la tabla mostrada líneas abajo.

Hay dos modelos de carros para soldadura carros con riel rígido y carros con riel flexible los Rangos de velocidad de avance de Las aplicaciones de los carros de riel rígido son más lentas que las aplicaciones que tienen el riel flexible, la velocidad de soldadura depende del procedimiento de soldadura, del material de aporte que se está soldando, y de la posición de soldadura.

Características del carrito de soldar G K-200 según los catálogos de máquinas Miller modelos GULLCO.

GK-200- 

SPEED RANGES	
MODEL	SPEED RANGE
FL	0.8 to 25.8 IMP (2 to 65.4 cm/min)
FM	1.5 to 51.5 IPM (3.9 to 131 cm/min)
FH	4.2 to 139.1 IPM (10.6 to 353 cm/min)

Figura n.o 32 Rangos de velocidad de carros de soldadura con riel flexible.

Figura n.º 31. Rangos de velocidad de carros de soldadura con riel flexible.

La velocidad comparativa de una máquina Gullco en rendimiento y la de un operario soldador es la siguiente:

La velocidad de soldadura de un operario es de 15.5 mm/min.

La velocidad de avance de la máquina Gullco es de 250 mm/min.

La velocidad de soldadura de la máquina GULLCO dependerá del tiempo de preparación del riel más los ajustes de máquina para cada procedimiento de soldadura de los tanques.

Aquí podemos observar que la máquina soldadora automática tiene una mayor velocidad que la operación manual la cual podemos aprovechar para mejorar los tiempos de proceso de la soldadura de tanques.



Figura n.o 33 Máquina de soldadura automática.

Proceso de arenado manual. Se realiza tal como se observa en la Figura n.º 33, la velocidad de avance del arenado manual es de 10 m²/hora del operario más su ayudante de arenado. En la parte interna y externa del tanque el problema del pintado sería más complicado por la altura que tendría que hacerse con andamios y toda la vuelta en la parte interior y exterior del tanque. Los procesos automáticos para el arenado o limpieza superficial se tienen que preparar las herramientas y equipos para este proceso de limpieza superficial, se puede hacer con arena lavada libre de sales y aceites, también se puede

usar granalla, o escoria de cobre para este fin, para la limpieza los equipos de limpieza superficial están automatizadas con elementos mecánicos

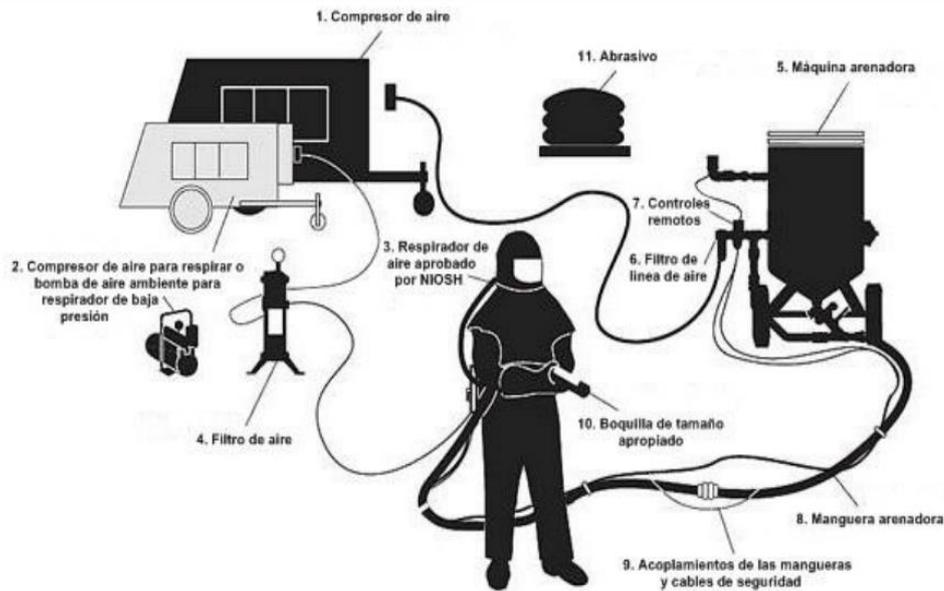


Figura n.o 34 Proceso de arenado manual.

Para el arenado automático del tanque, tenemos un sistema que gira 180 grados con dos boquillas a una distancia de 45 cm de la pared del cilindro, el cual descenderá desde la parte superior del cilindro por cada 180 grados de giro del brazo de soporte de 90 cm en la altura, y así llegar a la base del equipo elevador. Es importante conocer que, luego de la aplicación del arenado en todo el cilindro interior, por la velocidad de avance de la pistola de arenado, es de pueden existir puntos o zonas que no hayan sido limpiados

adecuadamente; entonces hay que limpiarlos con un repase de forma manual y localizada, luego del proceso de repasado final se hace la limpieza y se empieza el proceso de pintura.

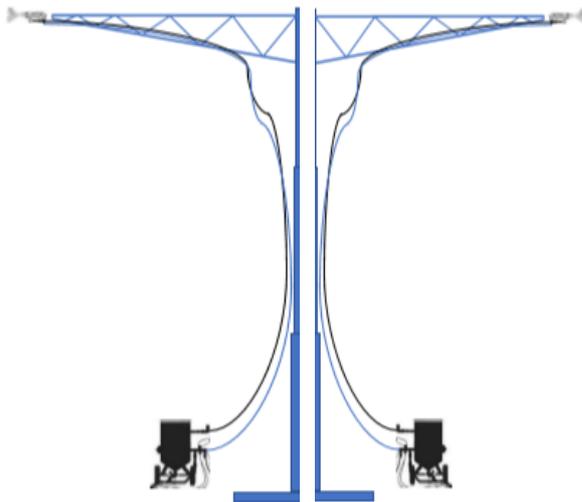


Figura n.o 35 Equipo con sistema automático de arenado para el interior del tanque.

Las velocidades del chorro según los estándares de limpieza superficial son de 2.5m/minutos por una franja de 0.20 m, o sea, tiene un avance de 0.5 m²/minuto por boquilla lo que nos da una limpieza superficial de 1 m² /min

Tanto para interior y exterior respectivamente, esta se aplica a una distancia de 20 cm de la superficie aplicada; por ejemplo en un tanque de 10 m de diámetro y 12 m de altura cada vuelta lo dará en un tiempo de .12.56 min entonces la velocidad de limpieza será de 59.94 m²/h, para el arenado interior se tendrá la limpieza principal 377 m², de aquí tenemos el tiempo de 6.3 horas para la limpieza interior, en caso del el área exterior consideraremos el mismo área que el área interior, así mismo se tiene el tiempo de preparación del equipo de limpieza superficial exterior e interior es de 3 h.

III.4.2.3 Pintura de tanque.

El proceso de pintura es un proceso bastante complejo en el cual muchas veces depende del procedimiento de pintura que va a ser la protección del tanque, esto depende

del líquido a almacenar en el tanque. El mismo sistema que se utiliza para la limpieza superficial en el lado interno y externo del tanque, se utilizará para el pintado de manera automática la velocidad de avance y la velocidad de descenso o elevación variarán en este caso; esto es simple de cambiar, ya que el equipo funciona con motores que son controlados por un PLC que determinara el sentido de giro y velocidad de avance horizontal y vertical, los movimientos circulares del equipo son articulados por unos engranes conectados a los brazos y el mástil de elevación. Las velocidades de aplicación de pintura son de 5 m²/minuto y de franja aplicada es de 0.4 m con el equipo de pintura Airless DP X6 portable, tal como se muestra líneas abajo el equipo al que hacemos mención.



Figura n.o 36 Equipo de pintura Airless.

III.3.2.4 Proceso de izaje de anillos en el tanque.

El proceso de izaje de anillos se efectúa con un sistema de postes y gatas separadas cada 2 m, las cuales son accionadas por el personal en los puntos de levante del anillo. En el caso de un tanque de 10 m de diámetro, necesitamos 14 personas para este proceso distribuidas equitativamente en todo el perímetro; el tiempo de preparación de las herramientas es de aproximadamente 2 h y el proceso de levante toma un tiempo de 2 h.

Como este proceso es manual y se tiene que hacer todos a la vez generalmente el avance no es del todo parejo, y normalmente se tienen que hacer varias paradas en cada levante para el cambio de alturas de los dispositivos de levante.

Entre cambio de dispositivos de levante para cada etapa de levante, el personal se toma un tiempo de descanso por el esfuerzo realizado en esta operación.

En un proceso de levante automático con pistones y sistema hidráulico centralizado con 20 salidas con pistones hidráulicos de levante, el sistema de levante automático se

puede controlar y ejecutar con 1 operario y 2 oficiales, y el tiempo de operación de este proceso es de 1 hora en el que se logra levantar el anillo.

Quizás en este proceso el sistema automático se caracteriza por lograr hacer el trabajo con el mínimo de personal 3 en total versus 15 operarios del sistema manual.



Figura n.o 37 . Izaje de anillos de un tanque.

III.4.3 Análisis de la seguridad de los trabajadores en el proyecto

¿Cómo influyen los cambios y las mejoras en la seguridad de los proyectos de fabricación y montajes de tanques de almacenamiento?

Definitivamente, los factores a tomar en cuenta en la fabricación y montaje de los tanques de almacenamiento son los siguientes:

En el análisis podemos ver que la mayor parte de la problemática de seguridad de los trabajadores es debido a la cercanía de los trabajos de riesgo, el tiempo de exposición, ruido generado por los procesos y los trabajos de manipulación de cargas aéreas, el cual puede generar problemas de accidentes por contacto, golpes, heridas punzocortantes, etc. también se tiene problemas ergonómicos debidos a las posturas y tiempo de exposición en los procesos.

En el análisis enfocaremos dos puntos importantes en la seguridad los cuales son la exposición y la severidad de los peligros

Cantidad de personal. Para los casos analizados del proyecto con mejora y el proyecto sin considerar la mejora, se tiene una diferencia de 12 trabajadores menos en el caso del proyecto con las mejoras, al ser estos los procesos automatizados muestran una menor exposición directa y en tiempo a los procesos a efectuarse en la fabricación y montaje. Se reducen los tiempos de biselado, soldadura, esmerilado, montaje, pintura y arenado también en el proceso de izaje.

Para un mismo proyecto se puede indicar que por tiempo de exposición y por tiempo de ejecución. En el proceso de mejora se evidencia que mayormente los procesos críticos van a ser utilizados con equipos automáticos y semiautomáticos que minimizan el trabajo a realizar de manera manual, esto por supuesto está relacionado directamente con el riesgo de accidentes el cual se reduce por trabajador,

Tiempo de exposición. Al reducirse los tiempos de procesos y disminuir la exposición del proceso con el personal operario y ayudante, en el caso del proyecto con la mejora de procesos, los riesgos de accidentes también se reducen. En el caso de los procesos manuales, debido a que el operador debe utilizar los equipos, este debe maniobrar y hacer el trabajo directamente; el avance depende únicamente de su destreza de manejar los equipos. Al hacer el trabajo semiautomático y automático, reduce el uso del equipo de forma directa ya que los equipos van a operar bajo el control del operador, quienes controlan el avance y calidad del proceso.

Cercanía al peligro, la cercanía al peligro es un factor que representa un factor de riesgo importante el cual incrementa la probabilidad de accidentes en función a la distancia al peligro en el caso de la construcción de tanques es bastante notorio en los procesos de izaje, soldadura, arenado etc.

Riesgo al ruido El tipo de trabajo en la construcción de tanques de almacenamientos está mayormente sometido a la presencia de ruidos altos por los procesos que se desarrollan, por ejemplo, esmerilado, arenado, perfilado etc.

Es por ello que se considera el uso de EPPs para contrarrestar el ruido producido por los procesos de fabricación y montaje.

Riesgo ergonómico gran parte de los procesos de fabricación y montaje de los tanques como se realizan en el caso de proyecto sin considerar las mejoras, se hacen de

forma manual lo que lleva a que los trabajadores para poder realizar los procesos estén en posiciones realmente difíciles en los casos de soldadura, esmerilado, arenado o pintado que repercute según el tiempo de exposición en lesiones por la posición de trabajo.

Trabajo de riesgo otro de los factores de riesgo de accidentes es el tipo de trabajo que van a realizar los trabajadores, influye en el riesgo si es trabajo de altura, trabajo en caliente, trabajos eléctricos, o trabajos de alto riesgo

En la Tabla n.º 4 podemos valorar en función a su exposición al peligro los diferentes procesos que tenemos en la fabricación y montaje de los tanques.

Tabla n.º 3 tabla de valoración de riesgos

TABLA DE VALORACIÓN					
	ALTO	REGULAR	MEDIO	BAJO	CASI NULO
TIEMPO DE EXPOSICIÓN	4	3	2	1	1
CERCANÍA AL PELIGRO	5	4	3	2	1
RIESGO ERGONÓMICO	3	2	2	1	0
RIESGO DE RUIDOS	4	3	2	1	0
TRABAJO DE RIESGO	5	4	3	2	1

VALORACIÓN

ALTA EXPOSICIÓN

REGULAR EXPOSICIÓN

MEDIA EXPOSICIÓN

BAJA EXPOSICIÓN

MUY POCA O CASI NULA

En este análisis se considera los elementos del riesgo de la exposición al peligro y la severidad de esta. Asimismo, se hace un cuadro de valoración de riesgos comparativos entre ambos proyectos.

Tabla n.º 4 Análisis de riesgos por exposición al peligro en los procesos (ambos casos)

PROYECTO SIN LA MEJORA						PROYECTO CON LA MEJORA					
PROCESO	TIEMPO DE EXPOSICION	CERCANIA AL PELIGRO	RIESGO ERGONOMICO	RIESGO DE RUIDOS	TRABAJO DE RIESGO	TIEMPO DE EXPOSICION	CERCANIA AL PELIGRO	RIESGO ERGONOMICO	RIESGO A RUIDOS	TRABAJO DE RIESGO	
ESMERILADO	4	5	3	4	5	2	2	2	2	2	
SOLDADURA	4	5	3	3	5	3	2	2	2	3	
BISELADO	4	5	3	4	5	2	2	2	3	3	
ARENADO	4	5	3	4	5	2	2	2	3	2	
PINTADO	4	5	3	2	4	2	2	2	2	2	
IZAJE CON GRUA	4	5	3	2	5	2	2	2	2	3	
					TOTAL	120					
						TOTAL					66

Fuente propia

En la Tabla n.º 5 podemos observar que los riesgos de efectuar la labor de forma manual vs la mejora con los procesos automatizados incrementan el riesgo de accidentes en casi un 50% más.

En el caso de la severidad en algunos procesos podemos observar lo siguiente:

Tabla n.º 5 Análisis de riesgos por la exposición al peligro en los procesos(ambos casos)

PROYECTO SIN MEJORA						
SEVERIDAD	ESMERILADO	SOLDADURA	BISELADO	ARENADO	PINTADO	IZAJE CON GRUA
TIEMPO DE EXPOSICIONXTRABAJO DE RIESGO	20	20	20	20	16	20
TIEMPO DE EXPOSICIONXRIESGO DE RUIDOS	16	12	16	16	8	8
CERCANIA AL PELIGROXTRABAJO DE RIESGO	25	25	25	25	20	25
TIEMPO DE EXPOSICIONXRIESGO ERGONOMICO	12	12	12	12	12	12
TIEMPO DE EXPOSICIONXCERCANIA XTRABAJO DE RIESGO	60	60	60	60	48	60

Y en el caso del proyecto con la mejora, los resultados cambian considerablemente

Tabla n.º 6 Tabla de severidad de procesos críticos con la mejora

PROYECTO CON MEJORA						
SEVERIDAD	ESMERILADO	SOLDADURA	BISELADO	ARENADO	PINTADO	IZAJE CON GRUA
TIEMPO DE EXPOSICIÓN POR TRABAJO DE RIESGO	9	6	6	4	4	6
TIEMPO DE EXPOSICIÓN POR RIESGO DE RUIDOS	4	6	6	6	4	6
CERCANÍA AL PELIGRO POR TRABAJO DE RIESGO	25	25	25	25	20	25
TIEMPO DE EXPOSICIÓN POR RIESGO ERGONÓMICO	12	12	12	12	12	12
TIEMPO DE EXPOSICIÓN POR CERCANÍA DE RIESGO	8	18	12	8	8	12

Para el caso de proyecto sin la mejora si analizamos los resultados, podemos ver 757 como puntuación final vs el caso del proyecto con mejora que es 350, el cual nos indica que en el análisis el proyecto con la mejora tendría una menor severidad en los casos de accidentes en un 50% y que los factores más influyentes para la mejora son el tipo de trabajo a realizar y el tiempo de exposición, la cercanía al riesgo también influye en la probabilidad de riesgo de accidentes.

III.4.4 Análisis de calidad de los procesos de fabricación y montaje

En la presente sección analizaremos los problemas de calidad debido a los diferentes procesos de fabricación y montaje en los tanques de almacenamiento verticales.

III.4.4.1 Habilitación de tanques.

En los procesos de habilitado tenemos los siguientes:

Biselado. Estos procesos son realizados de forma manual el desbaste adecuado para dar el bisel adecuado de soldadura se hace con esmeril manual y disco de 71/2" de diámetro. Este equipo, es un equipo pesado y realiza el habilitado en todos los elementos del tanque los cuales van a ser soldados, la precisión de este trabajo al ser manual es de +- 1 mm, sin embargo. Si usamos los equipos biseladores el esfuerzo manual prácticamente es nulo y de avance automático con una precisión de +-0.1mm, en líneas generales, en este proceso la preparación del bisel de soldadura en todo el tanque tendrá una precisión 10 veces mayor que el realizado manualmente: esto contribuye directamente a la calidad de soldadura a efectuar y la cantidad de reprocesos.

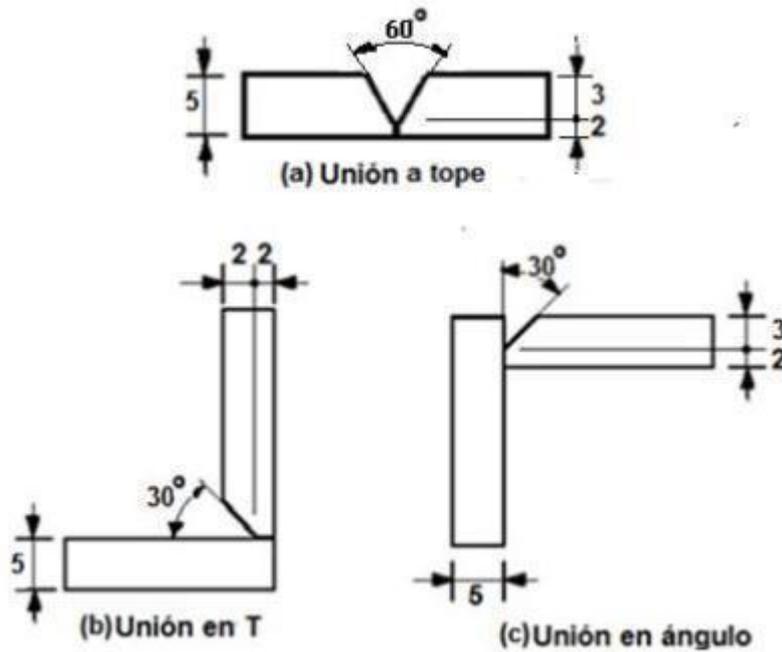


Figura n.o 38 Tipos de juntas de soldadura.

Como parte de la calidad de la soldadura es la buena preparación del bisel de soldadura.

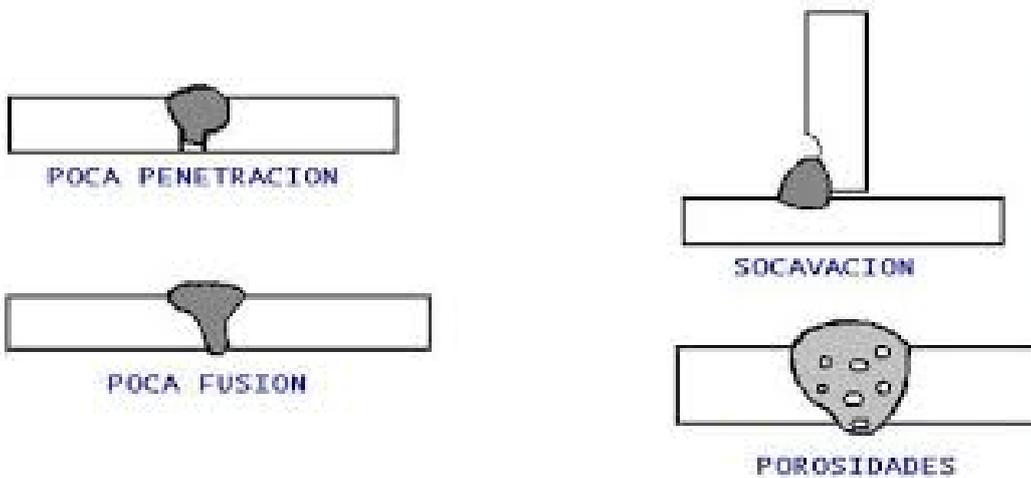


Figura n.o 39 Defectos y fallas por soldadura.

En la Figura n.º 38 podemos ver algunos defectos de soldadura por falla en la preparación del bisel de soldadura.

Soldadura. En la soldadura intervienen muchos factores para la buena realización del proceso de soldadura entre ellos tenemos:

Según (ESAB) los factores mostrados líneas abajo más importantes para el control de procesos en la soldadura son:

- **Una buena selección de Electrodo para el trabajo a realizar**

La buena selección es muy importante para lograr una buena performance en el proceso el seleccionar el tipo y diámetro apropiado.

- **Control de la corriente de soldadura**

El amperaje en la máquina de soldar es muy importante para lograr una buena penetración del material, así como una buena junta de soldadura. Los diámetros están asociados a un rango de amperaje, El operador de soldadura debe encontrar mediante los test de homologación de soldadores encontrar el amperaje adecuado para su junta de trabajo, debe regular según el test para cada tipo de electrodo y junta.

- **Consecuencias de bajo amperaje**

no es posible mantener el arco eléctrico, mala penetración y produce defectos en la soldadura del material.

- **Consecuencias de un alto amperaje**

Salpica demasiado el cordón y tiene bastantes poros por la fusión, como consecuencia un cordón chato, produce recalentamiento del electrodo.

- **Determinar la Longitud correcta del arco**

Es bastante difícil determinarla en longitud mayormente se puede determinar por la experiencia del operador está a su vez se guía por la cantidad de material de aporte depositado, por la forma que resulta del cordón y también por la visualización del arco.

- **Arco eléctrico con longitud corta**

Defectos comunes por un arco con longitud corta, sopladuras e inclusiones de escoria, poca penetración. El arco se interrumpe intermitentemente y el electrodo se pega al metal base.

- **Arco eléctrico con longitud larga**

Tiene como defectos: salpicaduras, poca penetración, sobre monta en el cordón y es de un ancho defectuoso. Además, en muchos casos el cordón resulta poroso.

- **Ángulo adecuado del electrodo**

El ángulo de inclinación del electrodo está relacionado a la calidad de la soldadura en aspecto y forma del cordón y también sobre cuán buena es la

penetración del material de aporte de ahí la necesidad de trabajar con un ángulo de inclinación correcto.

- **Velocidad de soldadura**

La velocidad de soldadura está ligada a la calidad y a la potencia de la máquina. Una mayor o menor velocidad puede producir defectos y problemas en la soldadura, es por ello que una de las condiciones de un buen soldador tenga la experiencia de la velocidad para producir buenas juntas soldadas.

De todos los factores presentados líneas arriba los siguientes son de aplicación directa del operador en un sistema de soldeo manual:

- Longitud adecuada del arco.
- Una longitud muy corta.
- Una longitud muy larga.
- Apropiado ángulo de inclinación del electrodo.
- Un ángulo demasiado cerrado.
- Un ángulo demasiado abierto.
- Apropia velocidad de avance.
- Una velocidad muy lenta.
- Una velocidad excesiva.

En un sistema de soldeo automático todos estos factores son de regulación inicial y el proceso se desarrollará de manera constante y con alta precisión,

Las ventajas de un sistema automático de soldadura vs un sistema manual son:

- Mayor precisión.
- Mayor velocidad.
- Mejora de la calidad por la soldadura constante.
- Parámetros de soldaduras muy definidas y estándares.
- Poca intervención del operario en la soldadura.
- No hay agotamiento ni cansancio por el proceso.
- Variación en la calidad de la soldadura en toda su extensión.
- Menos tiempo de paradas por tiempo de exposición.

El proceso automático para soldaduras de gran longitud, es mucho mejor efectuarlas con máquinas automáticas.

Aparte de ello, se tiene que la longitud a soldar de un proceso automatizado respecto del sistema manual, es que se va a reducir en una cantidad considerable de longitud de soldadura en cada tanque tenemos un aproximado de reducción: en el casco del tanque es aproximadamente 50 m lineales de soldadura verticales por pasada, como lo podemos apreciar en el desarrollo del casco líneas abajo, para tanques de ese diámetro (12 m), se realizan con tres pasadas en el casco, dos pasadas interiores y una pasada exterior.

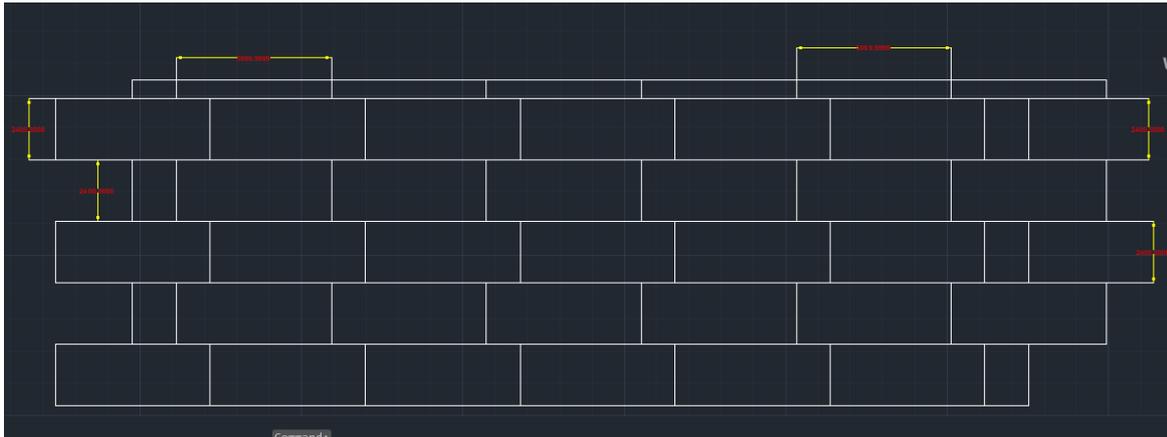


Figura n.o 40 Mapa de soldadura del casco de un tanque (caso de proyecto sin mejora)

En fondo y tapa tenemos también el mismo problema con las soldaduras transversales.

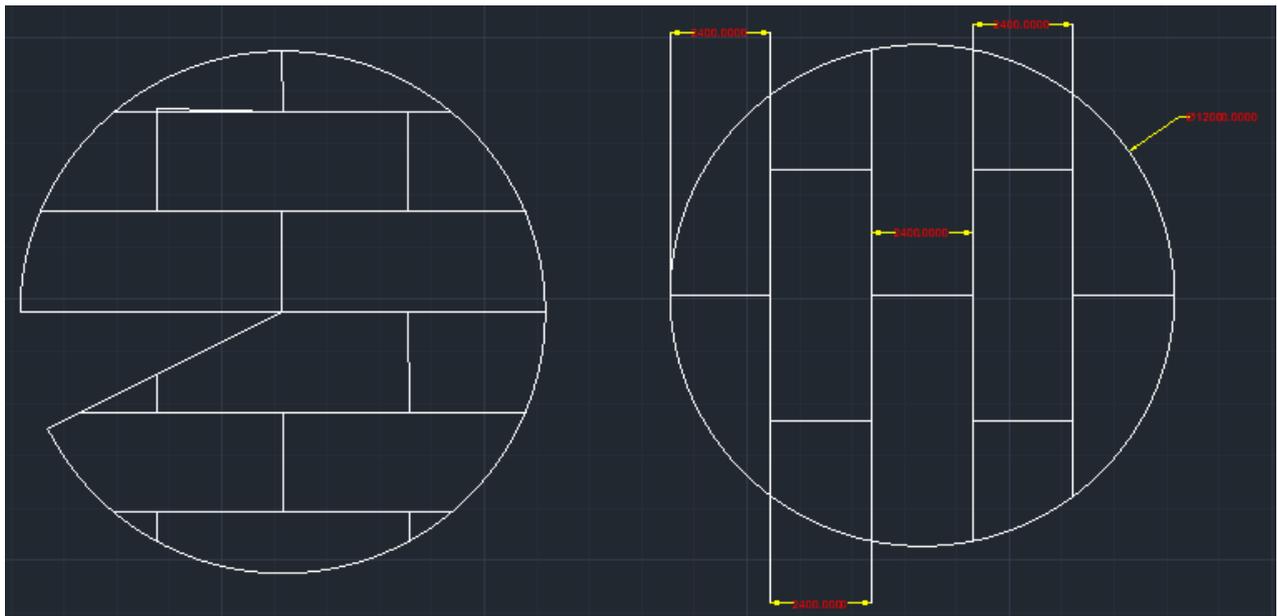


Figura n.o 41 Mapa de la soldadura de la base y techo de un tanque sin la mejora

Figura n.º 40. Mapa de la soldadura de la base y techo de un tanque sin la mejora

En esta figura se puede apreciar la cantidad de soldadura transversal que se requiere para la construcción del fondo que tiene 3 pasadas también en el fondo solo se tendrá tres pasadas por un lado y en la tapa se tendrá dos pasadas por cara.

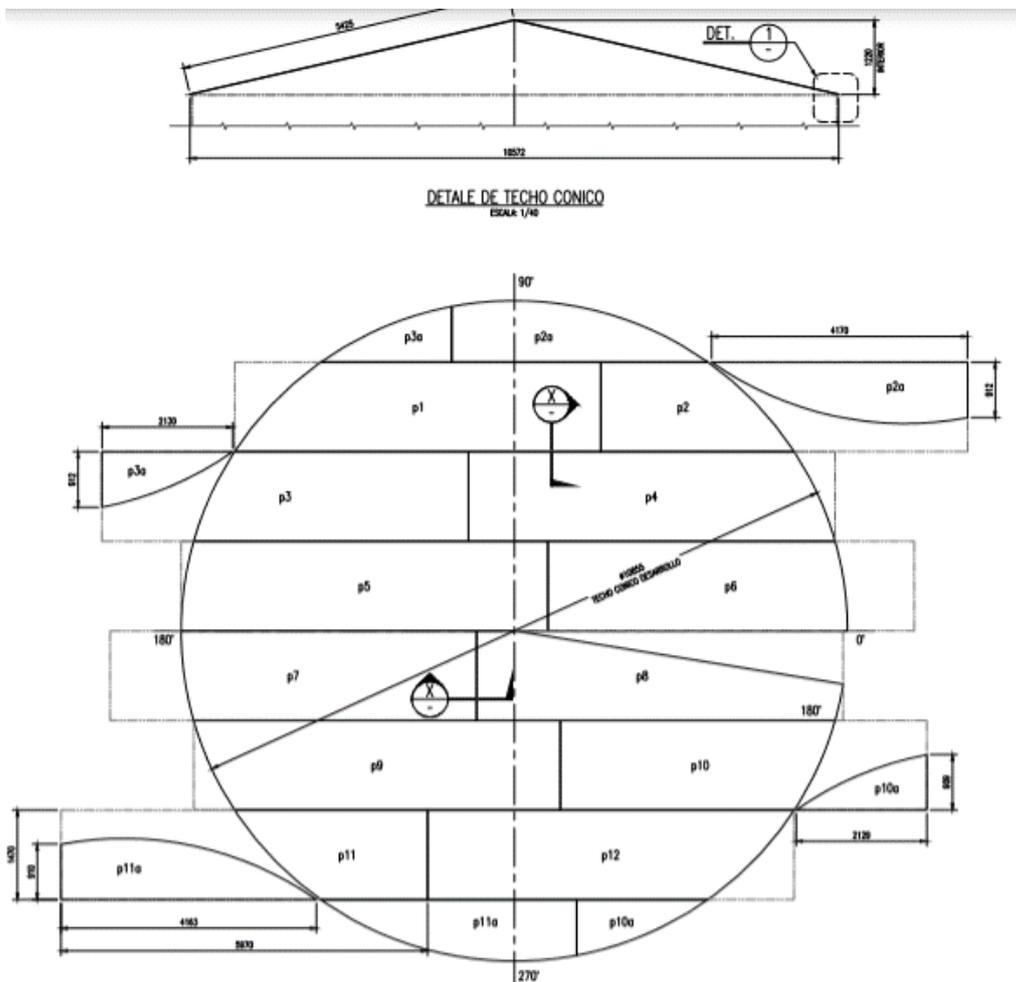


Figura n.o 42 Mapa de soldadura de un techo cónico de un tanque.

Como se puede apreciar tenemos soldadura transversal en el techo al igual que en el fondo, en este caso para el techo se tiene tres pasadas.

En el caso del proyecto con la mejora se tiene las disposiciones siguientes con respecto al fondo y techo:

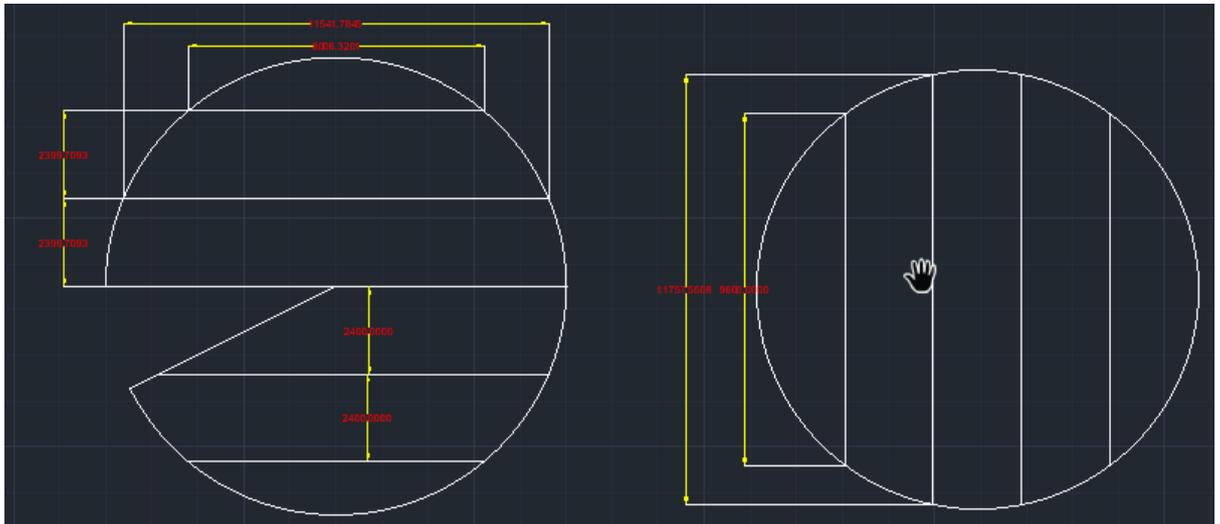


Figura n.o 43 mapa de soldadura de fondo y techo de tanque (con la mejora)

Así como la distribución del techo y fondo en bobinas se tiene el casco también con su diagrama constructivo en bobinas

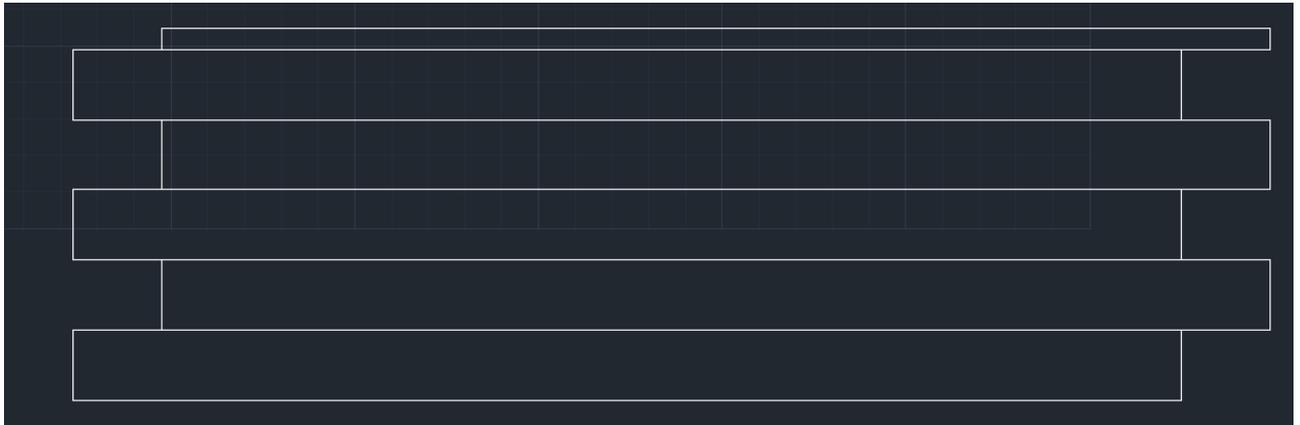


Figura n.o 44 Mapa de soldadura del casco del tanque (con la mejora)

Para poder comparar la mejora de calidad debido a la mejora es necesario calcular la cantidad de metros de soldadura, de biselado y de touch up de retoque que se dará en cada caso.

En este caso el desarrollo de un tanque de 12 m de diámetro con 6 anillos tenemos en longitud total de unión del tanque (es diferente a la longitud total de soldadura, porque esta depende del número de pasadas para cada caso)

Tabla n.º 7 Tabla de longitudes de soldadura en los procesos sin la mejora y con la mejora

LONGITUD DE SOLDADURA CASCO PROYECTO SIN MEJORA		LONGITUD DE SOLDADURA CASCO PROYECTO CON MEJORA	
DESARROLLO	39.26	diámetro	39.26
cantidad anillos	6	cantidad anillos	6
costuras medias	70	costuras medias	0
total	305.56	total	235.56

La cantidad total de metros lineales de Bisel, soldadura y reparación touch up, está en el siguiente cuadro:

Tabla n.º 8 Tabla de longitudes de soldadura en los procesos sin la mejora y con la mejora

	SIN MEJORA		CON MEJORA		CASCO	
	TECHO	FONDO	TECHO	FONDO	EN PLANCHAS	EN BOBINAS
TRABAJOS A REALIZAR	ML	ML	ML	ML	ML	ML
BISELADO	190.76	156.07	156.52	122.47	611.12	471.12
SOLDADURA	286.14	234.1	234.78	183.7	916.68	706.68
TOUCH UP	190.76	156.07	156.52	122.47	611.12	471.12

Podemos observar de acuerdo a las tablas que el porcentaje de disminución de trabajo es considerable, en bisel es desde 18% hasta 23%, si analizamos la soldadura podemos observar que está en el mismo rango.

En total el automatizar el proceso y fabricarlo por bobinas ahorra un total de 210 m de soldadura en el proceso de construcción del tanque.

También se tiene la ventaja de que el biselado se hará con mayor precisión y mecanizado logrando una ventaja en el proceso siguiente que es la soldadura.

El touch up que es necesario realizar antes del arenado y pintura se hará en menor longitud el cual disminuye en un 23% menos de longitud total

El número de cruces de soldadura en el casco de los tanques es el siguiente:

	CASCO S/MEJORA	CASCO CON MEJORA
NRO DE CRUCES	35	7

Tabla n.º 9 tabla de cantidad de cruces de soldadura comparativa en los procesos con y sin la mejora

De este número podemos observar que tenemos 28 cruces menos de soldadura los cuales son críticos para la inspección final del tanque.

La reducción de las longitudes de los procesos de Biselado, Soldadura y Touch up disminuye también en el mismo porcentaje el riesgo de los defectos de calidad, debido a estos procesos.

III.4.5 Análisis de costos en los procesos de fabricación y montaje de los tanques

Dentro de nuestro trabajo de investigación se tomó en cuenta que el análisis de costos en los proyectos de fabricación de tanques. El Planificar los Costos en Proyectos lo define según el PMBOK son los procesos de estimar, presupuestar, gestionar, monitorear y controlar los costos derivados de las actividades del proyecto. Según la guía de proyectos la clave de este proceso es que nos lleva a tener una guía y dirección sobre cómo se gestionan los costos del proyecto desde un inicio hasta el fin del proyecto (Project Management Institute, 2015).

En los procesos de fabricación y montaje de tanques, siempre se deben planificar los costos. Entre las actividades de planificación tenemos:

Estimar los costos. En el proceso de estimar los costos tenemos según el PMBOK V6 (Project Management Institute, 2015).

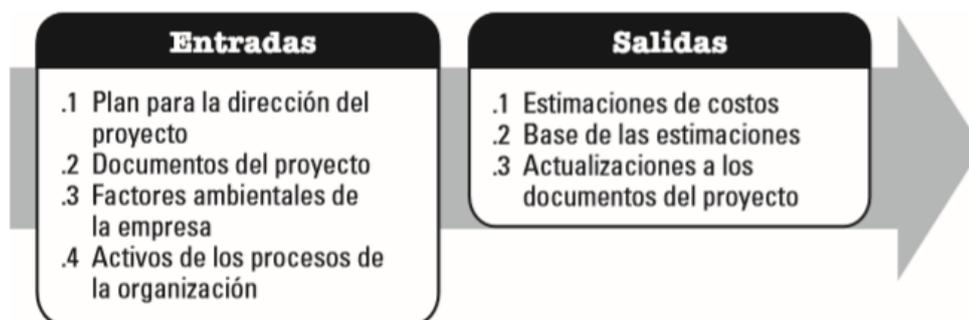


Figura n.o 45 Estimación de costos según el PMBOK.

Presupuestar los costos. Uno de los temas críticos en todo el proyecto es la determinación del presupuesto, esto definirá los conceptos de compras la logística de materiales, cronograma de contrataciones etc. El presupuesto es el resultado de la estimación de los costos individuales de los paquetes de trabajo y establecer una línea base de costos del proyecto. El establecer la línea base de costos ayuda de manera sustancial a las finanzas para el buen desempeño de flujo de dinero en el proyecto, así mismo se puede en base a la línea de base de costos controlar todo el desempeño económico del proyecto en cada actividad del proyecto (Project Management Institute, 2015).

Gestionar los costos. Es el proceso de definir cómo se han de estimar, presupuestar, gestionar, monitorear y controlar los costos del proyecto. El beneficio clave de este proceso es que proporciona guía y dirección sobre cómo se gestionan los costos del proyecto a lo largo del mismo. Este proceso se lleva a cabo una única vez o en puntos predefinidos del proyecto (Project Management Institute, 2015).

Hay muchas actividades y procesos a efectuar en el presente trabajo es por ello que se ha tomado en cuenta los costos en cada una de las actividades a realizar entre ellas los podemos agrupar en costos directos y costos indirectos entre ellos tenemos las siguientes:

- Costos de las actividades de la fabricación y montaje de tanques.
- Costos por gastos generales por día de retraso en obra.
- Costos por penalidades.
- Costos de materiales.
- Costos por servicios previos al montaje (en taller de servicios).
- Costos de transporte de materiales a obra, a talleres, de movilización y desmovilización.
- Costos de montaje.
- Costos de contratación de personal.
- Costos por tiempos de espera.

Para la determinación de los costos indicados es necesario conocer lo siguiente:

Los procesos para estimar costos.

Los tiempos de los procesos.

Los costos unitarios de cada proceso.

La cantidad de material y mano de obra que se va a destinar para las actividades.

Los servicios necesarios para la fabricación y montaje.

La secuencia de las actividades.

Estos costos se harán comparativos para los casos en los cuales se utilizarán las mejoras en los procesos como los que no utilizarán las mejoras.

Se preparan las estructuras de costos de los procesos antes mencionados. Para ello tendremos que realizar lo siguiente y hacer las comparaciones de costos respectivos:

- Planificar el Cronograma, así como su gestión del Proyecto.
- Definir las Actividades del Proyecto.
- Secuenciar las Actividades del Proyecto.
- Estimar los Recursos de las Actividades del Proyecto.
- Estimar la duración de las Actividades del Proyecto.
- Desarrollar el Cronograma del Proyecto.

Según el PMBOK (Project Management Institute, 2015), planificamos las actividades del proyecto, los cuales tenemos y secuenciamos de la siguiente manera:

Tabla 1. Cronograma de proyecto de construcción de tanque sin considerar la mejora

Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin
PROYECTO DE FABRICACIÓN Y MONTAJE DE TANQUE VERTICAL	94.5 días	lun 19/08/19	vie 06/12/19
Inicio de proyecto	1 día	lun 19/08/19	mar 20/08/19
Ingeniería del proyecto	15 días	mar 20/08/19	vie 06/09/19
Procura de materiales de los accesorios del tanque	10 días	mie 25/09/19	lun 07/10/19
Procura de materiales del casco fondo y techo de tanque	10 días	vie 06/09/19	mie 18/09/19
FABRICACION DE TANQUES	41 días	sáb 14/09/19	vie 01/11/19
Habilitado de planchas del casco techo y fondo del tanque	5 días	sáb 14/09/19	vie 20/09/19
Fabricación de accesorios, barandas, conexiones, manholes, silletas, escalera	10 días	mar 08/10/19	sáb 19/10/19
Limpieza superficial de materiales de casco de tanque	4 días	vie 20/09/19	mie 25/09/19
Limpieza superficial de accesorios de tanque	4 días	sáb 19/10/19	jue 24/10/19
Pintura base de planchas de casco de tanque	5 días	mie 25/09/19	mar 01/10/19

Pintura base de accesorios de tanque	4 días	jue 24/10/19	mar 29/10/19
Transporte de maquinaria y herramientas a obra	3 días	mar 01/10/19	vie 04/10/19
Transporte de planchas del casco	3 días	vie 04/10/19	mar 08/10/19
Transporte de accesorios	3 días	mar 29/10/19	vie 01/11/19
MONTAJE DE TANQUES EN OBRA	51.5 días	mar 08/10/19	vie 06/12/19
Instalación de campamento en obra	3 días	mar 08/10/19	vie 11/10/19
Instalación de servicios en obra	2 días	vie 11/10/19	lun 14/10/19
Verificación topográfica de base de tanque	1 día	lun 14/10/19	mar 15/10/19
Armado de base de tanque	1 día	mar 15/10/19	mie 16/10/19
Soldadura de planchas de base de tanque	2 días	mie 16/10/19	vie 18/10/19
Armado de sistema de izaje de anillos	1 día	vie 18/10/19	sáb 19/10/19
ARMADO DEL CASCO DEL TANQUE	17.5 días	sáb 19/10/19	vie 08/11/19
COLOCADO DEL 1er ANILLO	0.5 días	sáb 19/10/19	sáb 19/10/19
Izaje del primer anillo	0.5 días	sáb 19/10/19	lun 21/10/19
SOLDADURA DEL 1er ANILLO	2 días	lun 21/10/19	mié 23/10/19
Colocado del 2do anillo	0.5 días	mié 23/10/19	mié 23/10/19
Izaje del segundo anillo	0.5 días	mié 23/10/19	jue 24/10/19
SOLDADURA DEL 2do ANILLO	2 días	jue 24/10/19	sáb 26/10/19
COLOCADO DEL 3er ANILLO	0.5 días	sáb 26/10/19	sáb 26/10/19
Izaje del primer anillo	0.5 días	sáb 26/10/19	lun 28/10/19
SOLDADURA DEL 3er ANILLO	2 días	lun 28/10/19	mié 30/10/19
COLOCADO DEL 4to ANILLO	0.5 días	mié 30/10/19	mié 30/10/19
Izaje del cuarto anillo	0.5 días	mié 30/10/19	jue 31/10/19
SOLDADURA DEL 4to ANILLO	2 días	jue 31/10/19	sáb 02/11/19
COLOCADO DEL 5to ANILLO	1 día	sáb 02/11/19	lun 04/11/19
Izaje del quinto anillo	0.5 días	lun 04/11/19	lun 04/11/19
SOLDADURA DEL 5to ANILLO	2 días	lun 04/11/19	mié 06/11/19
Soldadura del anillo de rigidez	2 días	mié 06/11/19	vie 08/11/19
PREPARACIÓN Y MONTAJE DEL TECHO DEL TANQUE	16 días	mié 23/10/19	lun 11/11/19
Armado del techo del tanque	1 día	mié 23/10/19	jue 24/10/19
Soldadura del techo del tanque	1 día	jue 24/10/19	vie 25/10/19
Montaje de techo en tanque	2 días	vie 08/11/19	lun 11/11/19

Soldadura de accesorios y boquillas	5 días	vie 08/11/19	jue 14/11/19
Soldadura de escalera helicoidal	3 días	vie 08/11/19	mar 12/11/19
PRUEBAS DEL TANQUE	21 días	vie 25/10/19	mar 19/11/19
Pruebas neumáticas, de vacío y de aceite	2 días	vie 25/10/19	lun 28/10/19
Prueba radiográfica	2 días	mar 12/11/19	jue 14/11/19
Prueba hidrostática del tanque	4 días	jue 14/11/19	mar 19/11/19
PINTADO DEL TANQUE	14 días	mar 19/11/19	jue 05/12/19
Limpieza superficial interior de casco de tanque	4 días	mar 19/11/19	sáb 23/11/19
Limpieza superficial exterior del tanque	4 días	lun 25/11/19	vie 29/11/19
Pintura interior del tanque	3 días	mar 19/11/19	vie 22/11/19
Pintura exterior del tanque	3 días	lun 25/11/19	jue 28/11/19
Retoques y touch up	5 días	jue 28/11/19	mie 04/12/19
Entrega dossier y planos finales	1 día	mie 04/12/19	jue 05/12/19
Entrega final del tanque	1 día	jue 05/12/19	vie 06/12/19

Tabla n.º 10 Cronograma de proyecto de construcción de tanque sin considerar la mejora

III.4.5.1 Costos de fabricación y montaje de tanques sin la mejora.

En la estimación de los costos de fabricación y montaje de los tanques se considera los tiempos efectuados en las operaciones.

Dentro de los costos a analizar se pueden observar de acuerdo al cronograma realizado de los procesos (diagrama de Gantt) de fabricación y montaje de tanque realizado para el caso el que se realizó sin la mejora de los procesos.

Tenemos los costos directos y los costos indirectos para la determinación de los costos en un proyecto los costos indirectos se pueden clasificar en dos tipos:

Los costos Overhead. Son aquellos costos que se comparten entre varios proyectos. En nuestro caso de investigación, podemos aplicar estos costos debido a que la empresa en mención, para el análisis, ejecuta diversos proyectos en simultáneo, los cuales son de mantenimiento, fabricación y montaje de tanques para diferentes empresas en común.

Es también aplicable cuando se tienen trabajadores de áreas determinadas como costos contables, costos de ventas, que intervienen en dichos proyectos y son comunes

son mayormente los derivados de las oficinas central que comanda los proyectos a distancia.

Costos administrativos y generales. Son los costos que se comparten entre todos los proyectos, y con las operaciones. Por ejemplo, en el caso de la empresa minera, los costos del área Legal, Recursos Humanos, los costos de alquiler del edificio de la corporación, costos de transportes, costos de trámites locales e internos etc. son Gastos Administrativos y Generales.

Los costos derivados de este proyecto son los siguientes:

- Costos de la materia prima.
- Costos de los servicios.
- Costos indirectos.
- Costos de transportes.
- Costo de la mano de obra.
- Costo de alimentación en obra.

Costo de materia prima. Los costos de la materia prima del proyecto están compuestos por lo siguiente:

- Planchas de acero para la base del tanque en planchas de 3/8".
- Planchas de acero para el casco de 3/8" y 1/4".
- Planchas de acero del techo de 1/4".
- Planchas de los accesorios es de 1/4", 3/8" y 3/16".
- Tubería de 2", 4", 3", y 6" SCH 40 para los accesorios y boquillas.
- Planchas de acero 1/4", 3/8" para los ponchos y entradas manhole.
- Tubería de 1 1/4", 1", SCH 40 para las barandas de protección.
- Planchas estriadas para los pasos de la escalera helicoidal.

De todos estos materiales elaboramos una tabla para calcular el peso total del tanque.

DENOMINACIÓN	DIÁMETRO	ALTURA	ÁREA	PESO/M ²	PESO PARCIAL	COSTO \$ UNITARIO	COSTO PARCIAL
PLANCHA 1/4"	12	10	376.99	52.50	20781.62	0.85	17664.38
PLANCHA 3/8"	12	2	75.40	83.34	6598.16	0.85	5608.44
TECHO	12.2		116.90	52.50	6444.03	0.85	5477.43
FONDO	12.5		122.72	83.34	10738.72	0.85	9127.91
ACCESORIOS VARIOS, GRATING, BOQUILLAS, BARANDAS, ESCALERA HELICOIDAL, MANHOLES, TUBERÍAS DE ENTRADA Y SALIDA			120.00	55.00	6930.00	0.92	6375.60
SOLDADURA EN KG					620.00	8.00	4960.00
EPPS DE SEGURIDAD					1.00	6320.00	6320.00

Tabla n.º 11 Costo total de materiales

Ahora también tenemos una tabla de costos de pintura.

TIPO DE PINTURA	ÁREA	RENDIMIENTO M ² /GL	TOTAL, GLS	COSTO/GL	COSTO PARCIAL \$
PINTURA JET ZINC 850	1624.01 2	34	48	62	2976
PINTURA JET 70 MP	1624.01 2	26	63	45	2835
JETHANE 500	812	37	22	27	594
ECOPOXY 100			20	18	360
COSTO TOTAL PINTURA					6765

Tabla n.º 12 Costos totales de pintura

Según los cálculos el tanque pesa 51492 kg y según la tabla mostrada de costos tenemos un total de US \$64648.75 en materiales.

Servicios a realizar para la fabricación e instalación del tanque.

Los servicios que se requieren para la ejecución de este proyecto son los siguientes:

- Servicio de rolado.
- Servicio de limpieza superficial.
- Servicio de pintura.
- Pintura 3 pasadas.
- Servicio de gammagrafía.
- Servicio de alquiler de camion grúa .
- Alquiler de grupo electrógeno.
- Alquiler de servicios higiénicos.
- Alquiler de servicio de bus para transporte en obra .
- Alquiler de camioneta.
- Alquiler de grúa para maniobra de techo.
- Alquiler de container para oficinas y almacén.
- Cisterna para prueba hidráulica.
- Servicio de prueba neumática y de vacío.

Según las consideraciones planteadas se elaboraron los cálculos de necesidad de servicios para la ejecución del proyecto según los cuadros adjuntos:

SERVICIO	UNIDA D	PESO O ÁREA	COSTO UNITARIO/K g o M2	COSTO TOTAL
		19792.		
SERVICIO DE ROLADO	KG	0	0.5	9896.0
SERVICIO DE LIMPIEZA SUPERFICIAL	M2	1624.0	11.5	18676.1
SERVICIO DE PINTURA	M2	1624.0	5.5	8932.1
PINTURA 3 PASADAS	GL	220.0	90	19800.0
SERVICIO DE GAMMAGRAFÍA	GLB	1	6500	6500.0
SERVICIO DE PRUEBA NEUMÁTICA Y DE VACÍO	GLB	1	6000	6000.0
			TOTAL, SERVICIOS	65904.2

Tabla n.º 13 Costos de los servicios

COSTOS DE SERVICIOS EN OBRA	COSTO UNITARIO/ DIA	NRO DE DIAS	CANTIDAD	COSTO PARCIAL
ALQUILER DE CAMION GRUA	800	60	1	48000
ALQUILER DE GRUPO ELECTROGENO	350	60	1	21000
ALQUILER DE SERVICIOS HIGIENICOS	1500	45	1	67500
ALQUILER DE SERVICIO DE BUS PARA TRANSPORTE EN OBRA	250	60	1	15000
ALQUILER DE CAMIONETA	150	60	1	9000
ALQUILER DE GRUA PARA MANIOBRA DE TECHO	1800	2	1	3600
ALQUILER DE CONTAINERS PARA OFICINAS Y ALMACEN	50	109	2	10900
CISTERNA PARA PRUEBA HIDRAULICA	700	4	6	16800
			TOTAL	191800

Tabla n.º 14 Tabla de servicios de transporte en todo el proyecto

En total los servicios necesarios para la fabricación y montaje del tanque costarán
S/ 257704.2

Costos indirectos. Para el cálculo de costos también tenemos los costos indirectos debidos a los generados por los diferentes alquileres y servicios, y costos generados por el personal no directo de obra entre ellos tenemos:

- Costos legales.
- Costos administrativos.
- Costos de documentación.
- Costos de contratación.
- Costos de materiales administrativos.
- Servicio de energía eléctrica.
- Servicios de agua.
- Telefonía e internet.
- Servicio de limpieza.
- Servicio de vigilancia.
- Alquiler de local.

Para ello elaboramos las siguientes tablas con los cálculos para determinar los costos indirectos.

	CANT	UTILIZACIÓN	COSTO	PARCIAL
costos legales	1	100%	1500	1800.0
costos administrativos	1	100%	800	960.0
costos de documentación	1	100%	2500	3000.0
costos de transporte en obra	2	100%	3800	9120.0
Costos de contratación	57	100%	800	54720.0
material comodato	1	100%	1500	1800.0

TOTAL, COSTOS		71400.0
------------------	--	---------

Tabla n.º 15 Tabla de costos administrativos

Los costos de servicios básicos tenemos:

COSTOS DE SERVICIOS	CANT	UTILIZACIÓN	COSTO MENSUAL	PARCIAL
ENERGÍA ELÉCTRICA	1	17%	1500	3060
AGUA	1	17%	250	510
TELEFONÍA E INTERNET	1	17%	2500	5100
LIMPIEZA	1	17%	2500	5100
VIGILANCIA	1	17%	3200	6528
ALQUILER DE LOCAL	1	10%	3500	4200

COSTOS TOTALES	24498
----------------	-------

Tabla n.º 16 Costos de servicios basicos

En total los costos indirectos serán S/ 95898

Costos de transportes. Los costos de transportes en todo el proyecto se dan desde la compra de la materia prima hasta el recojo de materiales y herramientas de obra, entre ellos tenemos los siguientes costos:

La mayor parte de estos materiales se transportan en tráileres con los costos unitarios mostrados en la siguiente tabla:

TRANSPORTES	DISTANCIA	COSTO POR KM	CANTIDAD	TOTAL PARCIAL
TRANSPORTES DE MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS	1350	7	1	9450
TRANSPORTE DE PLANCHAS DE CASCO Y FONDO	1350	7	3	28350
PLANCHAS DE TECHO Y ACCESORIOS	1350	7	1	9450
TRANSPORTES DE REGRESO DE MAQUINARIA	1350	7	1	9450
TRANSPORTES DE CONTAINERS	150	15	4	9000
			TOTAL TRANSP	65700

Tabla n.º 17 Costo de transporte sin la mejora

Entre los costos de mano de obra, tenemos la mano de obra directa e indirecta, están incluidos todos los trabajadores que intervienen en la obra entre ellos tenemos los siguientes:

MANO DE OBRA DIRECTA	DIAS PREVIOS	DURACION DE LA ACTIVIDAD	CANTIDAD	participacion	sueldo/MES	nro de días trabajados	TOTAL INGRESO	TOTAL INGRESO CON LIQUIDACION
GERENTE DE PROYECTO	30	109	1	100%	10000	139	46333.3	64866.7
INGENIERO RESIDENTE	15	109	1	100%	7000	124	28933.3	40506.7
INGENIERO DE SEGURIDAD	15	59	1	100%	6000	74	14800.0	20720.0
INGENIERO DE CALIDAD	15	79	1	100%	4000	94	12533.3	17546.7
INSPECTOR DE CALIDAD	0	70	1	100%	3000	70	7000.0	9800.0
CONTADOR GENERAL	0	109	1	10%	7000	109	2543.3	3560.7
GERENTE GENERAL	30	109	1	10%	12000	139	5560.0	7784.0
ASISTENTE ADMINISTRATIVO	0	50	1	30%	1800	50	900.0	1260.0
ANALISTA DE COMPRAS	0	50	1	30%	3000	50	1500.0	2100.0
ADMINISTRADOR DE OBRA	0	59	1	100%	4000	59	7866.7	11013.3
SOLDADOR 3G MONTAJE DEL CASCO, FONDO Y TECHO	10	36	4	100%	4000	46	24533.3	34346.7
SOLDADOR 6G	10	15	2	100%	5000	25	8333.3	11666.7
ARMADOR DE ESTRUCTURAS	10	36	2	100%	4000	46	12266.7	17173.3
ANDAMIERO	10	40	2	100%	3000	50	10000.0	14000.0
OFICIAL DE APOYO	6	36	6	100%	1800	42	15120.0	21168.0
AYUDANTE	6	36	12	100%	1200	42	20160.0	28224.0
OPERARIO MONTAJISTA	6	36	2	100%	3000	42	8400.0	11760.0
VIGIA	6	36	1	100%	1200	42	1680.0	2352.0
ESMERILADOR	6	36	3	100%	1800	42	7560.0	10584.0
PINTOR	10	12	1	100%	5000	22	3666.7	5133.3
AYUDANTE DE PINTOR	10	12	1	100%	2500	22	1833.3	2566.7
ARENADOR	6	5	1	100%	3000	11	1100.0	1540.0
AYUDANTE DE ARENADOR	6	5	2	100%	2000	11	1466.7	2053.3
MECANICO	10	59	1	100%	3000	69	6900.0	9660.0
ELECTRICISTA	10	59	1	100%	3000	69	6900.0	9660.0
OPERADOR DE GRUA	6	40	1	100%	3000	46	4600.0	6440.0
CHOFERES DE CISTERNA	6	4	6	100%	2700	4	5400.0	7560.0
RIGGER	6	40	1	100%	1600	46	2453.3	3434.7
		TOTAL PERSON	59			TOTAL M.O.	270343.3	378480.7

Tabla n.º 18 Costo de la mano de obra

Costos de alimentación en obra, para el cálculo de alimentación en obra se hicieron los basándose en los días de permanencia del trabajador en la obra, considerando los tiempos de inducción, transportes y aclimatación en obra entre estos costos tenemos:

COSTO DE ALIMENTACION							
MANO DE OBRA DIRECTA E INDIRECTA	DIAS PREVIOS	DURACION DE LA ACTIVIDAD	CANTIDAD	Nro de días trabajados	Nro de días EN OBRA	COSTO UNITARIO MENU/DIA	COSTO PARCIAL
GERENTE DE PROYECTO	30	109	1	139	15	23	345
INGENIERO RESIDENTE	15	109	1	124	59	23	1357
INGENIERO DE SEGURIDAD	15	59	1	74	59	23	1357
INGENIERO DE CALIDAD	15	79	1	94	59	23	1357
INSPECTOR DE CALIDAD	0	70	1	70	59	23	1357
CONTADOR GENERAL	0	109	1	109	0	23	0
GERENTE GENERAL	30	109	1	139	0	23	0
ASISTENTE ADMINISTRATIVO	0	50	1	50	0	23	0
ANALISTA DE COMPRAS	0	50	1	50	0	23	0
ADMINISTRADOR DE OBRA	0	59	1	59	59	23	1357
SOLDADOR 3G MONTAJE DEL CASCO, FONDO Y TECHO	10	36	4	46	36	23	828
SOLDADOR 6G	10	15	2	25	15	23	345
ARMADOR DE ESTRUCTURAS	10	36	2	46	36	23	828
ANDAMIERO	10	40	2	50	40	23	920
OFICIAL DE APOYO	6	36	6	42	36	23	828
OPERARIO MONTAJISTA	6	36	2	42	36	23	828
AYUDANTE	6	36	8	42	36	23	828
VIGIA	6	36	1	42	36	23	828
ESMERILADOR	6	36	3	42	36	23	828
PINTOR	10	12	1	22	12	23	276
AYUDANTE DE PINTOR	10	12	1	22	12	23	276
ARENADOR	6	10	1	16	10	23	230
AYUDANTE DE ARENADOR	6	10	2	16	10	23	230
MECANICO	10	59	1	69	59	23	1357
ELECTRICISTA	10	59	1	69	59	23	1357
OPERADOR DE GRUA	6	40	1	46	40	23	920
CHOFERES DE CISTERNA	6	4	6	4	4	23	92
RIGGER	6	40	1	46	40	23	920
						COSTO TOTAL	19849

Tabla n.º 19 Costo de alimentación en obra

La obra para la construcción de tanques, si se encuentran en lugares difíciles de acceso, es necesario considerar la alimentación. En el caso en estudio, se ha considerado alimentación, pero no el alojamiento, ya que la empresa minera donde se desarrolló el proyecto proporcionaba el alojamiento.

Luego de considerar todos los costos relativos a la construcción e instalación del proyecto de tanques de almacenamiento, en la siguiente tabla haremos un resumen.

	COSTO \$	COSTO EN S/.	% de participación
COSTOS DE LA MATERIA PRIMA	64648.8	217220	21%
COSTOS DE LOS SERVICIOS	76697.7	257704	25%
COSTOS INDIRECTOS	28541.1	95898	9%
COSTOS DE TRANSPORTES	19553.6	65700	6%
	112643.		
COSTO DE LA MANO DE OBRA	1	378481	37%
COSTO DE ALIMENTACIÓN EN OBRA	5907.4	19849	2%
TOTAL	307992	1034852	

Tabla n.º 20 Resumen general de costos

Nota. 1\$ = S/ 3.36

Presupuesto de ventas.

Para poder comparar los beneficios sobre los resultados de un proyecto sin considerar la mejora, es necesario definir la demanda de tanques de almacenamiento que esta empresa sobre la cual se realiza el análisis, la venta de esta mediana empresa es de S/ 6 '500,000 anuales, el cual equivale a una venta de seis tanques anuales. Para el caso de estudio de la empresa de proyectos, se considera una demanda anual, si se hubiesen vendido 6 tanques nuevos en el periodo de un año (demanda anual), se elabora un presupuesto de ingresos anuales bajo esas consideraciones la cual podemos ver en la tabla siguiente:

Tabla n.º 21 Resumen de ingresos de proyecto sin mejora en el periodo de un año

	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SETIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
DEMANDA												
TANQUE 1	374864.89	374864.89	374864.89									
TANQUE 2			374864.89	374864.89	374864.89							
TANQUE 3					374864.89	374864.89	374864.89					
TANQUE 4							374864.89	374864.89	374864.89			
TANQUE 5									374864.89	374864.89	374864.89	
TANQUE 6										352949.712	352949.712	352949.712
TOTAL INGRESOS	374864.89	374864.89	749729.781	374864.89	749729.781	374864.89	749729.781	374864.89	749729.781	727814.603	727814.603	352949.712

Tabla n.º 22 Presupuesto de costos sin la mejora

PRESUPUESTO DE COSTOS SIN LA MEJORA												
	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SETIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
DEMANDA												
TANQUE 1	347231	347231	347231									
TANQUE 2			347231	347231	347231							
TANQUE 3					347231	347231	347231					
TANQUE 4							347231	347231	347231			
TANQUE 5									347231	347231	347231	
TANQUE 6										347231	347231	347231
TOTAL, COSTOS	347230.6	347230.6	694461.1	347230.6	694461.1	347230.6	694461.1	347230.6	694461.1	694461.1	694461.1	347230.6

En estos presupuestos de ingresos y egresos en los cuales se muestran como fluyen los ingresos y costos en el tiempo en el periodo de un año, vamos a realizar un flujo de caja para ello consideramos un presupuesto de inversión de maquinaria y equipos en esta empresa objeto de estudio. Se considera maquinaria básica para la soldadura y corte, en estos procesos de fabricación y montaje los procesos son manuales

Flujo de caja del proyecto.

Tabla 2. Flujo de caja sin la mejora

Tabla n.º 23 Flujo de caja sin la mejora

FLUJO DE CAJA SIN LA MEJORA	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SETIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
TOTAL, INGRESOS	374864.9	374864.9	749729.8	374864.9	749729.8	374864.9	749729.8	374864.9	749729.8	749729.8	749729.8	374864.9
TOTAL, EGRESOS	347230.6	347230.6	694461.1	347230.6	694461.1	347230.6	694461.1	347230.6	694461.1	694461.1	694461.1	347230.6
UTILIDAD BRUTA	27634.3	27634.3	55268.7	27634.3	55268.7	27634.3	55268.7	27634.3	55268.7	55268.7	55268.7	27634.3
DEPRECIACIÓN DE MAQUINARIA	784	784	784	784	784	784	784	784	784	784	784	784
IMPUESTOS	8152.1	8152.1	16304.3	8152.1	16304.3	8152.1	16304.3	8152.1	16304.3	16304.3	16304.3	8152.1
-47040	18698.2	18698.2	38180.4	18698.2	38180.4	18698.2	38180.4	18698.2	38180.4	38180.4	38180.4	18698.2

En este flujo de caja tenemos los resultados siguientes:

VAN = S/. 322,552.4

IV DESCRIPCIÓN DE MÉTODOS DE ANÁLISIS

IV. 1 Tipo de Investigación

El presente trabajo es una investigación de tipo aplicada y con enfoque cuantitativo pues utiliza la recolección de datos para probar hipótesis con base en la medición numérica y el análisis estadístico (Hernández, Fernández, & Baptista, Metodología de la investigación, 2010).

IV. 2 Diseño de Investigación

Así también, utilizamos el diseño experimental, pues es un “estudio en el que se manipulan intencionalmente una o más variables independientes (supuestas causas antecedentes), para analizar las consecuencias que la manipulación tiene sobre una o más variables dependientes (supuestos efectos consecuentes), dentro de una situación de control para el investigador” (Fleiss, 2013; O’Brien, 2009 y Green, 2003, como se cita en Hernández, Fernández, & Baptista, 2010, p. 129) en la cual se busca calcular las ratios de rentabilidad en la mediana empresa en los proyectos de fabricación y montaje de tanques de almacenamiento, aplicando las mejoras en sus procesos. Para ello, se aplicó las teorías y conocimientos adquiridos sobre gestión y mejora de procesos con el uso de las técnicas y herramientas enfocadas en los procesos a investigar bajo criterio del análisis de las variables ya determinadas. Luego se aplicó la teoría de las mejoras existentes, así como las herramientas y aplicaciones prácticas en las operaciones que se indican a continuación:

- Compras.
- Habilitado de planchas previo a la soldadura.
- Rolado de planchas.
- Limpieza superficial de planchas.
- Izaje de planchas.
- Pintura.
- Esmerilado de soldadura.

Estos procesos que son manuales y que nos llevan al análisis se consideran para el presente trabajo de diseño experimental, ya que es una investigación que se manipulan las variables, se genera los casos de mejora aplicando a los procesos los cuales se determina la mejora. Así luego de la aplicación se obtienen los resultados a través de procesos de medición.

IV. 3 Población y Muestra

Esta investigación es un estudio de caso, pues como afirma Hernández, Fernández y Baptista, (2010), en ocasiones, los estudios de caso utilizan la experimentación, es decir, se constituyen en estudios pre experimentales; asimismo, se podrían definir como estudios que analizan profundamente una unidad holística para responder al planteamiento del problema, probar hipótesis y desarrollar alguna teoría (Hernández & Mendoza, Metodología de la investigación. Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta, 2018).

IV.3.1 Descripción del caso de estudio

En la empresa constructora de tanques de almacenamiento, que llamaremos TK SA, compañía por la cual se hizo el trabajo de investigación¹, es una empresa que viene realizando trabajos constructivos de tanques para almacenamiento en la modalidad de nuevos, reparaciones y modificaciones bajo las normas API 650 y 653 para diferentes clientes en el país. Con una vigencia de más de 25 años, tiene una facturación anual promedio de \$4'000,000 con aproximadamente 300 trabajadores distribuidos a nivel nacional.

A continuación, podremos observar cómo está organizada la empresa sobre la cual haremos el análisis del presente trabajo.

Personal del proyecto:

- Ingenieros residentes, ingenieros de seguridad, planner y de control y seguimiento.....45
- Personal administrativo15
- Personal operario en general.....230

En las entrevistas realizadas a tres directores fabricantes de tanques con el sistema tradicional, ellos manifestaron acerca de la rentabilidad en el negocio, En promedio estaban, según balance anual, en un EBITDA de 10% en el último año. Según indican esta rentabilidad puede hacer peligrar el negocio ya que es baja comparado con otros sectores.

También manifestaron su preocupación acerca de las empresas transnacionales que están ingresando y algunas que están en el mercado peruano quienes están

¹ Guardaremos en reserva los datos de la empresa, por estándares de ética de la investigación.

desarrollando proyectos de tanques con mejor tecnología y tiempos de procesos. Esto es negativo para sus negocios pues lo obligan a bajar sus costos a costa de sus utilidades.

La empresa está organizada de la siguiente manera:

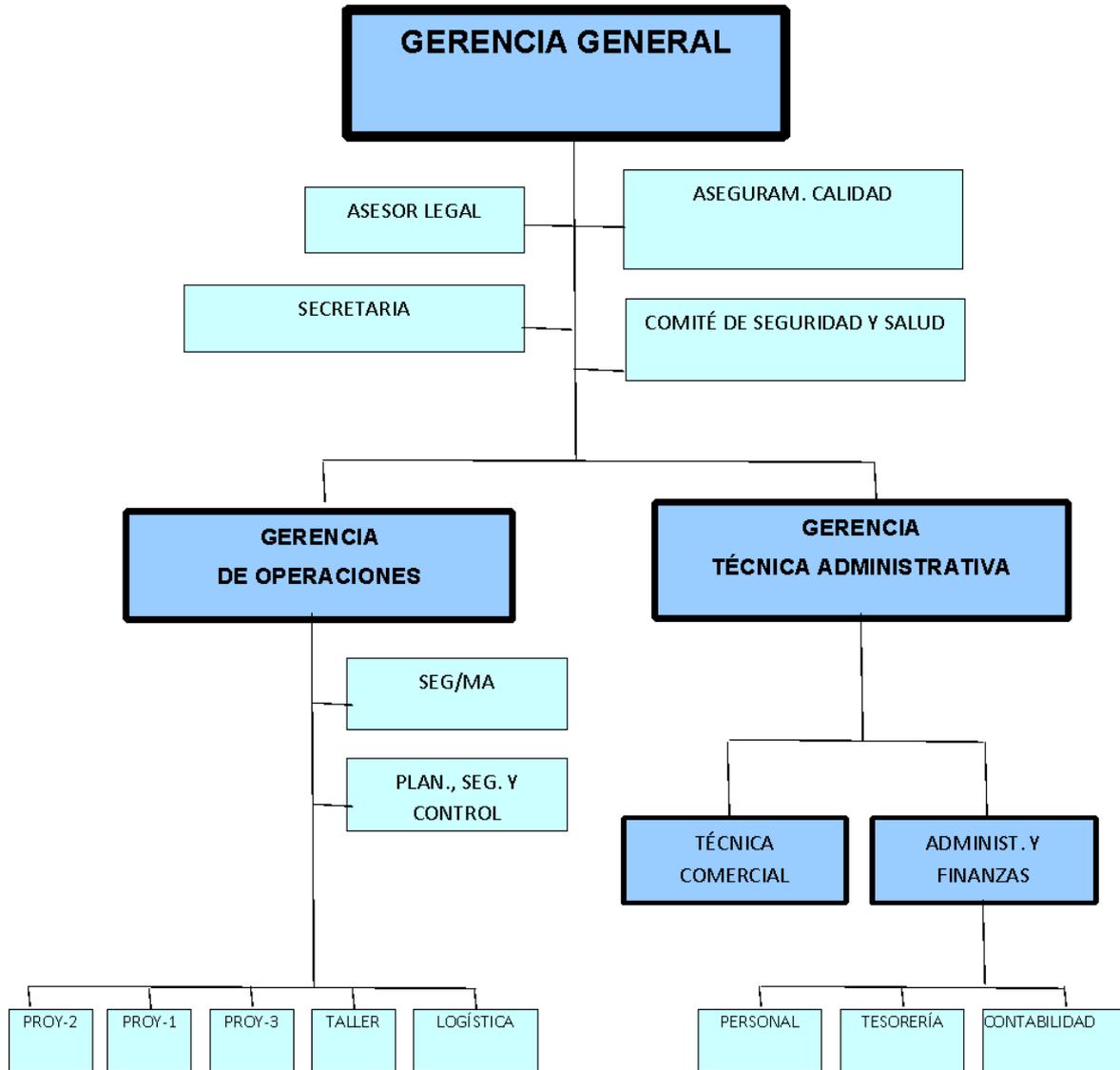


Figura n.o 46 Organigrama de la empresa TKSA

IV. 4 Técnicas e instrumentos

Además de la aplicación de los métodos, técnicas y herramientas de mejora de los procesos, que se señalan en el apartado se hizo una entrevista a tres directores de

empresas vinculadas entre ellas está un director de TK SA, en la que se preguntó acerca de:

- El mercado metalmecánico y de proyectos.
- Los procesos que rigen en la empresa.
- Estrategias de negocios.

Dentro de las técnicas que se utilizaron para el desarrollo del presente trabajo es el de la observación, se utilizaron muchas de las experiencias de automatización de procesos por internet, en los cuales se pueden observar en la construcción de tanques.

V RESULTADOS

V.1 Costos de Proyecto de Tanques considerando las Mejoras

Se presenta la comparación con los procesos mejorados, para ello empezaremos con el diagrama de Gantt para este caso, en ella podemos observar que los tiempos de procesos se reducen al ser estos realizados por procesos automáticos (biselado, soldadura, arenado pintura, izaje esmerilado, etc.)

Tabla n.º 24 Cronograma de tanques considerando las mejoras

Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Predecesoras
PROYECTO DE FABRICACIÓN Y MONTAJE DE TANQUE VERTICAL	72.5 días	mar 27/08/19	jue 05/12/19	
INICIO DE PROYECTO	1 día	mar 27/08/19	mar 27/08/19	
INGENIERÍA DEL PROYECTO	15 días	mié 28/08/19	mar 17/09/19	2
PROCURA DE MATERIALES DE LOS ACCESORIOS DEL TANQUE	10 días	mié 18/09/19	mar 01/10/19	3
PROCURA DE MATERIALES DEL CASCO FONDO Y TECHO DE TANQUE	10 días	mié 18/09/19	mar 01/10/19	3
FABRICACION DE TANQUE	24 días	jue 03/10/19	mar 05/11/19	
HABILITACIÓN DE PLANCHAS DE FONDO Y TECHO	3 días	vie 04/10/19	mar 08/10/19	5FC+2 días
FABRICACIÓN DE ACCESORIOS, BARANDAS, CONEXIONES, MANHOLES, SILLETAS, ESCALERA	10 días	jue 03/10/19	mié 16/10/19	4FC+1 día
LIMPIEZA SUPERFICIAL DE FONDO Y TECHO	2 días	mié 09/10/19	jue 10/10/19	7
LIMPIEZA SUPERFICIAL DE ACCESORIOS DE TANQUE	4 días	jue 17/10/19	mar 22/10/19	8
PINTURA DE FONDO Y TECHO DE TANQUE	2 días	vie 11/10/19	lun 14/10/19	9
PINTURA BASE DE ACCESORIOS DE TANQUE	4 días	mié 23/10/19	lun 28/10/19	10

TRANSPORTE DE MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS A OBRA	3 días	lun 07/10/19	mié 09/10/19	4FC+3 días
TRANSPORTE DE BOBINAS DE CASCO PLANCHAS DE FONDO Y TECHO DE TANQUE	3 días	jue 17/10/19	lun 21/10/19	11FC+2 días
TRANSPORTE DE ACCESORIOS	3 días	vie 01/11/19	mar 05/11/19	12FC+3 días
MONTAJE DE TANQUES EN OBRA	37.5 días	mar 15/10/19	jue 05/12/19	
INSTALACIÓN DE CAMPAMENTO EN OBRA	3 días	mar 15/10/19	jue 17/10/19	13FC+3 días
INSTALACIÓN DE SERVICIOS EN OBRA	2 días	vie 18/10/19	lun 21/10/19	17
VERIFICACIÓN TOPOGRÁFICA DE BASE DE TANQUE	1 día	mar 22/10/19	mar 22/10/19	18
ARMADO DE BASE DE TANQUE	1 día	mié 23/10/19	mie 23/10/19	19
SOLDADURA DE PLANCHAS DE BASE DE TANQUE	1 día	jue 24/10/19	jue 24/10/19	20
ARMADO DE SISTEMA DE IZAJE DE ANILLOS	1 día	vie 25/10/19	vie 25/10/19	21
ARMADO DEL CASCO DEL TANQUE	8.5 días	lun 28/10/19	jue 07/11/19	
COLOCADO DEL 1er ANILLO	0.25 días	lun 28/10/19	lun 28/10/19	22
IZAJE DEL PRIMER ANILLO	0.25 días	lun 28/10/19	lun 28/10/19	24
SOLDADURA DEL 1er ANILLO	1 día	lun 28/10/19	mar 29/10/19	25
COLOCADO DEL 2DO ANILLO	0.25 días	mar 29/10/19	mar 29/10/19	26
IZAJE DEL SEGUNDO ANILLO	0.25 días	mar 29/10/19	mar 29/10/19	27
SOLDADURA DEL 2do ANILLO	1 día	mis 30/10/19	mie 30/10/19	28
COLOCADO DEL 3er ANILLO	0.25 días	jue 31/10/19	jue 31/10/19	29
IZAJE DEL PRIMER ANILLO	0.25 días	jue 31/10/19	jue 31/10/19	30

SOLDADURA DEL 3er ANILLO	1 día	jue 31/10/19	vie 01/11/19	31
COLOCADO DEL 4to ANILLO	0.25 días	vie 01/11/19	vie 01/11/19	32
IZAJE DEL CUARTO ANILLO	0.25 días	vie 01/11/19	vie 01/11/19	33
SOLDADURA DEL 4to ANILLO	1 día	lun 04/11/19	lun 04/11/19	34
COLOCADO DEL 5to ANILLO	0.25 días	mar 05/11/19	mar 05/11/19	35
IZAJE DEL QUINTO ANILLO	0.25 días	mar 05/11/19	mar 05/11/19	36
SOLDADURA DEL 5to ANILLO	1 día	mar 05/11/19	mis 06/11/19	37
SOLDADURA DEL ANILLO DE RIGIDEZ	1 día	mie 06/11/19	jue 07/11/19	38
PREPARACIÓN Y MONTAJE DEL TECHO DEL TANQUE	9.75 días	mar 29/10/19	mar 12/11/19	
ARMADO DEL TECHO DEL TANQUE	1 día	mar 29/10/19	mis 30/10/19	27
SOLDADURA DEL TECHO DEL TANQUE	1 día	mie 30/10/19	jue 31/10/19	41
MONTAJE DEL TECHO DEL TANQUE	2 días	vie 08/11/19	mar 12/11/19	39FC+1 día
SOLDADURA DE ACCESORIOS Y BOQUILLAS	5 días	mar 12/11/19	mar 19/11/19	43
SOLDADURA DE ESCALERA HELICOIDAL	3 días	mar 12/11/19	vie 15/11/19	43
PRUEBAS DEL TANQUE	16.75 días	jue 31/10/19	lun 25/11/19	
PRUEBAS NEUMÁTICAS, DE VACÍO Y DE ACEITE	2 días	jue 31/10/19	lun 04/11/19	42
PRUEBA RADIOGRÁFICA	2 días	jue 07/11/19	lun 11/11/19	39
PRUEBA HIDROSTÁTICA DEL TANQUE	4 días	mar 19/11/19	lun 25/11/19	44
PINTADO DEL TANQUE	7 días	lun 25/11/19	mié 04/12/19	

LIMPIEZA SUPERFICIAL INTERIOR DE CASCO DE TANQUE	1 día	lun 25/11/19	mar 26/11/19	49
LIMPIEZA SUPERFICIAL EXTERIOR DEL TANQUE	2 días	mié 27/11/19	vie 29/11/19	51FC+1 día
PINTURA INTERIOR DEL TANQUE	1 día	lun 25/11/19	mar 26/11/19	49
PINTURA EXTERIOR DEL TANQUE	2 días	mié 27/11/19	vie 29/11/19	51FC+1 día
RETOQUES Y TOUCH UP	2 días	vie 29/11/19	mar 03/12/19	54
ENTREGA DOSSIER Y PLANOS FINALES	1 día	mar 03/12/19	mié 04/12/19	55
ENTREGA FINAL DEL TANQUE	1 día	mié 04/12/19	jue 05/12/19	56

V.1.1 Análisis de costos considerando la mejora de los procesos

Se harán los cálculos de costos debidos a las mejoras de los procesos que se llevarán a cabo para la fabricación e instalación de tanques verticales de almacenamiento. Los costos derivados de este proyecto al igual que en el caso anterior el cual se analiza sin las mejoras en los procesos son los siguientes:

- Costos de la materia prima.
- Costos de los servicios de fabricación y montaje.
- Costos indirectos de fabricación.
- Costos de transportes de materiales a obra.
- Costo de la mano de obra del proyecto.
- Costo de alimentación en obra.

V.1.1.1 Costos de la materia prima.

Los costos de la materia prima en la mayor parte del tanque serán menores debido a que se usan bobinas de acero en lugar de las planchas de acero, se utilizarán para el casco techo y fondo, en cambio los accesorios se mantendrán con sus precios de planchas y tubos.

Tabla 3. Costos de acero en el tanque

Tabla n.º 25 Costos de materiales proyecto con la mejora

DENOMINACIÓN	DIÁMETRO	ALTURA	ÁREA	PESO/M2	PESO PARCIAL	COSTO \$ UNITARIO	COSTO PARCIAL
PLANCHA 1/4" bobinas	12	10	376.99	52.5	20781.62	0.7	14547.13
PLANCHA 3/8"bobinas	12	2	75.4	83.34	6598.16	0.7	4618.71
TECHO	12.2		116.9	52.5	6444.03	0.7	4510.82
FONDO	12.5		122.72	83.34	10738.72	0.7	7517.1
ACCESORIOS VARIOS, GRATING, BOQUILLAS, BARANDAS, ESCALERA HELICOIDAL, MANHOLES, TUBERÍAS DE ENTRADA Y SALIDA			120	55	6930	0.92	6375.6
SOLDADURA EN KG					520	8	4160
EPPS DE SEGURIDAD					1	4800	4800
PERNERIA, EMPAQUES ETC					1	2350	2350
			TOTAL, ÁREA	812.01			
			PESO TOTAL	51492.5		COSTO TOTAL \$	48879.37

Tabla n.º 26 Costos de pintura

TIPO DE PINTURA	ÁREA	RENDIMIENT O M2/GL	TOTAL, GLS	COSTO/GL	COSTO PARCIAL \$
PINTURA JET ZINC 850	1624.01 2	34	48	62	2976
PINTURA JET 70 MP	1624.01 2	26	63	45	2835
JETHANE 500	812	37	22	27	594
ECOPOXY 100			20	18	360
COSTO TOTAL PINTURA					6765

Los costos totales de la materia prima serán \$ 55644.37

V.1.1.2 Costos de servicios.

Tenemos según el modelo anterior los costos relativos a los servicios que se requieren entre ellos tenemos:

- Servicio de rolado.
- Servicio de limpieza superficial.
- Servicio de pintura.
- Pintura 3 pasadas.
- Servicio de gammagrafía.
- Servicio de alquiler de camión grúa.
- Alquiler de grupo electrógeno.
- Alquiler de servicios higiénicos.
- Alquiler de servicio de bus para transporte en obra.
- Alquiler de camioneta.
- Alquiler de grúa para maniobra de techo.
- Alquiler de container para oficinas y almacén.
- Cisterna para prueba hidráulica.
- Servicio de prueba neumática y de vacío.

Tenemos las siguientes tablas de costos de servicios:

En este caso se reducen los costos de pintura y arenado como servicios de prefabricación en taller, ya que estos se realizarán en obra y no previamente como se considera en el primer caso.

Tabla n.º 27 Costos de servicios de pruebas

TSERVICIO	UNIDA D	PESO O ÁREA	COSTO UNITARIO/K g o M2	COSTO TOTAL
SERVICIO DE GAMMAGRAFÍA	GLB	1	6500	6500.0
SERVICIO DE PRUEBA NEUMÁTICA Y DE VACÍO	GLB	1	6000	6000.0
TOTAL, SERVICIOS				12500.0

Tenemos también los costos de los servicios de alquileres de equipos para el montaje del tanque:

Tabla n.º 28 Costos de los servicios

COSTOS DE SERVICIOS EN OBRA DE PROYECTO CON MEJORA	COSTO UNITARIO/DIA	NRO DE DÍAS	CANTIDA D	COSTO PARCIAL
ALQUILER DE CAMION GRUA	800	35	1	28000
ALQUILER DE GRUPO ELECTROGENO	350	40	1	14000
ALQUILER DE SERVICIOS HIGIÉNICOS	1500	40	1	60000
ALQUILER DE SERVICIO DE BUS PARA TRANSPORTE EN OBRA	250	30	1	7500
ALQUILER DE CAMIONETA	150	40	1	6000
ALQUILER DE GRUA PARA MANIOBRA DE TECHO	1800	2	1	3600
ALQUILER DE CONTAINERS PARA OFICINAS Y ALMACÉN	50	40	2	4000
CISTERNA PARA PRUEBA HIDRÁULICA	700	4	6	16800
			TOTAL	139900

Costo total de los servicios tenemos S/ 152400.

V.1.1.3 Costos indirectos.

Los costos indirectos del proyecto considerando la mejora son los siguientes:

Tabla n.º 29 Costos administrativos

	CANT	UTILIZACIÓ N	COSTO	PARCIAL
Costos legales	1	100%	1500	1800.0
Costos administrativos	1	100%	800	960.0
Costos de documentación	1	100%	2500	3000.0
Costos de transporte en obra	2	100%	3800	9120.0
Costos de contratación	46	100%	800	44160.0
material comodato	1	100%	1500	1800.0

Tabla n.º 30 Costos de los servicios básicos de local y oficinas

COSTOS DE SERVICIOS	CANT	UTILIZACIÓN	COSTO MENSUAL	PARCIAL
ENERGÍA ELÉCTRICA	1	17%	1500	3060
AGUA	1	17%	250	510
TELEFONÍA E INTERNET	1	17%	2500	5100
LIMPIEZA	1	17%	2500	5100
VIGILANCIA	1	17%	3200	6528
ALQUILER DE LOCAL	1	17%	3500	7140
	15		TOTAL	27438

Costos totales indirectos del proyecto S/ 88278.

V.1.1.4 Costos de transportes.

Debido a que los materiales se van a enviar como bobinas y no se van a enviar como prefabricados, los transportes van a disminuir por el menor volumen a transportar; entre ellos tenemos los siguientes costos:

Tabla n.º 31 Costo de transporte con la mejora

COSTO DE TRANSPORTE CON LA MEJORA				
TRANSPORTES	DISTANCIA	COSTO POR KM	CANTIDAD DE VIAJES	TOTAL PARCIAL
TRANSPORTES DE MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS	1350	7	1	S/ 9,450
TRANSPORTE DE PLANCHAS DE CASCO Y FONDO	1350	7	2	S/ 18,900
PLANCHAS DE TECHO Y ACCESORIOS	1350	7	1	S/ 9,450
TRANSPORTES DE REGRESO DE MAQUINARIA	1350	7	1	S/ 9,450
TRANSPORTES DE CONTAINERS	150	15	4	S/ 9,000
			TOTAL TRANSP	S/ 56,250

Y un costo total de S/ 56,250.

V.1.1.5 Costo de mano de obra del proyecto.

Está compuesto por el costo de los colaboradores que trabajan en obra y los que trabajan en la oficina; aquellos que intervienen directamente en la obra y aquellos que intervienen indirectamente, como los casos de gerencia y áreas de apoyo. Los costos de

mano de obra considerando la mejora, serán menores debido a los procesos automatizados.

Tabla n.º 32 Costos de mano de obra de proyecto de tanques con mejora

COSTOS DE MANO DE OBRA DE PROYECTO DE TANQUES CON LA MEJORA									
MANO DE OBRA DIRECTA	DIAS PREVIOS	DURACION DE LA ACTIVIDAD	CANTIDAD	participación	sueldo/MES	nro de días trabajados	TOTAL INGRESO	TOTAL INGRESO CON LIQUIDACION	
GERENTE DE PROYECTO	30	73	1	100%	10000	103	S/ 34,333	S/	48,067
INGENIERO RESIDENTE	15	73	1	100%	7000	88	S/ 20,533	S/	28,747
INGENIERO DE SEGURIDAD	15	40	1	100%	6000	55	S/ 11,000	S/	15,400
INGENIERO DE CALIDAD	15	40	1	100%	4000	55	S/ 7,333	S/	10,267
INSPECTOR DE CALIDAD	0	40	1	100%	3000	40	S/ 4,000	S/	5,600
CONTADOR GENERAL	0	73	1	30%	7000	73	S/ 5,110	S/	7,154
GERENTE GENERAL	0	73	1	30%	12000	73	S/ 8,760	S/	12,264
ASISTENTE ADMINISTRATIVO	0	40	1	30%	1800	40	S/ 720	S/	1,008
ANALISTA DE COMPRAS	0	40	1	30%	3000	40	S/ 1,200	S/	1,680
ADMINISTRADOR DE OBRA	0	40	1	100%	4000	40	S/ 5,333	S/	7,467
SOLDADOR 3G MONTAJE DEL CASCO, FONDO Y TECHO	10	25	2	100%	4000	35	S/ 9,333	S/	13,067
SOLDADOR 6G	10	6	3	100%	5000	16	S/ 8,000	S/	11,200
ARMADOR DE ESTRUCTURAS	10	25	2	100%	4000	35	S/ 9,333	S/	13,067
ANDAMIERO	10	40	2	100%	3000	50	S/ 10,000	S/	14,000
OFICIAL DE APOYO	6	36	3	100%	1800	42	S/ 7,560	S/	10,584
OPERARIO MONTAJISTA	6	36	1	100%	3000	42	S/ 4,200	S/	5,880
AYUDANTE	6	36	6	100%	1200	42	S/ 10,080	S/	14,112
VIGIA	6	25	1	100%	1200	31	S/ 1,240	S/	1,736
ESMERILADOR	6	36	2	100%	1800	42	S/ 5,040	S/	7,056
PINTOR	10	15	1	100%	5000	25	S/ 4,167	S/	5,833
AYUDANTE DE PINTOR	10	15	1	100%	2500	25	S/ 2,083	S/	2,917
ARENADOR	6	10	1	100%	3000	16	S/ 1,600	S/	2,240
AYUDANTE DE ARENADOR	6	10	2	100%	2000	16	S/ 2,133	S/	2,987
MECANICO	10	40	1	100%	3000	50	S/ 5,000	S/	7,000
ELECTRICISTA	10	40	1	100%	3000	50	S/ 5,000	S/	7,000
OPERADOR DE GRUA	6	15	1	100%	3000	21	S/ 2,100	S/	2,940
CHOFERES DE CISTERNA	6	4	6	100%	2700	4	S/ 5,400	S/	7,560
RIGGER	6	15	1	100%	1600	21	S/ 1,120	S/	1,568
		TOTAL PERSON	47			TOTAL M.O.	S/ 191,713	S/	268,399

El costo total de Mano de obra es S/ 268398.7

V.1.1.6 Costos de alimentación.

Vemos que los costos de alimentación de obra también han disminuido, debido a el menor número de trabajadores de obra, esto se verá reflejado en los resultados de la alimentación. Los costos de alimentación en obra son los siguientes:

Tabla n.º 33 Costo de alimentacion en obra proyecto con la mejora

MANO DE OBRA DIRECTA	DÍAS PREVIOS	DURACIÓN DE LA ACTIVIDAD	CANTIDAD	Nro. de días trabajados	Nro. de días EN OBRA	COSTO S/. UNITARIO MENU/DIA	COSTO PARCIAL S/.
GERENTE DE PROYECTO	30	73	1	103	15	23	345
INGENIERO RESIDENTE	15	73	1	88	40	23	920
INGENIERO DE SEGURIDAD	15	40	1	55	40	23	920
INGENIERO DE CALIDAD	15	40	1	55	40	23	920
INSPECTOR DE CALIDAD	0	70	1	70	40	23	920
CONTADOR GENERAL	0	73	1	73	0	23	0
GERENTE GENERAL	30	73	1	103	0	23	0
ASISTENTE ADMINISTRATIVO	0	40	1	40	0	23	0
ANALISTA DE COMPRAS	0	40	1	40	0	23	0
ADMINISTRADOR DE OBRA	0	40	1	40	40	23	920
SOLDADOR 3G MONTAJE DEL CASCO, FONDO Y TECHO	10	25	2	35	25	23	575
SOLDADOR 6G	10	15	3	25	15	23	345
ARMADOR DE ESTRUCTURAS	10	36	2	46	36	23	828
ANDAMIERO	10	40	2	50	40	23	920
OFICIAL DE APOYO	6	36	3	42	36	23	828
AYUDANTE	6	36	6	42	36	23	828
VIGIA	6	36	1	42	36	23	828
ESMERILADOR	6	36	4	42	36	23	828
PINTOR	10	15	1	25	15	23	345
AYUDANTE DE PINTOR	10	15	1	25	15	23	345
ARENADOR	6	10	1	16	10	23	230
AYUDANTE DE ARENADOR	6	10	2	16	10	23	230
MECÁNICO	10	40	1	50	40	23	920
ELECTRICISTA	10	40	1	50	40	23	920
OPERADOR DE GRÚA	6	40	1	46	40	23	920
CHOFERES DE CISTERNA	6	4	6	4	4	23	92
RIGGER	6	40	1	46	40	23	920
						COSTO TOTAL	15847

V.1.1.7 Resumen de costos de proyecto considerando la mejora.

El resumen de los costos del proyecto considerando la mejora se pueden observar lo siguiente:

Tabla n.º 34 Resumen de costos de proyecto con la mejora

RESUMEN DE COSTOS DE PROYECTO CON MEJORA 1\$ = S/. 3.36			
	COSTO \$	COSTO EN S/.	% de participación
COSTOS DE LA MATERIA PRIMA	55644.4	186965	24%
COSTOS DE LOS SERVICIOS	45357.1	152400	20%
COSTOS INDIRECTOS	26273.2	88278	11%
COSTOS DE TRANSPORTES	16741.1	56250	7%
COSTO DE LA MANO DE OBRA	79880.6	268399	35%
COSTO DE ALIMENTACIÓN EN OBRA	4716.4	15847	2%
TOTAL	228613	S/768,139	

El resumen nos muestra una considerable reducción de costos respecto del proyecto sin considerar la mejora y el proyecto considerando la mejora.

V.1.2 Presupuesto de ventas

Tabla n.º 35 presupuesto de ventas de tanque

VENTA DE TANQUES (\$)	
PESO TOTAL	51492
VENTA POR TANQUE	\$6.5/KG
VENTA TOTAL POR TANQUE \$	334701
VENTA MENSUAL S/.	111567

Aquí podemos observar los presupuestos de ventas y de costos totales, los cuales son obtenidos de la Tabla de resumen, y están representados en un flujo de caja en el periodo de un año.

Tabla n.º 36 Presupuestos de ingresos y costos en flujo de caja de un periodo considerando la venta de seis tanques anuales en ese volumen

PRESUPUESTO DE INGRESOS CON LA MEJORA												
	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SETIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
DEMANDA												
TANQUE 1	S/ 374,865	S/374,865	S/374,865									
TANQUE 2			S/374,865	S/ 374,865	S/374,865							
TANQUE 3					S/374,865	S/ 374,865	S/ 374,865					
TANQUE 4							S/ 374,865	S/ 374,865	S/ 374,865			
TANQUE 5									S/ 374,865	S/374,865	S/ 374,865	
TANQUE 6										S/352,950	S/ 352,950	S/ 352,950
TOTAL INGRESOS	S/ 374,865	S/374,865	S/749,730	S/ 374,865	S/749,730	S/ 374,865	S/ 749,730	S/ 374,865	S/ 749,730	S/ 727,815	S/ 727,815	S/ 352,950
PRESUPUESTO DE COSTOS CON LA MEJORA												
	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SETIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
DEMANDA												
TANQUE 1	S/ 256,046	S/256,046	S/256,046									
TANQUE 2			S/256,046	S/ 256,046	S/256,046							
TANQUE 3					S/256,046	S/ 256,046	S/ 256,046					
TANQUE 4							S/ 256,046	S/ 256,046	S/ 256,046			
TANQUE 5									S/ 256,046	S/ 256,046	S/ 256,046	
TANQUE 6										S/256,046	S/ 256,046	S/ 256,046
TOTAL COSTOS	S/ 256,046	S/256,046	S/512,093	S/ 256,046	S/512,093	S/ 256,046	S/ 512,093	S/ 256,046	S/ 512,093	S/512,093	S/ 512,093	S/ 256,046

V.1.3 Presupuesto de inversión

Para el caso del proyecto de mejora se van a requerir los siguientes equipos para automatizar y mejorar los procesos con sus costos respectivos:

Tabla n.º 37 Presupuesto de inversión con la mejora

INVERSION TANGIBLE	CANTIDAD	PRECIO \$	TOTAL PARCIAL \$	TOTAL S/.	TIEMPO DE VIDA DEPRECIABLE (AÑOS)	VALOR DE RESCATE	VALOR DE RESCATE S/.	VALOR DEPRECIABLE	VALOR DEPRECIABLE MENSUAL
EQUIPO GULLCO GK 200	4	16000	64000	S/ 215,040	5	0%	0	S/ 215,040	S/ 3,584
EQUIPO BISELADOR AUTOMATICO	4	1400	5600	S/ 18,816	5	0%	0	S/ 18,816	S/ 314
EQUIPO NIVELADOR HIDRAULICO	4	12800	51200	S/ 172,032	5	0%	0	S/ 172,032	S/ 2,867
EQUIPO ARENADOR AUTOMATICO	1	12800	12800	S/ 43,008	5	0%	0	S/ 43,008	S/ 717
EQUIPO PINTOR AUTOMATICO	1	4500	4500	S/ 15,120	5	0%	0	S/ 15,120	S/ 252
EQUIPO ESMERILADOR AUTOMATICO	2	1800	3600	S/ 12,096	5	0%	0	S/ 12,096	S/ 202
CAMARA DE ARENADO Y PINTURA PARA TANQUES	2	5180	10360	S/ 34,810	10	0%	0	S/ 34,810	S/ 290
ROLADORA VERTICAL PARA ANILLOS	2	35000	70000	S/ 235,200	10	0%	0	S/ 235,200	S/ 1,960
SERVICIOS DE INGENIERIA	1	4200	4200	S/ 14,112	5	0%	0	S/ 14,112	S/ 235
SISTEMAS DE CASTILLOS Y GUIAS	2	12500	25000	S/ 84,000	10	0%	0	S/ 84,000	S/ 700
		TOTAL \$	251260	S/ 844,234					S/ 11,120

Tenemos un presupuesto de inversión de S/ 844234 que traducidos como depreciación de maquinaria tendríamos un valor mensual de S/ 11120

Análisis de costos según el resumen obtenido:

Tabla n.º 38 Resumen de costos en ambos casos

RESUMEN	COSTO \$	COSTO EN S/.
RESUMEN DE COSTOS DE PROYECTO SIN MEJORA 1\$ = S/. 3.36	307992	S/ 1,034,851.68
RESUMEN DE COSTOS DE PROYECTO CON MEJORA 1\$ = S/. 3.36	228612.7	S/ 768,138.75

Entre ambos sistemas de fabricación tenemos una diferencia de costos de S/ 266712.9 por proyecto, las ventajas económicas del proyecto lo podemos mostrar a través de un flujo de caja de los proyectos a realizar en el periodo económico de un año

V.1.4 Análisis económico de la rentabilidad del proyecto

Podemos ver a través del análisis de rentabilidad en un flujo de caja en el periodo de un año, en el siguiente flujo de caja podemos observar los valores mostrados del proyecto considerando las mejoras.

Tabla n.º 39 Flujo de caja con la mejora

FLUJO DE CAJA CON LA MEJORA													
	INVERSION	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SETIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
TOTAL INGRESOS		S/ 374,865	S/ 374,865	S/ 749,730	S/ 374,865	S/ 749,730	S/374,865	S/ 749,730	S/ 374,865	S/ 749,730	S/749,730	S/ 749,730	S/ 374,865
TOTAL EGRESOS		S/ 256,046	S/ 256,046	S/ 512,093	S/ 256,046	S/ 512,093	S/256,046	S/ 512,093	S/ 256,046	S/ 512,093	S/512,093	S/ 512,093	S/ 256,046
UTILIDAD BRUTA		S/ 118,819	S/ 118,819	S/ 237,637	S/ 118,819	S/ 237,637	S/118,819	S/ 237,637	S/ 118,819	S/ 237,637	S/237,637	S/ 237,637	S/ 118,819
DEPRECIACION DE MAQUINARIA		S/ 11,120	S/ 11,120	S/ 11,120	S/ 11,120	S/ 11,120	S/ 11,120	S/ 11,120	S/ 11,120				
IMPUESTOS		S/ 35,051	S/ 35,051	S/ 70,103	S/ 35,051	S/ 70,103	S/ 35,051	S/ 70,103	S/ 35,051	S/ 70,103	S/ 70,103	S/ 70,103	S/ 35,051
UTILIDAD DESPUES DE IMPUESTOS	-S/ 844,234	S/ 72,647	S/ 72,647	S/ 156,414	S/ 72,647	S/ 156,414	S/ 72,647	S/ 156,414	S/ 72,647	S/ 156,414	S/156,414	S/ 156,414	S/ 72,647
	VAN	S/454,490											
	TIR MENSUAL	7.8%											

En la Tabla n.º 40 podemos observar los resultados económicos de la inversión de un año en el proyecto de tanque con la mejora, los cuales son bastantes satisfactorios.

Pero este análisis no es correcto porque la inversión debe ser cubierta por la diferencia del flujo de cajas del proyecto con la mejora y el proyecto sin la mejora, también es necesario analizar la inversión con financiamiento bancario y con un periodo mayor a un año.

Tabla n.º 40 Flujo de caja considerando el resultante de ambos casos proyecto con mejora y sin mejora

NOMINACION	INVERSION	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SETIEMBR	OCTUBRE	NOVIEMBR	DICIEMBRE
FLUJO DE CAJA SIN MEJORA		S/18,698	S/18,698	S/38,180	S/18,698	S/38,180	S/18,698	S/38,180	S/18,698	S/38,180	S/38,180	S/38,180	S/18,698
INTERES= S/O													
FLUJO DE CAJA CON MEJORA	-S/844,234	S/72,047	S/72,047	S/155,815	S/72,047	S/155,815	S/72,047	S/155,815	S/72,047	S/155,815	S/155,815	S/155,815	S/72,047
FLUJO RESULTANTE	-S/844,234	S/53,349	S/53,349	S/117,634	S/53,349	S/117,634	S/53,349	S/117,634	S/53,349	S/117,634	S/117,634	S/117,634	S/53,349

TIR **2.94%**

Vactual **S/969,355.20** es el

valor excedente actualizado logrado por cada ejercicio

Si tuviéramos que financiar la compra de maquinaria a través de un préstamo bancario al 14% TEA (según tasas de préstamos para un crédito financiero de 3 años para negocios en el banco BCP que podemos encontrar en su página corporativa, <https://ww3.viabcp.com/tasasytarifas/TasasDetalle.aspx?ATAS=1&O=005&PCTAS=>)

Con esta tasa y tiempo de inversión tenemos una tabla de amortización e intereses y realizamos el análisis para 3 años

Tabla n.º 41 tabla de amortización e intereses en un periodo de 3 años

TABLA DE AMORTIZACION E INTERESES				INVERSION	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3
DEUDA	S/844,237			-S/844,234	S/969,355	S/969,355	S/969,355
TASA DE INTERES	14%			INTERESES	S/118,193	S/83,830	S/44,657
SALDO DE DEUDA	S/598,788	S/318,981	S/0	-S/844,234	S/851,162	S/885,525	S/924,698
CUOTA	S/363,638	S/363,638	S/363,638				
AMORTIZACION	S/245,445	S/279,808	S/318,981	VAN	S/1,356,128	TIR	87.8%
INTERES	S/118,193	S/83,830	S/44,657				

De aquí podemos observar que obteniendo un financiamiento a 3 años obtenemos un VAN =S/. 1 '356,128.42 TIR= 87.8 % que son valores buenos de inversión.

VI DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

VI.1 DISCUSIONES

El automatizar los procesos de un proyecto tiene muchas ventajas que se ven reflejadas en los resultados, las tareas que se desarrollan de manera repetitiva o puedan generar condiciones críticas para el trabajador. Según (Velásquez, 2004) nos menciona en su artículo los ahorros por Calidad, *Ahorros estimados en: "Retrabajo" o reparación de piezas, reducción de la frecuencia de los servicios de mantenimiento, reparación y garantías ofrecidos al cliente, aumento de la demanda debido a la mejora esperada de la calidad del producto*". Es claro el mensaje de Velásquez quien indica que en algunos procesos la reducción de los costos de calidad, debido a la automatización, pueden ser muy importantes en una organización, en los procesos de biselado soldadura y habilitado esto puede verse reflejado en una mejora en la calidad.

En los costos también nos menciona (Velásquez, 2004) que hay una considerable reducción de costos debido a los sueldos del personal y todos los gastos asociados de planilla, sobretiempos y pagos. Velásquez nos indica que los procesos automatizados pueden representar una mejora en los tiempos para desarrollar los procesos. Se evidencia en estudios, entonces, que los procesos automáticos son más veloces y eficientes en contraste con los procesos manuales. Esto también se va a mostrar en el ahorro de costos para hacer los procesos más rápidos y más eficientes.

La inversión a realizar, según (Romero, 2019) es frecuente mirar empresarios, analizando siempre diferentes posibilidades para invertir sus recursos en la ejecución de diferentes proyectos. Katherine Romero, en su informe, describe que "un inversionista debe primero efectuar un estudio anticipado que le demuestre la factibilidad y los beneficios que le traerá el proyecto". Es decir, no asumir riesgos a invertir su dinero sin antes haber analizado todas las variables posibles, poner énfasis en el análisis de los costos y los ingresos que resultan del trabajo que demuestran la conveniencia del proyecto.

El evaluar un estudio técnico es muy importante para llevar a cabo un proyecto. Lo indica en su tesis Katherine Romero que, además, es uno de los factores para la toma de decisiones de inversión en un proyecto de bienes y/o servicios que le generen utilidad.

Los proyectos de inversión llevan a las empresas a producir rendimiento financiero, según (Álvaro Tresierra Tanaka, 2019) que analiza el sector de mediana empresa en 126 empresas en el Perú. Él indica que, al hacer inversión de largo plazo, compromete los recursos financieros por varios años. También menciona que la mayor parte de gerentes generales (para el análisis que efectuó), el 75%, no tiene una maestría de negocios y, por ello, considera necesario una capacitación a sus directivos además indica que las decisiones de inversión se dan mayormente por la decisión y criterio de los accionistas 48% y la otra es por la rentabilidad del sector 34%. Por otra parte, un inversionista de proyectos conoce que el beneficio que se logra no es inmediato y que en un proyecto de inversión siempre se espera alcanzar un logro a futuro.

De la entrevista a los directores especialistas de tanques de almacenamiento se puede ver que una de las razones de los directores es que su inversión no rinda frutos por los riesgos de cambios en los proyectos. Su miedo a automatizar los procesos es tener una inversión en equipos sin darle el uso debido o continuidad por falta de proyectos del mismo tipo. El riesgo por la presencia de empresas con mayor capacidad financiera, también, no les parece conveniente el monto de inversión en nueva tecnología. Asimismo, es válido indicar que ese miedo desaparece cuando se consideran los resultados anuales según la declaración en base a su crecimiento en el tiempo.

VI.2 CONCLUSIONES

A continuación, podemos hacer una recopilación de los análisis efectuados en el presente trabajo, de los cuales haremos unas conclusiones.

Podemos ver las conclusiones respecto de las siguientes condiciones y procesos en los proyectos de fabricación y montaje de tanques de almacenamiento verticales.

C1. Dentro de los resultados presentados podemos medir la rentabilidad de inversión efectuada en la mejora de los procesos: la rentabilidad nos da la medida del retorno de la inversión de los activos e inversión en una empresa (en inglés ROI o Return On Investment). Mide los resultados en el uso de sus recursos económicos o activos para la obtención de beneficios.

En el análisis del proyecto se tiene un presupuesto de inversión en maquinaria para mejorar los procesos, y un buen desempeño de los resultados económicos de la empresa que fue analizada. De ahí tenemos como resultados en el periodo de un año de ejercicio se

tuvo un VAN igual a S/. 447,674 y un TIR de 7.7% mensual; el presupuesto de inversión para la obtención de las mejoras es de S/. 844,233.6 y eso es considerando una inversión propia, pero es necesario buscar un financiamiento acorde a la mediana empresa quienes ofrecen un 14% como tasa de préstamo para negocios.

En la evaluación financiera tenemos un crédito de 3 años en el cual evaluando se puede obtener un VAN de S/. 1'496748.85 y un TIR de 95.2% Estos resultados son bastante buenos si podemos analizar que el rendimiento deberá ser un análisis de cinco años que sería el mínimo tiempo de uso de estos equipos.

Estos resultados pueden variar en función también de los riesgos que se presentan en el desarrollo del proyecto

C2. El tiempo de fabricación y montaje en estos proyectos al considerar equipos para los procesos automáticos y semiautomáticos se va a reducir, tal como lo podemos observar en los tiempos planificados en el diagrama de Gantt. De un proceso manual a un proceso automático o semiautomático, se puede obtener una reducción de tiempos en la entrega del proyecto. En el caso analizado podemos ver 22 días de reducción de tiempo en los procesos de fabricación y montaje: esto representa una reducción de 23% en el tiempo total de ejecución. Esto influye en los resultados económicos, debido a que permite manejar ventajas por los riesgos que se presentan en obra, penalidades por retrasos en el tiempo de ejecución y costos por gastos generales.

El análisis efectuado se da en condiciones normales de trabajo, vale decir, que condiciones normales de trabajo significa que se pueda ejecutar el trabajo sin mayor problema o restricción; lógicamente no es posible en todas las situaciones y esta dependerá del lugar donde se desarrollará el montaje de obra, pues esta podría tener restricciones ambientales, sociales, económicas, o de aplicación tecnológica

C3. En cuanto a los costos, se ha analizado los efectos en los diferentes procesos para el proyecto de fabricación y montaje de tanques de almacenamiento, así como se ha analizado los costos de materia prima, costos de servicios, los costos indirectos, los costos de mano de obra directa e indirecta, los costos de transportes y los costos de alimentación derivados en obra: la mayor parte de los costos están derivados por el tiempo de ejecución de la obra y la cantidad de personal que interviene en los procesos. Después del análisis, tenemos como resultados que se puede obtener un ahorro por la fabricación y montaje de un tanque en un valor de S/. 266,713, lo que significa una reducción del 25.8% en los costos.

El análisis contempla solo los costos calculables en el desarrollo del proyecto. No se consideran costos por riesgos ocultos, costos de calidad, costos de reprocesos, costos por penalidades, costos de seguridad, etc.

C4. Acerca de la seguridad en el proyecto de fabricación y montaje de tanques, en el análisis uno de los mayores riesgos es el tiempo de exposición al peligro, así como el tipo de labor efectuada con los equipos de alto riesgo. Como podemos ver en el análisis, existe reducción de tiempos de exposición, así como la labor efectuada no es de manera directa como sí lo harían en un proceso manual reduciendo el riesgo de accidentes o enfermedades ocupacionales por tiempo, uso y disminución en el riesgo en las labores con equipos de alto riesgo como máquinas de soldar esmeriles, arenado, pintura, etc. En este análisis se tiene una probable reducción de los riesgos en algunos de los procesos principales hasta del 50%.

La realidad de la seguridad en las empresas depende mucho en el énfasis de la cultura de seguridad implantada en los trabajadores y la capacitación en los trabajos de alto riesgo, así como en el control y supervisión de las actividades a realizar. Es importante señalar, que en el análisis se fundamenta que la mayor exposición de la persona en cercanía y tiempo, da lugar a un mayor riesgo a accidente o enfermedad ocupacional.

C5. La fabricación de los tanques es muy sensible a la calidad de la soldadura en los procesos de montaje y armado. El tanque, al ser construido por planchas metálicas a partir de bobinas, disminuye la cantidad de costuras verticales en el casco, techo y fondo. También se utilizarán planchas a partir de bobinas y, por lo tanto, también se obtiene una reducción en la cantidad de soldadura a realizar; así, se tiene un ahorro de 210 m de soldadura que no se van a emplear, usando bobinas como materia prima, dentro de los puntos de mayor posibilidad de falla. Es el casco de la soldadura de los anillos, específicamente en los cruces horizontales con los verticales y también en el fondo como en el techo se tienen soldaduras transversales, las cuales se reducen en su totalidad por el uso de bobinas. El número de cruces en el tanque por anillo son 7 y si se tiene cinco anillos, en total tenemos 35 cruces en el casco, los cruces de soldadura son puntos críticos en la construcción del tanque por ser el casco donde se suceden mayormente los peligros de fuga. De los 35 cruces en este tanque fabricado de la forma tradicional podremos reducir con la mejora a solo cinco cruces; la calidad también se puede mejorar gracias a reducir las fuentes de riesgo de falla en el proceso.

Pero la mejora no solo está en la calidad de la soldadura también se puede optimizar con los procesos de biselado y touch up que son críticos para la aplicación del recubrimiento interior y exterior del tanque.

VII REFERENCIAS

- Andia, W. (2011). Indicador de rentabilidad de proyectos: el Valor actual neto (VAN) o el valor económico agregado (EVA). *Revista de la Facultad de Ingeniería Industrial*, 14(1), 15-18.
- Asociación Española de Fabricantes de Construcción de Maquinaria Obras Públicas y Minería. (2007). *Estudio de tendencias tecnológicas en el Sector de Maquinaria de Obras Públicas, Construcción y Minería*. Andalucía, España: ANMOPYC.
- ASTM International- Standards. (2013). Comité de ensayos no destructivos. *ASTM International*.
- Camison, C., Cruz, S., & González, T. (2006). *Gestión de la calidad, conceptos, enfoques modelos y sistemas*. Madrid, España: Pearson, Educación.
- Centro Nacional de Planeamiento Estratégico. (2011). *Proyecciones de la matriz energética a largo plazo*. Lima. Obtenido de https://www.ceplan.gob.pe/documentos_/documento-de-trabajo-12-proyecciones-de-la-matriz-energetica-al-largo-plazo/
- Córdoba, J. C. (2007). *Modelo de Calidad para Portales Bancarios*. San José, Costa Rica.
- Decreto Supremo N° 013-2013. Ley de Impulso al Desarrollo Productivo y al Crecimiento Empresarial. Presidencia de la República del Perú. (2013).
- Doberssan, J. (2000). *Las 5S, herramientas del cambio*. Buenos aires: Universidad Tecnológica Nacional.
- ESAB. (s.f.). Factores fundamentales para obtener una buena soldadura. *Centro de Conocimiento ESAB*. Obtenido de <https://www.esab.com.ar/ar/sp/education/blog/factores-fundamentales-para-obtener-una-buena-soldadura.cfm>
- Fernández, R. (2005). *Sistemas de gestión de la calidad, ambiente y prevención de riesgos laborales. Su integración*. San vicente, Alicante: Club Universitario.

-
- Ghio, V. A. (1995). Innovación tecnológica, ahora es cuando. *Ingeniería de Construcción*(14), 2-14. Obtenido de <https://www.ricuc.cl/index.php/ric/article/view/360/302>
- Hernández, R., & Mendoza, C. (2018). *Metodología de la investigación. Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. Ciudad de México, México: Mc Graw Hill Education.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2010). *Metodología de la investigación*. México, DF, México: Mc Graw Hill.
- Krajewski, L. J., Ritzman, L. P., & Malhotra, M. K. (2008). *Administración de Operaciones, procesos y cadena de valor*. Juárez, México: Pearson Educación.
- Ministerio de Energía y Minas. (2018). *Reporte semestral de monitoreo del mercado de hidrocarburos*. Informe Semestral, Osinergmin, Hidrocarburos, Lima.
- Mora, W. F. (2012). *Revisión de las variables involucradas en la implementación de un proceso FCAW mecanizado en la fabricación de cuerpos de tanques API 650*. Universidad Libre, Bogotá. Obtenido de <http://hdl.handle.net/10901/9824>
- Moscoso, J. C. (2011). *Estudio de opciones de tratamiento y reuso de aguas residuales en Lima Metropolitana*. University of Stuttgart. Obtenido de http://www.lima-water.de/documents/jmoscoso_informe.pdf
- Nuñez, L., Vélez, M., & Berdugo, C. (2004). Aplicación de una metodología de mejora de procesos basada en el enfoque de gestión por procesos, en los modelos de excelencia y el QFD en una empresa del sector de confecciones. *Ingeniería y Desarrollo*, (16), 45-58.
- Project Management Institute. (2015). *La guía de los fundamentos para la dirección de proyectos* (6.^a ed.). Chicago, IL: Project Management Institute.
- Sociedad Nacional de Industrias. (2019). *Reporte estadístico Nro 6, Junio 2019*.
- Suárez-Barraza, M., & Miguel-Dávila, J. (2008). Encontrando al Kaizen : un análisis teórico de la mejora continua. *Pecunia : Revista de la Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales, Universidad de León*, 7, 285-311. Obtenido de http://gide.unileon.es/admin/UploadFolder/07_285_311.pdf

-
- Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento. (2008). *Diagnóstico situacional de los sistemas de tratamiento de aguas residuales en las EPS del Perú*. Obtenido de https://www.sunass.gob.pe/doc/Publicaciones/libro_ptar_gtz_sunass.pdf
- Valdunciel, L. M. (2007). Análisis de la calidad de servicio que prestan las entidades bancarias y su repercusión en la satisfacción del cliente y la lealtad hacia la entidad. *Revista Asturiana de Economía*, (38), 79-83.
- Valencia, A. (2012). Una visión para hacer más eficiente el desempeño del Sector Bancario en América Latina. *IDC- Analyze The Future*, 1.
- Zarátiegui, J. (1999). La gestión por procesos. Su papel e importancia. *Economía Industrial*, (330), 81-88
- Andía, W. (2011). Indicador de rentabilidad de proyectos: el Valor actual neto (VAN) o el valor económico agregado (EVA). *Revista de la facultad de Ingeniería Industrial*, 14(1), 15-18.
- Asociación Española de Fabricantes de Construcción de Maquinaria Obras Públicas y Minería. (2007). *Estudio de tendencias tecnológicas en el Sector de Maquinaria de Obras Públicas, Construcción y Minería*. Andalucía, España: ANMOPYC.
- ASTM International- Standards. (2013). Comité de ensayos no destructivos . *ASTM International*.
- Camison, C., Cruz, S., & Gonzáles, T. (2006). *Gestión de la calidad, conceptos, enfoques modelos y sistemas*. Madrid, España: Pearson, Educación.
- Centro Nacional de Planeamiento Estratégico. (2011). *Proyecciones de la matriz energética a largo plazo*. Lima. Obtenido de https://www.ceplan.gob.pe/documentos_/documento-de-trabajo-12-proyecciones-de-la-matriz-energetica-al-largo-plazo/
- Córdoba, J. C. (2007). *Modelo de Calidad para Portales Bancarios*. San José, Costa Rica.
- Decreto Supremo N° 013-2013. Ley de Impulso al Desarrollo Productivo y al Crecimiento Empresarial. Presidencia de la República del Perú. (2013).

-
- Doberssan, J. (2000). *LAS 5 S HERRAMIENTAS DEL CAMBIO*. ARGENTINA: UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL. Obtenido de https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/60418840/Las_5S__herramientas_de_cambio_-_Jose_Ricardo_Dorbessan_1ra_Ed20190828-127749-u0qntj.pdf?response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DLas_5S_Las_5S_herramientas_de_cambio_her.pdf&X-Amz-Algorithm
- Doberssan, J. (2000). *Las 5S, herramientas del cambio*. Buenos aires: Universidad Tecnológico Nacional.
- ESAB. (s.f.). Factores fundamentales para obtener una buena soldadura. *centro de conocimiento ESAB*. Obtenido de <https://www.esab.com.ar/ar/sp/education/blog/factores-fundamentales-para-obtener-una-buena-soldadura.cfm>
- Fernández, R. (2005). *Sistemas de gestión de la calidad, ambiente y prevención de riesgos laborales. Su integración*. San vicente, Alicante: Club Universitario.
- Ghio, V. A. (1995). Innovación tecnológica, ahora es cuando. *Ingeniería de Construcción*(14), 2-14. Obtenido de <https://www.ricuc.cl/index.php/ric/article/view/360/302>
- Hernández, R., & Mendoza, C. (2018). *Metodología de la investigación. Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. Ciudad de México, México: Mc Graw Hill Education.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2010). *Metodología de la investigación*. México, DF, México: Mc Graw Hill.
- Krajewski, L. J., Ritzman, L. P., & Malhotra, M. K. (2008). *Administración de Operaciones, procesos y cadena de valor*. Juárez, México: Pearson Educación.
- Minería, A. E. (2007). Estudio de Tendencias Tecnológicas en el Sector de Maquinaria de Obras Públicas, Construcción y Minería. *ANMOPYC*, 77. Obtenido de [http://www.anmopyc.es/resources/archivosCkeditor/files/Estudio%20Tendencias%20Tecnologicas%20MOPYC\(3\).pdf#page=137](http://www.anmopyc.es/resources/archivosCkeditor/files/Estudio%20Tendencias%20Tecnologicas%20MOPYC(3).pdf#page=137)
- Ministerio de Energía y Minas. (2018). *Reporte semestral de monitoreo del mercado de hidrocarburos*. Informe Semestral, Osinergmin, Hidrocarburos, Lima.

-
- Mora, W. F. (2012). *Revisión de las variables involucradas en la implementación de un proceso FCAW mecanizado en la fabricación de cuerpos de tanques API 650*. Universidad Libre, Bogotá. Obtenido de <http://hdl.handle.net/10901/9824>
- Moscoso, J. C. (2011). *Estudio de opciones de tratamiento y reuso de aguas residuales en Lima Metropolitana*. University of Stuggart. Obtenido de http://www.lima-water.de/documents/jmoscoso_informe.pdf
- Núñez, L., Vélez, M., & Berdugo, C. (2004). Aplicación de una metodología de mejora de procesos basada en el enfoque de gestión por procesos, en los modelos de excelencia y el QFD en una empresa del sector de confecciones. *Ingeniería y Desarrollo*(16), 45-58.
- Project Management Institute. (2015). *La guía de los fundamentos para la dirección de proyectos* (6.a ed.). Chicago, IL: Project Management Institute.
- Sociedad Nacional de Industrias. (2019). *Reporte estadístico Nro 6, Junio 2019*.
- Suárez-Barraza, M., & Miguel-Dávila, J. (2008). Encontrando al Kaizen : un análisis teórico de la mejora continua. *Pecunia : Revista de la Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales, Universidad de León*, 7, 285-311. Obtenido de http://gide.unileon.es/admin/UploadFolder/07_285_311.pdf
- Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento. (2008). *Diagnóstico situacional de los sistemas de tratamiento de aguas residuales en las EPS del Perú*. Obtenido de https://www.sunass.gob.pe/doc/Publicaciones/libro_ptar_gtz_sunass.pdf
- Valdunciel, L. M. (2007). Análisis de la Calidad de Servicio que prestan las Entidades Bancarias y su repercusión en la satisfacción del cliente y la lealtad hacia la Entidad. *Revista Asturiana de Economía*(38), 79-83.
- Valencia, A. (2012). Una visión para hacer más eficiente el desempeño del Sector Bancario en América Latina. *IDC- Analyze The Future*, 1.
- Velasquez, J. (2004). Universidad Nacional Mayor de San Marcos. *Industrial Data*, 5.
- Zarátiegui, J. (1999). La gestión por procesos. Su papel e importancia. *Economía Industrial*(330), 81-88.

VIII APÉNDICES

Preguntas de entrevista a uno de los directores de TK SA

- ¿Cómo afecta la crisis actual y el precio de los combustibles a la fabricación de los tanques?

--El mercado metalmecánico y de proyectos ha dejado de crecer los últimos tres años, obligando a la organización a intervenir en proyectos civiles y eléctricos también, se diversifico algunos servicios por necesidad ya que no son el objetivo de la empresa

- ¿Qué opina Ud. sobre el mercado de tanques de combustibles en el Perú?

--Es un mercado muy duro de pelear, tenemos por un lado la competencia nacional, las empresas pequeñas que luchan por entrar en las refinerías con precios bajos y complican la subsistencia de las medianas empresas, por otro lado, se encuentran las grandes empresas que ingresan por volumen a los grandes proyectos y no permiten que las medianas empresas se desarrollen. Estamos en medio de una pelea voraz de negocios.

- ¿Ha pensado en diversificar sus productos en su empresa?

--Estamos en eso te indique, que ingresamos a realizar proyectos civiles y eléctricos por necesidad y encontramos un nicho que aún puede crecer, en estos momentos representa el 11% de las ventas, esperamos que a fin de año lleguemos a 15%

- ¿Ha realizado alguna inversión en Investigación y desarrollo en su empresa?

--No por el momento.

- ¿Cree Ud. que sus productos han evolucionado, se ha mantenido o contraído en los últimos 5 años?

--Diríamos que por necesidad hemos evolucionado, hemos mejorado nuestro sistema de calidad, seguridad que cada día es más exigente en Minería y refinería

-En un análisis FODA ¿cuáles considera sus mayores fortalezas, sus debilidades, amenazas y oportunidades?

--Nuestra fortaleza es que tenemos un nombre bien ganado en el mercado de Tanques, estamos consolidado en el mantenimiento, reparaciones y fabricaciones a nivel nacional, hemos incursionado en minería y estamos ampliando nuestra participación en complejos mineros como Southern, Yanacocha y Petroperú, Como debilidades tenemos algunos problemas en la gestión de proyectos cuando los proyectos son distantes, la comunicación entre los interesados del proyecto es deficiente, buscamos mecanizar y optimizar la comunicación. Como se anotó anteriormente, las amenazas son latentes las pequeñas empresas que vienen con costos bastantes bajos, y las empresas transnacionales que realizan los megaproyectos. También se puede mencionar que, como debilidad, los costos de fabricación que limita participar en algunos proyectos. Como oportunidades, a finales de año se debe estar instalando unas líneas de limpieza superficial por granallado de forma automática, para perfiles que servirá para la fabricación de perfiles y vigas de estructuras metálicas, que será la próxima línea que se empezó a vender el 2017, se espera que las inversiones nuevamente volverán a su curso en este año.

Sobre sus procesos

P. ¿Realiza o ha realizado un planeamiento estratégico a la organización?

R. Se ha intentado preparar un plan el año 2015, pero el mercado nos absorbió con las actividades y se estancó este proyecto esperamos realizarlo el 2016.

P. ¿Ha realizado una revisión a la cadena de valor de su organización? si la respuesta es sí ¿planteó cambios organizacionales en sus procesos?

R. No analizamos la cadena de valor directamente lo hacemos a través de nuestro seguimiento de proyectos y los auditores quienes ven directamente el resultado en el tiempo e informan continuamente el estado de los proyectos.

P. ¿Cuáles considera sus procesos críticos dentro de su empresa?

R. Ventas y operaciones

P. ¿Considera la mejora continua en sus procesos críticos?

R. No lo considero así.

P. ¿Aplica el ciclo de Deming a sus procesos? Si es sí, podría indicar cuántos y qué resultados obtuvo al año y qué recomendaciones se obtienen de este análisis.

R. No aplicamos ciclo Deming

P. ¿Aplica gestión de procesos en su empresa? Por ejemplo, gestión de la producción, gestión de la calidad, gestión de la seguridad y medioambiental, (aplicado a proyectos, sea en fabricación y montaje), gestión del talento humano (gestión de personal, capacitaciones de personal, análisis de clima laboral, etc.)

R. Solo planificamos la producción a partir de la O/C del cliente y se desarrolla la logística de los proyectos. En cuanto al talento Humano hemos tenido una rotación de personal del 55% el año 2015 lo cual nos ha obligado a tomar unas medidas correctivas para retener personal valioso.

-Dentro de la historia de su empresa, ¿podría considerar alguna etapa más eficiente y una etapa crítica que haya pasado?

--Tuvimos una buena racha de ventas el año 2007 y 2008 lo cual nos permitió crecer a los niveles en los cuales nos encontramos, fueron buenos años. En cambio, en los años 98 – 99 fueron los años más difíciles estuvimos al borde del abismo, pero logramos salir con el esfuerzo y el apoyo de los colaboradores pasamos muchos meses prácticamente en blanco por la crisis.

- ¿Tiene un sistema de gestión integrado en su empresa?

--Actualmente tenemos un sistema integrado de gestión seguridad, calidad y medioambiente ya que es una exigencia de nuestro cliente el tenerlo. Estamos implementando el sistema ISO 9000 de calidad en todas las áreas de la organización tenemos un año en este proceso hemos avanzado en toda la documentación y estamos en pleno desarrollo.

Luego de la entrevista pudimos resumir algunas particularidades de la empresa que será motivo del trabajo de investigación, entre los cuales podemos resumir

- No tienen planeamiento estratégico en su organización, pues se basan en objetivos de acuerdo al mercado y como esta se les presenta.
- No desarrolla nuevos productos: la exigencia del mercado los fuerza a desarrollarlos.
- Consideran que la inversión no retorna rápidamente y eso encarece totalmente los costos de producción en una economía que ha caído en el sector de proyectos de inversión en el sector de Hidrocarburos.
- Un segundo punto que considera problemático es la búsqueda de personal preparado con la nueva tecnología ya que en su sistema de trabajo contemplan solamente operarios armadores y soldadores con sistema SMAW.

-
- Los temores de la caída del precio del petróleo afectan directamente en la demanda de tanques de combustible y el temor de invertir se da por esta razón.
 - Sienten como amenaza, la llegada de empresas de proyectos transnacionales que tienen una mayor capacidad financiera y de caja por lo cual pueden participar en paquetes más grandes de inversiones estatales y privadas dejando de lado muchas pequeñas y medianas empresas.

Tenemos algunas consideraciones debido a este proceso y es común por llamarlo de esta manera debido a la dificultad que se presenta e implica gran número de controles y auditorías para llegar a los niveles de exigencia de los clientes, esta presenta varias condiciones de alto riesgo en obra, las cuales mencionaremos a continuación:

- Al tener mayor cantidad de personal aumenta el riesgo en el trabajo de montaje en obra por las exigencias de la seguridad laboral.
- Al requerir mayor número de personal calificado para la soldadura y armado de tanques la dificultad de conseguirlos en el mercado laboral cada vez se hace más complejo.
- Los proyectos de construcción de tanques son de naturaleza temporal por lo que en las empresas contratistas existe una alta rotación de personal por el poco tiempo en la ejecución de estos proyectos, por eso se dificulta el conseguir la cantidad y el personal adecuado para todas las actividades.
- El control de armado y soldado de los tanques, por conceptos de calidad, al tener mayores números de personas, por medidas de aseguramiento y control de calidad, serán cada vez más exigentes. Esto debido a los controles de calidad en la soldadura y las pruebas a realizar, ya que son diferentes personas y diferentes experiencias, diferentes actitudes, que podrían afectar la calidad de los tanques en su ejecución. Pueden generar estos reprocesos de soldadura, mayor cantidad de pruebas radiográficas, retrasos en la obra y otras interrupciones en la producción.
- Los costos del proceso de montaje y fabricación por el proceso manual, que tiene tiempos de fabricación y montaje que muchas veces superan los tiempos estipulados en el contrato de obra, ocasionan gastos no contemplados mayores en los siguientes casos:

Planillas no consideradas por exceso de tiempo de obra.

Penalidades por la no terminación en el plazo limitado.

Gastos de alimentación y hospedaje en exceso.

Gastos logísticos y envíos de materiales.

Costos mayores de alquiler de Equipos y herramientas.

Unidades móviles, grúas, camiones y transporte.

Alquiler de andamios.

Todos los gastos contemplados líneas arriba, hacen que el costo operativo del producto aumente afectando directamente las utilidades. En las entrevistas realizadas a tres directores fabricantes de tanques con el sistema tradicional, ellos manifestaron acerca de la rentabilidad en el negocio, En promedio estaban, según balance anual, en un EBITDA de 10% en el último año. Según indican esta rentabilidad puede hacer peligrar el negocio ya que es baja comparado con otros sectores.

También manifestaron su preocupación acerca de las empresas transnacionales que están ingresando y algunas que están en el mercado peruano quienes están desarrollando proyectos de tanques con mejor tecnología y tiempos de procesos. Esto es negativo para sus negocios pues lo obligan a bajar sus costos a costa de sus utilidades.