

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y DE ENERGÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA



**“SUPERVISIÓN DEL MONTAJE MECÁNICO
DE UNA PLANTA DE LAVADO DE GASES.
VOTORANTIM METAIS-CAJAMARQUILLA”**

**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL PARA
OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO
MECANICO**

ALEX MARIO DONAYRE VALLADOLID

**Callao, Febrero, 2018
PERU**

Alex Mario Donayre Valladolid

[Signature]

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y DE ENERGÍA**

**ACTA DE EXPOSICIÓN DEL INFORME DE TRABAJO DE
SUFICIENCIA PROFESIONAL**

Siendo, las 8:47:00 AM horas del día 24 de marzo del 2018 en el Auditorio "Ausberto Rojas Saldaña" de la Facultad de Ingeniería Mecánica y de Energía de la Universidad Nacional del Callao, se reunieron los miembros del jurado Revisor y Evaluador de la Exposición de los Informes Finales del I curso taller: para titulación por modalidad de exposición del informe de trabajo de suficiencia profesional, designados por Resolución de Consejo de Facultad N° 017-2018-CF-FIME de fecha 07/03/2018, conformado por los siguientes docentes:

Presidente	:	Dr. JUAN MANUEL PALOMINO CORREA
Secretario	:	Mg. RUBEN FRANCISCO PEREZ BOLIVAR
Vocal	:	Mg. ARTURO PERCEY GAMARRA CHINCHAY
Suplente	:	Dr. PABLO MAMANI CALLA

Así mismo, contando con la presencia de la Dra. Ana Mercedes León Zarate - Vicerrectora de investigación de la Universidad nacional del Callao (Supervisora General), Dr. José Hugo Tezén Campos – Decano de la Facultad de Ingeniería Mecánica y de Energía (Supervisor de la Facultad) y el Eco. Guillermo Alonso Gallarday Morales Miembro de la Comisión de Grados y Títulos de la Facultad de Ingeniería Mecánica y de Energía (Representante de la Comisión de Grados y Títulos).

De acuerdo a lo señalado en el Capítulo X, numeral 10.1 de la Directiva de curso taller: Para titulación por modalidad de exposición del informe de trabajo de suficiencia profesional de la Facultad de Ingeniería Mecánica y de Energía de la Universidad Nacional del Callao, aprobada por Resolución de Consejo de Facultad N° 130-2017-CF-FIME de fecha 12/10/2017, concordante con la Resolución de Consejo Universitario N° 135-2017-CU de fecha 22/06/2017, y por Resolución de Consejo Universitario N° 309-2017-CU de fecha 24/10/2017.

Se procede con el acto de exposición del Informe de Suficiencia Profesional titulado: "SUPERVISIÓN DEL MONTAJE MECÁNICO DE UNA PLANTA DE LAVADO DE GASES. VOTORANTIM METAIS - CAJAMARQUILLA", presentado por el bachiller DONAYRE VALLADOLID, Alex Mario, contando con el asesoramiento del Mg. Ing. SIVUAX FERNANDEZ MARTIN TORIBIO.

Luego de la exposición correspondiente y de absolver las preguntas formuladas por los miembros del Jurado de exposición, se procede a la deliberación en privado respecto a la evaluación.

Este jurado acordó calificar al bachiller DONAYRE VALLADOLID, Alex Mario, para optar el Título Profesional de **Ingeniero Mecánico** por Modalidad de Exposición del Informe de Trabajo de Suficiencia Profesional, según la puntuación cuantitativa y cualitativa que a continuación se detalla:

CALIFICACIÓN CUANTITATIVA 16 (DIECISEIS)	CALIFICACIÓN CUALITATIVA MUY BUENO
---	---

Con lo que se da por concluido el acto, siendo las 9:14:00 AM horas del sábado 24 de marzo del 2018.

En señal de conformidad con lo actuado, firman la presente acta.

CERTIFICO: QUE ESTA COPIA FOTOSTÁTICA
ES EXACTAMENTE IGUAL A LA ORIGINAL
HE TENIDO A LA VISTA, DOY FE.
Callao, 18 MAY 2018



GERMAN NUNEZ PALOMINO
NOTARIO DEL CALLAO

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y DE ENERGÍA

[Signature]
Mg. RUBÉN FRANCISCO PEREZ BOLIVAR
SECRETARIO DEL JURADO



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y DE ENERGÍA

[Signature]
Mg. ARTURO PERCEY GAMARRA CHINCHAY
VOCAL DEL JURADO

DEDICATORIA

A mis Padres por el esfuerzo y sacrificio que hicieron por darme educación superior y hoy por hoy desempeñarme como un profesional.

Especialmente a mi madre que siempre estuvo dándome esa fortaleza moral que uno necesita en momentos difíciles de la vida y enseñarme a hacer realidad mis sueños para uno sentirse realizado en la vida.

AGRADECIMIENTO

A Dios y a mis padres por iluminarme y guiarme por el buen sendero de los estudios.

A mi esposa e hijos por su amor y apoyo en todo momento.

Un sincero agradecimiento al Ingeniero Martín Sihuay por su asesoría en el desarrollo de éste informes de experiencia laboral. Ha sido un privilegio poder contar con su guía y ayuda.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

	PAG.
I. OBJETIVOS	9
1.1. Objetivos Generales	8
1.2. Objetivos específicos.....	8
II. ORGANIZACIÓN DE LA EMPRESA O INSTITUCIÓN	9
III. ACTIVIDADES DESARROLLADAS POR LA EMPRESA O INSTITUCIÓN	12
IV. DESCRIPCIÓN DETALLADA DEL PROYECTO DE INGENIERÍA ...	14
4.1 Descripción del tema	14
4.2 Antecedentes.....	15
4.3 Planteamiento del problema	19
4.4 Justificación	19
4.5 Marco Teórico.....	20
4.5.1. Definición de Supervisión	20
4.5.2. Objetivos de la supervisión.....	21
4.5.3. Funciones y características del supervisor	21
4.5.4. Responsabilidades del supervisor	22
4.5.5. El proceso de supervisión.....	23
4.5.6. Estilos de supervisión.....	23
4.5.7. Montaje de máquina y equipos	24
4.5.8.Planta de lavados de gases.....	24
4.5.9. Lavador de gases	27
4.5.10. Tipos de lavadores de gases	27
4.5.11. Tanques de almacenamiento	30
4.5.12. Tipos de tanques de almacenamiento	31
4.5.13.Chimeneas industriales	32
4.5.14. Marco normativo	34
4.5.15. Definición de términos básicos	36
4.6 Fases del proyecto.....	40
4.6.1. Fase I	39
4.6.2 .Fase II.....	52
4.6.3. Fase III.....	109

V. EVALUACIÓN TÉCNICO- ECONÓMICO	123
5.1. Evaluación Técnica	123
5.2. Evaluación Económica	124
VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	129
6.1. Conclusiones... ..	128
6.2.Recomendaciones.....	129
VII. REFERENCIALES	132
VIII. ANEXOS Y PLANOS	135

ANEXO N°1. CRONOGRAMA MASTER DEL PROYECTO

PLANO N°1 .DIAGRAMA DE SISTEMA DE LIMPIEZA DE GAS

PLANO N°2. PLANO DE SISTEMA DE FREGADO AREA PERACIDOX

PLANO N°3. DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO PLANTA DE LIMPIEZA DE GAS PERACIDOX.

PLANO N° 4. DISTRIBUCION GENERAL DE LAS AREAS DE PERACIDOX SISTEMA DE FREGADO.

PLANO N° 5. ENRUTAMIENTO DE TUBERIAS DE TODAS LAS ZONAS DE PERACIDOX.VISTA DEL PLAN.

PLANO N° 6. ENRUTAMIENTO DE TUBERIAS DE TODAS LAS ZONAS DE PERACIDOX.SECCION ELEVACION.

PLANO N° 7. ENRUTAMIENTO DE TUBERIAS DE TODAS LAS ZONAS DE PERACIDOX. SECCION B-B C-C D-D G-G H-H.

LISTA DE TABLAS

	PAG.
TABLA N° 1 .PRIORIDADES DEL MONTAJE DE LA PLANTA DE LAVADO DE GASES	44
TABLA N°2. EQUIPOS Y HERRAMIENTAS EN EL AREA DE TRABAJO	51
TABLA N°3. EQUIPOS DE CONSTRUCCION	52
TABLA N°4. COSTOS DEL PROYECTO	124
TABLA N° 5. COSTOS INDIRECTOS	125
TABLA N° 6. ALQUILER DE EQUIPOS DE CONSTRUCCION.....	126
TABLA N°7. PRUEBAS Y ENSAYOS DEL MONTAJE.....	127

LISTA DE FIGURAS

	PAG
FIGURA N°1 .LAVADORES DE GASES SO ₂ PARA LA PLANTA DE ACIDO 1 Y 2	25
FIGURA N°2. ARREGLOS COMUNES EN LOS LAVADORES DE CAMARA DE ROCIO	28
FIGURA N°3.CICLÓN DE CAMARA DE ROCIO	29
FIGURA N° 4. LAVADOR VENTURI.....	30
FIGURA N°5. TANQUES VERTICALES DE ALMACENAMIENTO DE ÁCIDO DÉBIL	32
FIGURA N° 6. CHIMENEA INDUSTRIAL	34
FIGURA N° 7. DOTACION DE PERSONAL EN LA FASE DE CONSTRUCCION.....	42
FIGURA°8. DISTRIBUCIÓN DE PLANTA	44
FIGURA N°9. PRIORIDADES EN EL MONTAJE DE EQUIPOS	45
FIGURA N°10. LECTURA DE UBICACIÓN DE ANCLAJES	58
FIGURA N°11. IZAJE DE COLUMNAS INICIO	64
FIGURA N°12. IZAJE DE COLUMNAS INTERMEDIO	65
FIGURA N°13. IZAJE DE COLUMNAS FINAL	66
FIGURA N°14. MONTAJE DE ESTRUCTURA SOPORTE DE CHIMENEA	72
FIGURA N° 15. SUPERVISIÓN DE MONTAJE MECÁNICO PERACIDOX SCRUBBING PLANT	74

FIGURA N°16. PLANO DE MONTAJE MECÁNICO PERACIDOX SCRUBBING PLANT	75
FIGURA N° 17. PERACIDOX SCRUBBING PLANT	76
FIGURA N°18. PROCESO DE MONTAJE DE SRUBBING PLANT.....	77
FIGURA N° 19. PROCESO DE MONTAJE DE SCRUBBING PLANT...	78
FIGURA N°20. MONTAJE DE CHIMENEA Y ESTRUCTURA.....	79
FIGURA N°21. MONTAJE DE SCRUBBER VENTURI Y TANQUES DE ACIDO	80
FIGURA N°22. MONTAJE DE DUCTOS	81
FIGURA N°23. MONTAJE DE TUBERIAS.....	105
FIGURA N°24. MONTAJE DE TUBERIAS.....	106
FIGURA N°25. CURVA S DEL PROYECTO DE MONTAJE...	108

INTRODUCCIÓN

Actualmente en nuestro país y a nivel mundial la contaminación atmosférica es un tema alarmante, es el momento de tomar conciencia que estamos arruinando nuestro planeta a un ritmo alarmante, ésta es la razón por la cual organismos nacionales e internacionales fijan los índices de contaminación a niveles más exigentes y promueven el desarrollo e implantación de nuevas tecnologías para ayudar en la lucha contra la destrucción ambiental.

Es por ello que desde la concepción misma del estudio de factibilidad para la construcción de la Refinería de Cajamarquilla, se decidió utilizar la tecnología más avanzada del momento en las diversas etapas del proceso, para así reducir al mínimo las emisiones de gases generados por las Plantas en especial las de Ácido Sulfúrico.

La Refinería de Cajamarquilla para seguir operando tenía que cumplir con las nuevas regulaciones de límites máximos permisibles de $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$, que se harían efectivas a partir de Enero del 2014, es por eso que la empresa Votorantim Metais a través de la Compañía constructora Outotec realizó el : “EL MONTAJE MECÁNICO DE UNA PLANTA DE LAVADO DE GASES PARA REDUCIR LAS EMISIONES DE SO_2 DE LAS PLANTAS DE ÁCIDO SULFÚRICO” ,definitivamente éste Proyecto causó un impacto ambiental positivo en las comunidades aledañas.

Se ha tomado como modelo el montaje mecánico de la Planta de Lavadores de Gases, para presentar el Informe de Suficiencia Profesional ya que servirá como guía de procedimientos de trabajo para el desarrollo de futuros Proyectos similares.

Como Jefe de Construcción del área de Proyectos en la Compañía Votorantim Metais tuve la supervisión indirecta a través de la compañía Outotec quien desarrolló la Ingeniería, Procura y Construcción (EPC) del Proyecto, pero a la vez el Gerenciamiento del Proyecto lo realizó mi representada en las siguientes fases: Inicio, Planeamiento, Ejecución, Seguimiento y control y Cierre del Proyecto.

I. OBJETIVOS


1.1 Objetivo General

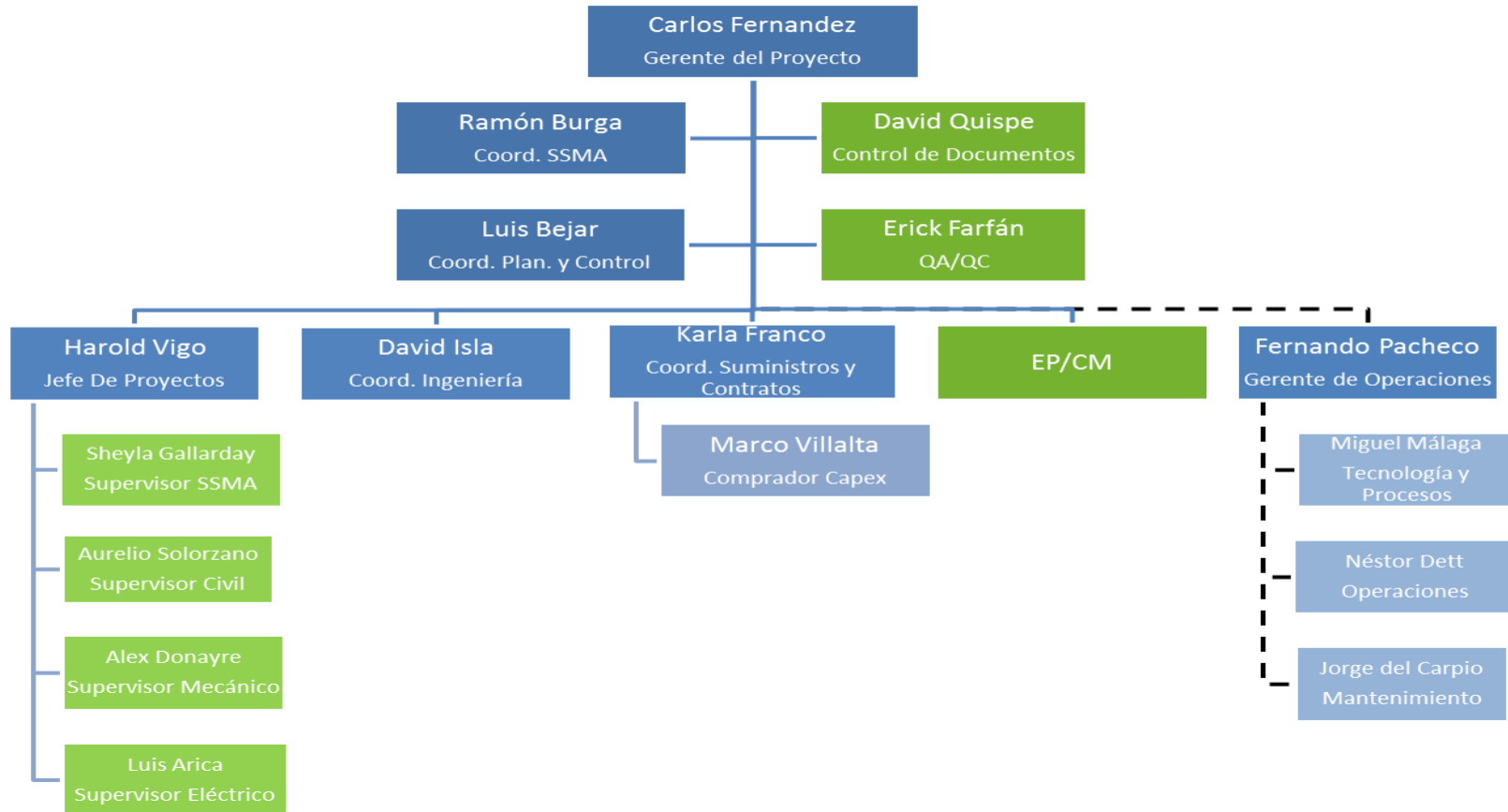
Supervisar el montaje mecánico de una planta de lavado de gases con el fin de garantizar la calidad de los trabajos de montaje y el control del avance del trabajo de acuerdo a un cronograma establecido.

1.2. Objetivo Específicos

- Recepcionar y analizar del plan de montaje de los equipos de la planta de lavador de gases.
- Verificar y asegurar el cumplimiento del montaje mecánico de la planta de lavado de gases.
- Verificar los avances de las actividades del montaje mecánico de la planta de lavado de gases.
- Realizar el seguimiento a las áreas de procura entregue oportunamente los equipos mecánicos.

II. ORGANIZACIÓN DE LA EMPRESA O INSTITUCIÓN

	VM - CJM	Código	PG-SC--010
	Proyecto Lavadores de Gases Plantas de Ácido 1 y 2	Revisión	1.0
	Título:	Área	Gestión de Capex
	ORGANIGRAMA DEL PROYECTO	Páginas	1 / 7



En este proyecto de la planta lavadero de gases desempeñé el cargo de Jefe de construcción en la cual mis principales funciones eran las siguientes:

- Dirigir en conjunto con el Contratista la ejecución del Proyecto, conforme a los planos y especificaciones técnicas establecidas en el proyecto.
- Velar por el mejor aprovechamiento de los equipos, herramientas, recursos humanos adecuados y necesarios dentro de la obra.
- Llevar a cabo el proyecto encomendado con la calidad, tiempo y costo considerado.
- Vigilar que se cumplan todas las disposiciones estipuladas en el contrato de obra.
- Cumplir con las Normas de Seguridad e Higiene Industrial de acuerdo a lo establecido por la Compañía.
- Es responsabilidad de llevar el libro de obra conjuntamente con el Contratista.
- Coordinar y participar en la planeación de actividades diarias y semanales en conjunto con el Contratista de acuerdo al Cronograma Master del Proyecto.
- Supervisar el correcto desarrollo del proyecto, haciendo cumplir las especificaciones técnicas y estándares de Ingeniería, construcción y lineamientos de calidad,
- Exigir al contratista el cumplimiento del 03 week look ahead

- Verificación de materiales de acuerdo a planos piping versus MTO's ,dando la alerta por diferencia de materiales.
- Verificación de planos de arreglos mecánicos-piping versus planos civiles y eléctricos, para detección de incongruencia de disciplinas.

III. ACTIVIDADES DESARROLLADAS POR LA EMPRESA O INSTITUCIÓN

Votorantim Metais - Cajamarquilla S.A. (Refinería de Cajamarquilla) está dedicada al procesamiento metalúrgico de concentrados de zinc y a la comercialización de zinc refinado de alta pureza (Calidad Special High Grade de 99.995% de pureza), aleaciones de zinc y subproductos como el ácido sulfúrico, cadmio refinado, concentrado de plata y cemento de cobre. La empresa es propietaria de una refinería de zinc ubicada en las afueras de la ciudad de Lima, 24 km al Este del centro de la misma.

Votorantim Metais es líder en la producción de zinc en America Latina y el quinto mayor productor mundial. En diciembre de 2004, Votorantim Metais, empresa brasileña, adquirió la Refinería de Cajamarquilla de un consorcio formado por Teck Cominco y por Marubeni Corp, quien adquirió del gobierno peruano. La refinería era construida por el gobierno peruano en 1981.

El Grupo Votorantim se encuentra entre los mayores grupos económicos brasileños. Sus empresas son líderes, o tienen una expresión destacada en todos los mercados en los que actúan, como en las áreas de producción de cemento, celulosa, papel, aluminio, zinc, níquel, aceros largos y especialidades químicas.

A continuación menciono los principales proyectos donde he participado:

- Proyecto: Tambomayo, donde se ejecutó la construcción de la Planta procesadora de doré.
Cargo: Ingeniero residente
Año: 2016 hasta la actualidad
- Proyecto: Lavadores de gases y remoción de mercurio.
Cargo: Jefe de construcción
Año: 2015
- Proyecto Las bambas
Cargo: Superintendente mecánico
Año: 2014
- Proyecto : Planta de cal
Cargo: Jefe de obras mecánicas
Año: 2013
- Proyecto : Expansión Antamina
Cargo: Superintendente mecánico
Año: 2012
- Proyecto : Expansión 320k Refinería Cajamarquilla
Cargo: Supervisor sénior mecánico
Año: 2010

IV.- DESCRIPCIÓN DETALLADA DEL PROYECTO DE INGENIERÍA

4.1. Descripción del Tema

Actualmente la Refinería de Cajamarquilla produce principalmente 320 ktpa de zinc refinado y 1680 tpd de ácido sulfúrico al 95%. Las principales etapas del proceso son la Recepción y almacenamiento de concentrados, Tostación de concentrados, Producción de ácido sulfúrico, Lixiviación, Purificación, Electrodeposición, Fusión de zinc y Polvo de zinc.

Los gases generados en el proceso de Tostación son enviados a dos plantas de ácido las cuales se encargan de recuperar el SO₂ convirtiéndolo en ácido sulfúrico; sin embargo los gases de cola de las plantas de ácido 1 y 2, que se descargaban a través de una chimenea común liberan los gases a la atmosfera, dichas emisiones de SO₂ oscilaban entre 300 - 500 ppm.

Dado que las regulaciones ambientales cada vez son más exigentes, en el año 2014, el estándar de calidad ambiental para el Dióxido de Azufre (SO₂), se redujo a 40ppm, por lo tanto las emisiones de So₂ al aire no podían continuar con los niveles ya mencionados, Votorantim- Cajamarquilla tenía que cumplir con las nuevas regulaciones de acuerdo a Decreto Supremo N° 003-2008-MINAM.

Debido a esta problemática, y continuar con emisiones de SO_2 se hace necesaria la instalación de una nueva planta de Lavadores de Gases donde se logre reducir las emisiones de SO_2 de 300/500 a 40 ppm.

El presente informe profesional titulado supervisión del montaje mecánico de una planta de lavado de gases consiste de un nuevo sistema de lavado de gases usando peróxido de hidrógeno como agente de lavado.

Este sistema de lavado tomará los gases de cola de las plantas de ácido existentes (Área 30 y 35) a través de Tie-ins en los ductos existentes (antes del ingreso a la chimenea de concreto) para posteriormente a través de un pipe rack llevarlos a los nuevos Lavadores (02 unidades, una para cada Planta) que se ubicarán contiguos a la Planta de Ácido N°2 (lado Norte), donde se recuperan el SO_2 convertido en ácido sulfúrico (H_2SO_4). Finalmente los gases lavados serán descargados a la atmósfera a través de dos chimeneas de 60 m. de altura ubicadas al costado de los lavadores.

4.2. Antecedentes

Internacional

Lucas (2012), en su tesis titulado “Diseño y Modelado Virtual de un Colector de Partículas tipo Scrubber para la Industria de Acero”, cuyo objetivo principal fue presentar el diseño de un sistema colector de

partículas y limpiador de aire que cumpla con el requerimiento de reducir las concentraciones de material particulado y contaminantes tales como NO_x , SO_2 y CO , los cuales se producen por la combustión de un horno de calentamiento de acero y que son descargados a la atmósfera por medio de una chimenea, concluyó que para diseñar un sistema colector de partículas y limpiador de gases fue indispensable tener conocimientos de todas las variables inmersas en el sistema como son: tipos y cantidades de contaminantes que se producen al salir de la chimenea, temperatura de los gases.

La presente tesis nos permitió saber que el sistema de colección de partículas y de lavado de gases en contacto con agua la eficiencia de colección de partículas es de un 98%, con lo cual se satisface los requerimientos de remoción de material particulado.

Bósquez (2011), en su tesis titulada “Diseño y construcción de una Torre de absorción para el análisis de SO_2 en gases de combustión”, cuyo objetivo principal fue analizar, estudiar y proponer una alternativa de control de las emanaciones nocivas, incluidas en los gases de combustión fija y móvil, producto de la combustión del combustible, concluyó que por las características del equipo, no fue posible trabajar con caudales menores que 0,164 L/s, debido a que los cuerpos de relleno no se humedecen en su totalidad; por lo tanto no existe el suficiente contacto interfacial, para que se produzca la transferencia de masa adecuada.

La presente tesis nos permitió saber que a través de la absorción que es una operación básica de separación de uno o varios componentes de una mezcla gaseosa, a fin de disolver de manera selectiva uno o más componentes del gas y de obtener una solución de estos en el líquido.

Nacionales

Iparraguirre (2016), en su tesis titulado "Formulación de Propuesta de Lavado de Gases de Combustión en las Emisiones de las Chimeneas de Pollerías de la Ciudad de Trujillo, Perú", cuyo objetivo principal fue formular la propuesta de utilización de un sistema de lavado de gases de combustión que permita disminuir las emisiones gaseosas al medio ambiente proveniente de las chimeneas de las pollerías de Trujillo, concluyó que las emisiones de gases de combustión procedentes de las chimeneas de hornos de pollos a la brasa que utilizan carbón vegetal en la ciudad de Trujillo contienen un promedio de 12,58% de CO₂, 13,90% de volátiles, cenizas volantes 8,11% y 56,00% de nitrógeno, evaluados evitando que el aceite de los pollos a la brasa no intervenga en la combustión del carbón. Por otro lado las emisiones de gases de las chimeneas de los hornos generan un promedio de 10,9 kg de gases de combustión por kg de carbón vegetal empleado, en una adecuada combustión.

La presente tesis nos permitió saber la proporción del tipo de gases que se generan en la combustión del carbón vegetal y generar una propuesta

para la utilización de un sistema lavador de gases de combustión y de esta manera reducir las emisiones de gases al medio ambiente.

Arbildo (2014), en su tesis titulado "Diseño del Sistema de Neutralización de gases contaminantes para obtener aire a condiciones permisibles en el Laboratorio Químico de la Mina Cuajone-Moquegua", cuyo objetivo principal fue diseñar un sistema de neutralización de gases contaminantes mediante torres de lavado y filtros de carbón activado para obtener aire a condiciones permisibles en el laboratorio químico de la mina Cuajone-Moquegua, concluyó que de acuerdo a los resultados obtenidos en el diseño del sistema de neutralización de los gases contaminantes, se asegura que el aire emitido por el laboratorio químico, sala de cianuro 5267 m³/h, sala de vía húmeda 13170 m³/h y sala de absorción atómica 2585 m³/h; se encuentra a las condiciones de límites máximos permisibles y estándares de calidad del aire.

La presente tesis nos permitió saber que la emisión de gases tóxicos a la atmósfera deben ser analizados previamente y de esta manera seleccionar tecnologías más adecuadas para neutralizar los gases contaminantes, ya que pone en riesgo la salud y la vida de las personas y por ende el medio ambiente que nos rodea.

4.3. Planteamiento del problema

¿Cómo realizar la supervisión del montaje mecánico de una planta de lavado de gases. Votorantim Metais-Cajamarquilla ?

4.4. Justificación

Según Bernal (2010), enuncio que “se considera que una investigación tiene justificación práctica cuando su desarrollo ayuda a resolver un problema o, por lo menos, propone estrategias que al aplicarse contribuirían a resolverlo” (p.106).

El presente trabajo de investigación presenta justificación práctica porque mediante la supervisión del montaje mecánico de la planta lavadero de gases se aseguró la construcción eficiente de una nueva Planta con tecnología de punta y se dio solución a la emanación de gases a la atmósfera de 300/500 ppm reduciéndose a 40 ppm, de acuerdo a lo exigido por el estándar de calidad ambiental en el año 2014.

Según Espinoza (2014), enuncio que “se justifica tecnológicamente una investigación cuando se satisface las necesidades sociales, que pueden ser:

Soluciones que permiten mejorar su nivel de vida, soluciones que mejoran la ecología, soluciones que permiten mejorar el sistema productivo “(p.71)

Se justifica tecnológicamente ya que nos permite utilizar nuevos estándares y especificaciones técnicas de construcción en la supervisión

de esta nueva Planta de vanguardia, además la construcción de esta nueva Planta de Lavadero de Gases contribuyó a dar una mejor calidad de aire a las comunidades aledañas, mejorando indefectiblemente la ecología del entorno adyacente a la refinería de Cajamarquilla.

4.5. MARCO TEÓRICO

4.5.1. Definición de Supervisión

Según Valdivia (2014) , enuncio que “ la supervisión es una función que permite vigilar , inspeccionar , evaluar y conducir el trabajo de un equipo , así como promover que este opere conforme a los criterios de economía , eficiencia , eficacia , efectividad ,imparcialidad y honestidad . Supervisar efectivamente requiere: planificar, organizar, dirigir, ejecutar y retroalimentar constantemente”. (p.7)

Según Cano (2005), enuncio que:

La supervisión es una actividad o conjunto de actividades que desarrolla una persona al supervisar y/o dirigir el trabajo de un grupo de personas, con el fin de lograr de ellas su máxima eficacia y satisfacción mutua. Se trata, como ha definido José Aguilar, de un proceso sistemático de control, seguimiento, evaluación, orientación, asesoramiento y formación; de carácter administrativo y educativo; que lleva a cabo una persona en relación con otras, sobre las cuales tiene una cierta autoridad dentro de la organización; a fin de lograr la mejora del rendimiento del personal, aumentar su competencia y asegurar la calidad de los servicios. (p.1)

La supervisión es una actividad de bastante responsabilidad tanto en producción (tiempo y costos), calidad, seguridad y con el medio ambiente, donde se verifica que la construcción se realice de acuerdo a los planos, diseños, estándares y especificaciones técnicas establecidas por el área de Ingeniería ya sea del cliente o por la compañía que ejecutará el

proyecto. En la supervisión de obra se emplea una metodología para vigilar la coordinación de actividades con el objetivo de cumplir a tiempo las condiciones técnicas y económicas estipuladas en el contrato de obra.

4.5.2. Objetivos de la supervisión

Según Duarte (2011), enuncio que los objetivos de la supervisión es:

1. Mejorar la productividad de los empleados
2. Desarrollar un uso óptimo de los recursos
3. Obtener una adecuada rentabilidad de cada actividad realizada
4. Desarrollar constantemente a los empleados de manera integral
5. Monitorear las actitudes de los subordinados
6. Contribuir a mejorar las condiciones laborales (p.5)

4.5.3. Funciones y característica del supervisor

Según Chapman citado por Gonzales (2004), menciono que:

La función implícita en la naturaleza de la supervisión es conseguir que los demás hagan .La persona que tiene a su cargo una supervisión deberá desempeñar funciones como : fijar normas , organizar sus actividades , ser un mediador entre sus superiores y las personas que supervisa , abogar por sus empleados , promover un ambiente de trabajo eficiente , obtener y presentar resultados , detectar y solucionar problemas , asesorar directamente a sus subordinados . Uno de los resultados que se generan la supervisión es la identificación de los aciertos o desviaciones o desempeño del personal, mismo que se ve reflejado en la productividad y optimización de los recursos. La función de determinar el nivel de logro se lleva a cabo mediante diversos procedimientos de control , mismos que deberán especificarse con sus respectivos criterios de aceptación .El rol del

supervisor no se limita a vigilar el procedimientos de las acciones , es parte de su función la planeación de estrategias en beneficio del área que dirige.(p.16)

4.5.4. Responsabilidades del supervisor

Según Bittel (1962) y Dubin (1964) , enunciaron que :

El supervisor es completamente responsable de ver que el trabajo se realice, ya que si no se hace debidamente y a tiempo, es el a quien se culpa. Si la falla en el trabajo ocurre con frecuencia y no se corrige, su empleo está en peligro, tanto como el del trabajador que cometió la falta. Es responsable del trabajo realizado por otros y es esto lo que realmente distingue la ocupación del supervisor, si falta este ingrediente esencial, la tarea no es de supervisión.

Una persona puede entrenar a los nuevos empleados, contestar sus preguntas técnicas o inspeccionar su trabajo pero no es un supervisor a menos que el, y no alguien más, sea claramente responsable del trabajo de los subordinados.

El problema más notable es el de la mano de obra que no cumple con los requerimientos mínimos de calidad. El supervisor tiene el encargo especial de la empresa de ver que los obreros trabajen en una forma satisfactoria. El fracaso al no lograr su cometido se deberá a su incompetencia o negligencia de parte de los trabajadores, medios de producción, equipos inadecuados, o calidad inferior de los materiales. Si la falta es de los obreros, el supervisor tendrá la responsabilidad de ver que su trabajo mejore empleando una supervisión más estrecha, mejores prácticas de entrenamiento o cambio de puestos entre el personal.

Si las dificultades son causadas por el lugar de trabajo, equipos o materiales, la corrección de esta situación podrá estar fuera de las facultades del supervisor, aunque en este caso tendrá la responsabilidad de informar a las autoridades correspondientes y dar cualquier recomendación que le parezca pertinente. La falta de atención a estos asuntos o la incapacidad para efectuar los cambios necesarios será una invitación para que la dirección busque a otro supervisor.

Estrechamente relacionadas con la mano de obra de baja calidad se encuentran los errores de ordenar en un horario inapropiado la corriente de trabajo. Si el supervisor que tiene a su cargo un trabajo en particular no facilita y dispone en una forma adecuada la corriente de trabajo a fin de evitar retrasos , el trastorno , confusión y costos extra resultantes serán imputables exclusivamente a el . Si dentro de un departamento de operaciones, en particular, la producción no está planeada en forma de reducir a un mínimo los retrasos resultantes de los obstáculos hallados en los procesos mecánicos o de otra índole, evidentemente el supervisor será responsable. Si es imposible cumplir con los plazos de entrega prometidos o si el montaje final de un producto no está sincronizado, es probable que en algún lugar de la línea, alguien bajo la jurisdicción de un supervisor no se ajustó al horario.

En la mayoría de las empresas la responsabilidad básica para lograr un suministro adecuado de mano de obra especializada pertenece en exclusiva al supervisor. Donde prevalece esta norma, la falta de personal especializado se imputa al supervisor sobre el cual recaen las consecuencias.

Existen muchas responsabilidades, las cuales deben ser atendidas por el supervisor. Estas están divididas en dos ramas principales, hacia la dirección y hacia los

trabajadores. Las responsabilidades se extienden en cinco direcciones y, en consecuencia, hacen que el supervisor desempeña cinco paneles diferentes que son:

- a) El supervisor debe tener responsabilidad de informar y cumplir normas y políticas de la alta dirección.
- b) Tendrá la responsabilidad de exponer dificultades que se le presenten y no pueden resolver por sí mismo, también de informar acerca de los problemas que se presenten en el trabajo para que estos sean sometidos a estudio. Así mismo, deberá ser un ejecutor de ideas propias.
- c) Deberá ser un mediador en cuanto a las necesidades de los subordinados, tal como son presentadas por los delegados sindicales.
- d) Con sus empleados deberá ser un guía en su instrucción y un verdadero dirigente.
- e) Deberá ser participe en el trabajo, con otros miembros del grupo supervisor (p.20-23)

4.5.5. El proceso de supervisión

Según Chapman citado por Gonzales (2004), enuncio que:

Una manera de contribuir para que la supervisión tenga efectos positivos es la determinación y seguimiento de los diferentes pasos por los que habrá de pasar un supervisor para incrementar la eficiencia de su trabajo y el buen funcionamiento del área a su cargo. El proceso de supervisión implica pasar las siguientes fases:

- 1.- Se fijan los objetivos a lograr
- 2.- Con base a esto se planifica el trabajo determinado, especificando el cómo se deberá efectuar.
- 3.- Posteriormente se requiere efectuar un seguimiento de las acciones planeadas y el tiempo a evaluar lo que se llevó a cabo, determinando por ende el cómo se está haciendo la labor supervisada.
- 4.- En base a los resultados se habrán de especificar las decisiones pertinentes tomando medidas correctivas y solucionando problemas si fuera el caso.
- 5.- Finalmente es preciso hacer el conocimiento a la empresa de los resultados. (p.17)

4.5.6. Estilos de supervisión

Según Duarte (2011), enuncio que los tipos de estilos de supervisión son:

autocrático: Característico de individuo autocráticos, que sin consultar con nadie, señalan o determinan que debe hacerse, cómo y cuando en forma categórica, indican la fecha de su cumplimiento y luego lo comprueban en la fecha y hora señaladas. Caracterizado por un personalismo exagerado en las líneas de toma de decisiones.

Democrático: Característico del supervisor que permite que los trabajadores participen en el análisis del problema y su solución. Anima a sus hombres para que participen en la decisión. Es directo y objetivo en sus comentarios y comprueba si el trabajo había sido realizado, felicitando después al que lo merezca.

Liberal: El supervisor no ejerce control del problema, prefieren que sus hombres hagan lo que consideran conveniente y deja que las cosas sigan su propio camino.

Los individuos hostiles: Se resienten de la autoridad. Su hostilidad se canaliza mejor tratándolos autoritariamente. El estilo autocrático canaliza su agresividad y atiende a dirigirla hacia objetivos constructivos. (p.13)

4.5.7. Montaje de máquina y equipos

Según Figueroa (2010), enuncio:

El montaje de maquina conocido también como instalación de máquinas o equipos, no es más que fijar en un determinado lugar las máquinas o equipos que son necesarios para la producción o el servicio que la empresa tiene como fin último, siendo los factores más importantes en el montaje de una máquina o equipo lo siguiente: la cimentación, el anclaje, los aisladores de vibración, forma y peso de la máquina, esfuerzos sometidos en el área de trabajo tanto suelo como muros o paredes que las envuelven, energías que disipan como por ejemplo calor, por el tipo de trabajo que realizan se clasifican en tres grandes familias: maquina rotativas, de martinete o golpeteo y de vaivén o de movimientos constantes axiales.(p.67)

4.5.8. Planta de lavador de gases

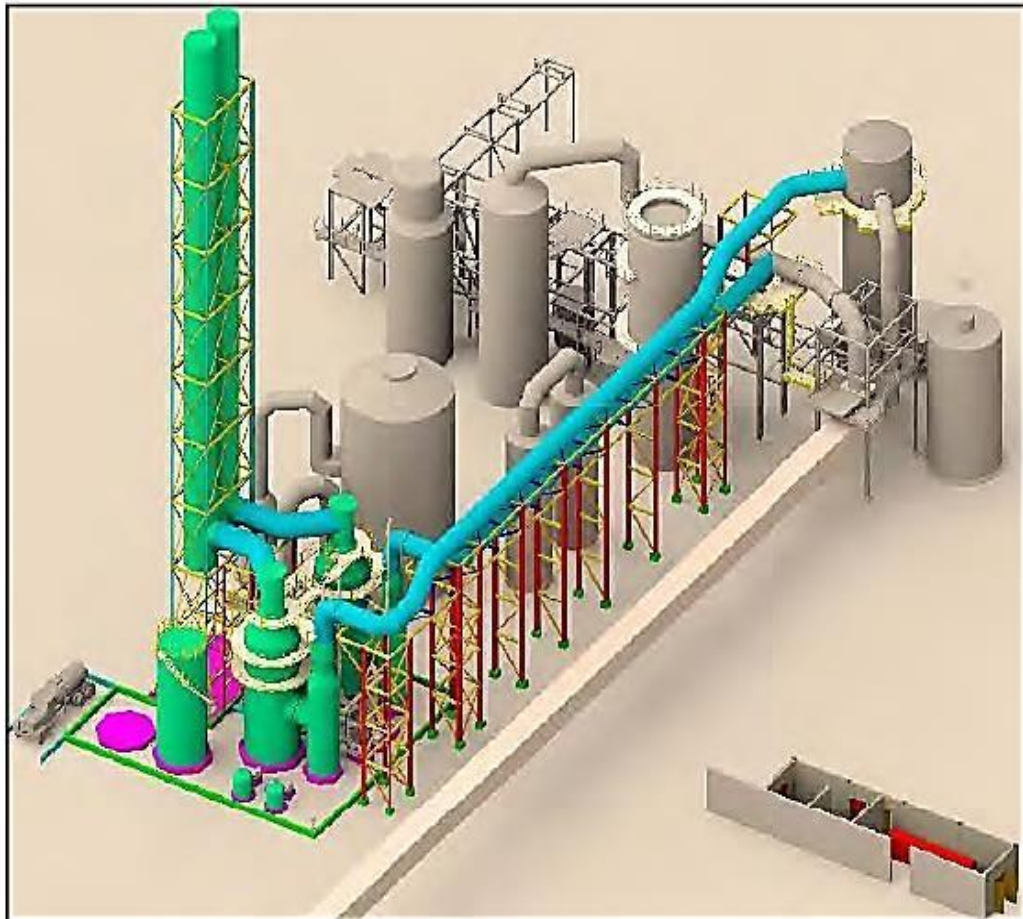
Según QUIMTIA INDUSTRIAL (2016), menciono que:

son aparatos que controlan la polución del aire utilizados para remover la materia tóxica de los gases industriales. La necesidad de limpiar los gases que emanan de industrias y plantas hizo que se usaran este tipo de sistemas, los cuales son productos de alto rendimientos. El sistema usa líquido, usualmente agua, para arrastrar partículas y contaminantes de los gases para poder lavarlos y removerlos estos. Los sistemas de lavado de gases también pueden tratar gases inflamables y volátiles de manera segura. Estos sistemas implican el uso plantas de lavado de gas para ácidos semi-secos, plantas para la desulfuración de gases y otros tipos de plantas de lavado de gases. Los sistemas de lavado de gases se diseñan para centrales eléctricas, plantas de cogeneración, plantas de incineración de desechos, para industrias de cemento, vidrio, papel y metalúrgicas.

Estos sistemas también se utilizan para reducir los gases contaminantes de los barcos, pues estos están obligados a reducir y regular sus emisiones de azufre. Hay diferentes tipos de sistemas de lavado de gas marinos que remueven el óxido de azufre de los gases del motor y de la caldera del barco, pero la mayoría están compuestos de 3 componentes básicos: un envase que permite la corriente de los gases desde la caldera o el motor para que se mezcle con agua, ya sea salada o dulce, una planta de tratamiento para remover los contaminantes del agua "lavada" después del proceso de limpieza e instalaciones para el manejo de residuos. (π.3)

Según Hatch (2013) ,el proyecto tuvo como objetivo desarrollar el estudio de Ingeniería Básica para la instalación de la nueva Planta de Lavadores de Gases SO₂ para las Plantas de Acido 1 y 2, en una ubicación contigua a la Planta de Acido N° 2 y rodeada por las instalaciones existentes de la Refinería-Cajamarquilla.

FIGURA N°1
LAVADORES DE GASES SO₂ PARA PLANTAS DE ACIDO 1 Y 2



Fuente : Hatch. Votorantim Metais

Los principales equipos de la planta de lavadero de gases está conformado por:

- **Lavadores de gases**

- 02 Lavadores de gases
- 01 Tanque para ácido débil
- 02 Chimeneas.
- 03 Bombas dosificadoras de peróxido
- 03 Bombas para recirculación de ácido débil

- 01 • Bomba de para envío de ácido débil a plantas de ácido.
- Ductos de Ø1.6 m en acero inoxidable.

- 02 • Tanques de Dosificación de $H_2 O_2$ (Tanques de Bombeo)
- Plataformas de operación en Lavadores.
- Tuberías

- **Sistema de Almacenamiento de Peróxido de Hidrógeno**

(H₂O₂): Equipamiento suministrado el cual consiste:

- 01 Tanque de $H_2 O_2$ en acero inoxidable.
- 02 Bombas de trasvase
- 03 Bombas de transferencia
- Tuberías

4.5.9. Lavador de gases

Según Cozemar Ozono, enunció que:

El lavador de gases es el término general que se aplica a los procedimientos de limpieza o purificación de emisiones gaseosas, tanto en industria como en laboratorio, recurriendo a un líquido como medio colector. Los contaminantes del aire así tratado (lavado) son separados del flujo gaseoso al entrar en contacto con un líquido, ya sea por, aspersión, burbujeo u operaciones equivalentes.

Los lavadores de gases son usados ampliamente para eliminar polvos, nieblas, vapores y olores y para neutralización de gases tóxicos.

El líquido lavador de gas puede ser agua, aceite, una solución alcalina o agua ozonizada, dependiendo de los contaminantes a eliminar.

El principio de funcionamiento consiste en la recirculación de soluciones a través de una torre generalmente empacada por la que en contracorriente circula el gas a lavar y mediante absorción o reacción se retiran los elementos no deseados que lleva el gas. (P.1-3)

4.5.10. Tipos de Lavadores de gases

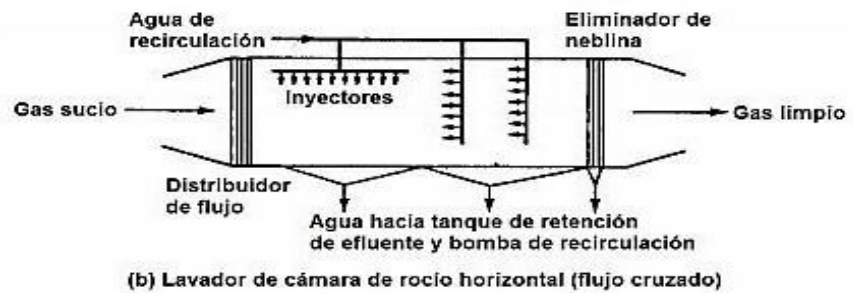
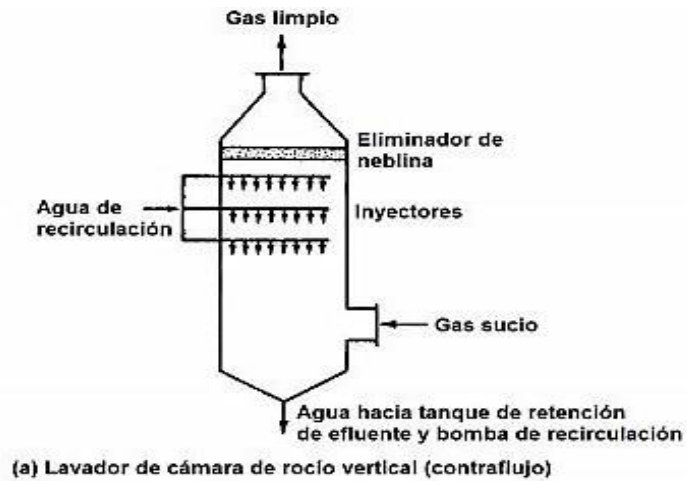
Según Montenegro y Moncayo (2006), enunció que:

Para lograr una buena extracción de partículas pequeñas se debe incrementar la interacción gota-partícula, mediante el uso de diferentes configuraciones geométricas, así:

Lavador de cámara de rocío: En este tipo de lavador, el aire sucio pasa a través de una cámara circular o rectangular y recibe el contacto de un líquido atomizado por medio de inyectores dispuestos en su camino para este efecto. El tamaño de las gotas del líquido es controlado para optimizar el contacto con las partículas y facilitar su separación de la corriente de aire.

Los requerimientos de agua están en el orden de 1.5 a 2.5 l/m³ de airexii y el tamaño óptimo de las gotas se obtiene con presiones de líquido entre 35 a 50 psi en los inyectoresxiii. Los inyectores de forma cónica son los más efectivos. EL agua de recirculación debe ser lo suficientemente filtrada para evitar taponamientos en los inyectores. La limpieza y cuidado de los inyectores constituyen el único mantenimiento que requieren este tipo de lavadores.

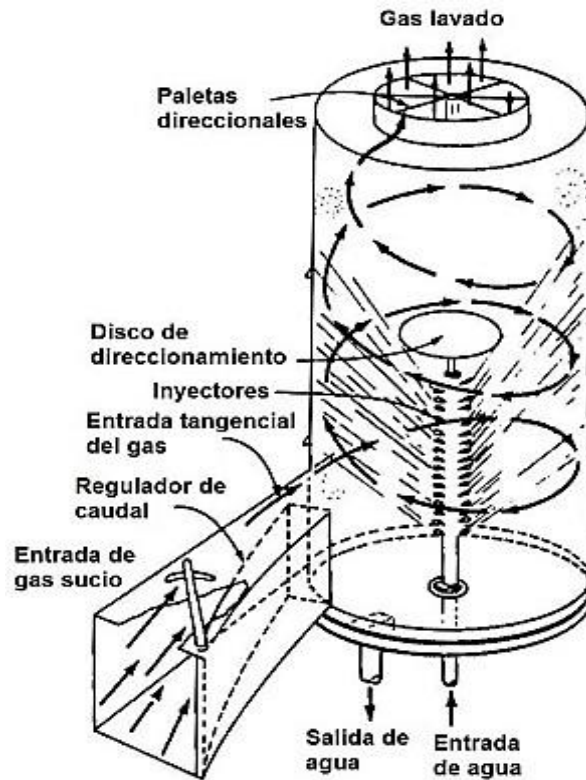
FIGURA N° 2
ARREGLOS COMUNES EN LOS LAVADORES DE CÁMARA DE ROCÍO.



Fuente : Cooper / Alley, Air Pollution Control

Ciclón de cámara de rocío: Es un colector más eficiente por cuanto su forma permite la actuación de fuerzas centrífugas que mejoran la separación de las gotas de líquido generadas por una columna de inyectores en el centro de la cámara, de la corriente de aire al aumentar la velocidad tangencial del gas sobre las paredes del recipiente. Se puede lograr una eficiencia del 95% en partículas mayores a 5 μm . La rata de recirculación de líquido está en el rango de 0.5 a 1 l/m³ de aire.

FIGURA N°3
CICLÓN DE CÁMARA DE ROCÍO



Fuente: Cooper / Alley, Air Pollution Control

Lavador venturi : La eficiencia de un colector es una función que depende de la velocidad relativa entre la gota de líquido y las partículas suspendidas, por lo que un colector venturi, gracias a su forma, produce este efecto al inyectar agua a baja presión en la corriente de aire que atraviesa la garganta del venturi a gran velocidad. La eficiencia obtenida llega al 98% para partículas mayores a $5 \mu\text{m}$. La tasa de recirculación de líquido va de 0.5 a 1.5 l/m³ de aire. El diseño de un venturi es simple y casi no requiere mantenimiento. (p 46-49)

FIGURA N°4
LAVADOR VENTURI



Fuente : Peavy / Rowe / Tchobanoglous, Environmental Engineering

4.5.11. Tanques de almacenamiento

Según Vega (2014), menciono que:

Los Tanques de Almacenamiento son estructuras de diversos materiales, por lo general de forma cilíndrica, que son usadas para guardar y/o preservar líquidos o gases a presión ambiente, por lo que en ciertos medios técnicos se les da el calificativo de Tanques de Almacenamiento Atmosféricos. Los tanques de almacenamiento suelen ser usados para almacenar líquidos, y son ampliamente utilizados en las industrias de gases, del petróleo, y química, y principalmente su uso más notable es el dado en las refinerías por sus requerimientos para el proceso de almacenamiento, sea temporal o prolongado; de los productos y subproductos que se obtienen de sus actividades (p.59)

4.5.12. Tipos de tanques de almacenamiento

Según Gonza (2014), enuncio que:

Para un buen diseño los factores que influyen son: tipo de tanque, la función y ubicación del tanque, tipo de fluido, temperatura y presión de operación, y el volumen necesario de almacenamiento. Los tanques de almacenamiento se usan como depósitos para contener una reserva suficiente de algún producto para su uso o comercialización. Estos tanques de almacenamiento, se clasifican como:

Tanques cilíndricos de forma horizontal: La gran mayoría de estos tipos de tanques son de un volumen bajo, debido a que la mayoría de estos presentan averías de corte y flexión.

Tanques cilíndricos verticales con fondo plano: Son de mucha utilidad ya que permite el almacenamiento de grandes cantidades de volúmenes con un costo económico bajo. Este tipo de tanques pueden operar a presión atmosférica. A este tipo de tanques se los clasifica de la siguiente manera: con techo flotante, con techo fijo y sin techo.

Tanques verticales con techo fijo: Los tanques verticales con techo fijo son utilizados para almacenar líquidos en donde los techos flotantes no son exigidos, los más utilizados son los soportados y auto soportados.

Tanques para ácido sulfúrico concentrado

Según ISUSA, enuncio que:

El ácido sulfúrico concentrado se almacena en tanques de acero al carbono o acero inoxidable 304L. Se pueden usar tanques cilíndricos verticales u horizontales. Se recomienda que los tanques tengan cubetos de contención. Los tanques, cañerías, válvulas y bombas deben estar protegidos contra colisiones de vehículos. No se debe permitir acumulación de agua dentro de la contención, ya que si hay algún derrame se formaría ácido diluido que causa una severa corrosión de las estructuras y el hormigón.

Tanques verticales:

- * Deben tener un espesor mínimo para las paredes y el fondo de 3/16".
- * El techo debe ser auto portante y debe tener un venteo en el centro para prevenir la acumulación de hidrógeno.
- * Deben contar con boca de hombre.
- * El caño de entrada de ácido debe entrar próximo al centro del techo y tener más de 15 cm por debajo del techo. Puede ser de acero al carbono o acero inoxidable 304L y de diámetro 1 1/2", con un largo máximo de 30 metros y una altura máxima de 10 metros. El extremo para la conexión al camión debe tener un manguito roscado tipo danés de 1 1/2".
- * El caño de salida puede ser de acero al carbono o acero inoxidable.

* Es recomendable el uso de 2 válvulas a la salida de acero inoxidable.

* El sistema de nivel recomendado es con flotador o boya en acero inoxidable o polietileno, cuerda de polietileno e indicador externo. (p.2)

FIGURA N° 5
TANQUES VERTICALES DE ALMACENAMIENTO DE ACIDO DEBIL



Fuente : ETD INO Industriales

4.5.13. Chimeneas Industriales

Según CONSTRUMATICA , enunció que :

Se definen como **Chimeneas Industriales** a los conductos contruidos para dar salida a la atmósfera libre a gases resultantes de una combustión –o de una reacción química (“gases de cola”) – para su dispersión en el aire ambiente.

Para determinar las características de una chimenea es imprescindible conocer el **tipo de fluido** que se espera que circule por ella.

Normalmente se trata de humos producto de la combustión de combustibles fósiles (carbón, derivados líquidos o gaseosos del petróleo), madera, etc., en aire ambiente.

Sin embargo, aun en estos casos, hay que tener en cuenta la posible “contaminación” de estos humos con sustancias desprendidas de los procesos en los que intervienen, como por ejemplo, los hornos de reverbero.

En el caso frecuente de combustibles líquidos (fuel-oil, gasoil, etc.) o gaseosos (hidrocarburos gaseosos o “gas natural”), estos humos se componen de:

N_2 : procedente del aire comburente.

CO_2 y H_2O (vapor): procedentes de la combustión de los hidrocarburos, junto con pequeñas cantidades provenientes de la propia composición de aire comburente.

O_2 : procedente del aire comburente en exceso respecto al necesario para una combustión estequiometría.

NO_x : si la temperatura alcanzada por la llama supera los $1.300^\circ C$ en alguna zona, la combinación del nitrógeno del aire (o de los compuestos nitrogenados presentes en el combustible) con el oxígeno se realiza a velocidades apreciables, contaminando los humos con óxidos de nitrógeno en proporciones suficientes como para sobrepasar las normativas de ciertos países.

SO_x : algunos combustibles, especialmente los líquidos, contienen azufre en proporciones que pueden variar entre menos de un 1% (combustibles B.T.S.) hasta algo más de un 5% (fueles pesados) que combinado con el oxígeno del aire, da lugar a diferentes compuestos de azufre, todos ellos considerados como contaminantes por las administraciones de diferentes países

CO : resultado de una combustión incompleta

Radicales libres, partículas sólidas (fundamentalmente de carbono) y otros productos, procedentes de impurezas en el combustible (metales pesados), aunque todos ellos en muy pequeñas proporciones.

FIGURA N° 6
CHIMENEA INDUSTRIAL



Fuente: <http://www.tallerescetury.com/#prettyPhoto>

4.5.14. Marco Normativo

En el proceso de construcción del equipamiento de la Planta de lavado de gases se empleó los siguientes códigos y estándares aplicables en el Perú:

- American Concrete Institute (ACI)
- American Institute of Steel Construction (AISC)
- American Iron and Steel Institute (AISI)

- American National Institute (ANSI)
- American Petroleum Institute (API)
- American Society of Civil Engineers (ASCE)
- American Society of Mechanical Engineers (ASME)
- American Society for Testing and Materials (ASTM)
- American Waterworks Association (AWWA)
- American Welding Society (AWS)
- Antifriction Bearing Manufacturers Association (ABMA)
- Compressed Gas Association (CGA)
- Conveyor Equipment Manufacturers Association (CEMA)
- Crane Manufacturers Association of America (CMAA)
- Factory Mutual (FM)
- Hydraulic Institute (HI)
- Institute of Electrical and Electronic Engineers (IEEE)
- Instrument Society of America (ISA)
- Mechanical Power Transmission Association (MPTA)
- Metal Building Manufacturers Association (MBMA)
- Mine Safety and Health Administration (MSHA)
- Monorail Manufacturers Association (MMA)
- National Electric Code (NEC)
- National Electrical Manufacturers Association (NEMA)
- National Fire Protection Association (NFPA)
- National Fire Code (NFC)

- Occupational Safety and Health Administration (OSHA)
- Rubber Manufacturers Association (RMA)
- Sheet Metal and Air Conditioning Contractors National Association (SMACNA)
- Society of Automotive Engineers (SAE)
- Steel Structures Painting Council (SSPC)
- Uniform Building Code (UBC)
- Underwriter's Laboratories (UL)

Otros estándares internacionales que podrían ser utilizados, previa aprobación de la Refinería de Cajamarquilla-Votorantim

- British Standards Institute (BSI)
- Deutsche Industries Norman (DIN)
- Federation European de Mantention (FEM)
- International Standards Organization (ISO)
- Swedish Institute for Standards (SIS)

4.5.15. Definición de terminos básicos

CAPEX: Costos de Capital (Capital Expenditures). Son todos los costos necesarios para la ejecución del Proyecto.

Cliente : Votorantim Metais Cajamarquilla S.A.

CSA: Civil, Estructural y Arquitectura.

Dióxido de Azufre (SO₂): Es un gas incoloro con un característico olor asfixiante. En agua se disuelve formando una disolución ácida.

EIA: Estudio de Impacto Ambiental.

EPCM (Engineering, Procurement and Construction Management):

Ingeniería, Procura y Gerencia de la Construcción.

EPCM: Ingeniería, Procura y Gerencia de la construcción.

HAZOP(Hazard and Operability Study): Análisis de Riesgos Operacionales.

HSE (Health, Safety and Environment): Seguridad, Salud Ocupacional y Medio Ambiente.

Lavador de Gases: Equipo conformado por una torre vénturi y una torre de absorción donde los gases de cola de las plantas de ácido serán lavados con ácido sulfúrico para la reducción de los gases de SO₂ que se emiten a la atmósfera.

MTO (Material Take Off) o Metrado: Es la cuantificación por unidad de medida de uno o varios materiales, recursos o actividades que deberán adquirirse o realizarse para la ejecución del proyecto.

OUTOTEC (Vendor): Proveedor de Lavadores de Gases, Contratista EPC del Proyecto.

Parada de planta : Tiempo de paralización de la producción en la Refinería Cajamarquilla.

Peróxido de Hidrógeno (H₂O₂): También conocido como agua oxigenada, es un compuesto químico líquido más viscoso que el agua, incoloro, inestable y no inflamable. Se descompone lentamente en oxígeno y agua con liberación de calor.

Planta: Significa las unidades y facilidades que constituyen el círculo de lavado de gases SO₂, que se construirá en la zona próxima a la planta existente.

Planta existente : Son las unidades y facilidades que constituyen las áreas 30 y 35 correspondientes a las plantas de Acido Sulfúrico 1 y 2 de la Refinería de Cajamarquilla , cercanas a las cuales se realizan los trabajos de construcción de la planta.

QUIMTIA (Vendor): Proveedor del sistema de almacenamiento de H₂O₂.

Sitio : Significa la ubicación reservada para la construcción de la planta, incluyendo las áreas para facilidades temporales requeridas para el desempeño de los trabajos.

TIE-IN: Conexión electromecánica que se ejecuta entre un sistema nuevo con un sistema existente dentro de la Planta de Procesos.

Trabajos : Significa el conjunto de actividades de obra que será ejecutada por el contratista de construcción.

VMC : Votorantim Metals Cajamarquilla.

4.6. Fases del proyecto

4.6.1. FASE I : Actividades de Pre-construcción del montaje mecánico

La Compañía Votorantim Metais Cajamarquilla (V.M.C.), implementará una Planta Lavadores de Gases con la finalidad de reducir los niveles de SO₂ , a la atmósfera, por esta razón, a través de una licitación, la Compañía Outotec Perú (OTP) ,fue el postor ganador para desarrollar el proyecto Lavador de Gases, donde se determinó que el contrato a implementar sea el EPC (Engineering, Procurement, construction), ya que se analizó que este tipo de contrato de construcción era el más adecuado por su efecto en los costos y riesgos asociados al proyecto eran los más óptimos para la Compañía VMC.

En este tipo de acuerdo la empresa OUTOTEC diseña la instalación, adquiere los equipos y materiales, y se encarga de la ejecución de toda la obra. De esta forma el cliente recibe todo el proyecto a un precio previamente pactado .A este tipo de contrato se conoce también con el nombre “proyectos llave en mano”.

El proyecto se construyó entre el mes de abril y diciembre de 2015 con una duración estimada de 5 meses. La Nueva Planta de Lavadores de Gases involucra trabajos de construcción en un área aproximada de 800 m² dentro de las instalaciones de la Refinería de Zinc de Cajamarquilla en

la zona específica denominada área 35 junto a la Planta de Ácido Sulfúrico N°2.

Las actividades más importantes del cronograma de construcción para las instalaciones del Proyecto son los siguientes:

- Las actividades se inician con el movimiento de tierras (excavaciones) tanto para las fundaciones de los principales equipos como para el nuevo pipe rack y nueva sala eléctrica. La excavación total será de 2.030,6 m³ y el relleno es de 1.380,50 m³, y traslado de material excedente es de 780,12 m³ a la quebrada Quimarca para el cierre de la poza 3 y 4, según el Plan de Cierre de VM-CJM.
- Las obras de concreto (incluyendo instalación de acero de refuerzo y encofrado) iniciarán al culminar las actividades de excavación y tomarán un período de 12 semanas.
- Continuarán las obras electromecánicas. Se considera que todos los equipos para el sistema de alimentación de peróxido de hidrógeno y el período de las actividades de montaje mecánico será de 13 semanas.
- Con el completamiento mecánico, la inspección por etapas y la resolución de todos los ítems pendientes en las listas de actividades (Punch List) y seguimiento se termina la fase constructiva.

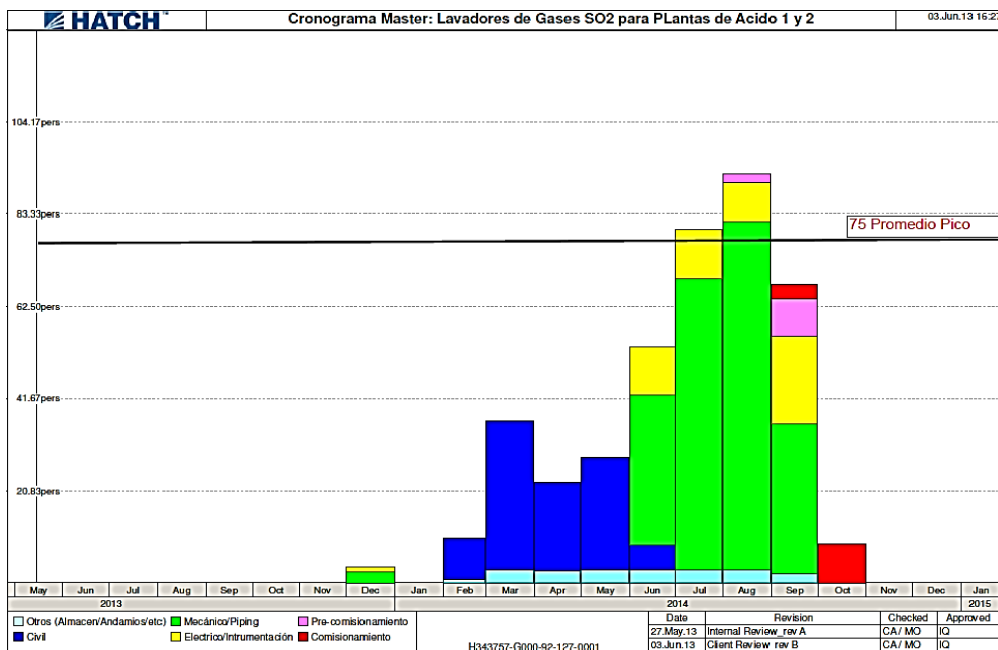
- En el desarrollo de la Ingeniería de detalle para el proyecto lavador de gases, comprende las instalaciones y sistemas necesarios para su integración, es necesario ejecutar Paradas Sectoriales para realizar los Tie-ins correspondientes.
- El presente procedimiento de trabajo cubre todas las etapas del proceso constructivo referido a los trabajos de montaje ,a la vez se describe las responsabilidades, cuidados, inspecciones y controles a realizar durante el armado y montaje. Aplicable a todas las actividades de montaje mecánico que se desarrollarán para la Compañía VMC.
- El desarrollo del montaje de la planta de lavado de gases , es necesario que la empresa contratista desarrolle y elabore los planos de montaje aprobados para la construcción , planos de fabricación , especificaciones técnica de estructuras , especificación Técnica de Pinturas.
- **Requerimiento de mano de obra para la construcción**
- La mano de obra para la construcción en el período pico será de 75 trabajadores en promedio.
- La mano de obra requerida estará conformada por albañiles, carpinteros, electricistas, operadores de equipo, mecánicos,

soldadores, trabajadores en general, la administración y gestión de personal.

- Se ha planteado una jornada laboral de Lunes a Sábado considerando 10 horas diarias. Asimismo se plantea que al tratarse de mano de obra local no será necesario contabilizar recursos para días de descanso.
- El Contratista velará por el transporte de su personal desde la ciudad de Lima hacia la Refinería

Durante esta fase de ingeniería básica se ha elaborado un plan de dotación (Ver Figura 7) el cual en la etapa de planificación para la construcción (Ing. Detalle) será revisado y actualizado.

FIGURA N°7
DOTACION DE PERSONAL EN LA FASE DE CONSTRUCCION



Fuente : Voltoramtin

Cronograma del Proyecto

Como parte de los alcances de Hatch en esta etapa de Ingeniería Básica, se ha elaborado un Cronograma Maestro que secuencialmente describe en una gráfica Gantt como Hatch visualiza la trayectoria del Proyecto “Lavadores de Gases SO₂ para las Plantas de Acido 1 y 2” desde su principio hasta su puesta en marcha.

Es importante resaltar que este cronograma ha sido elaborado con información derivada de la Ingeniería Básica de integración desarrollada por Hatch, información Vendedor e información provista por el Cliente, las cuales podrán sufrir variaciones durante el desarrollo de la ingeniería de detalle.

En la elaboración de este Cronograma se han tomado hitos provistos por VMC que forman parte de la Ruta Crítica reflejada como por ejemplo el inicio de la ingeniería de detalle.

El Cronograma Maestro del Proyecto se puede observar en el Anexo A.

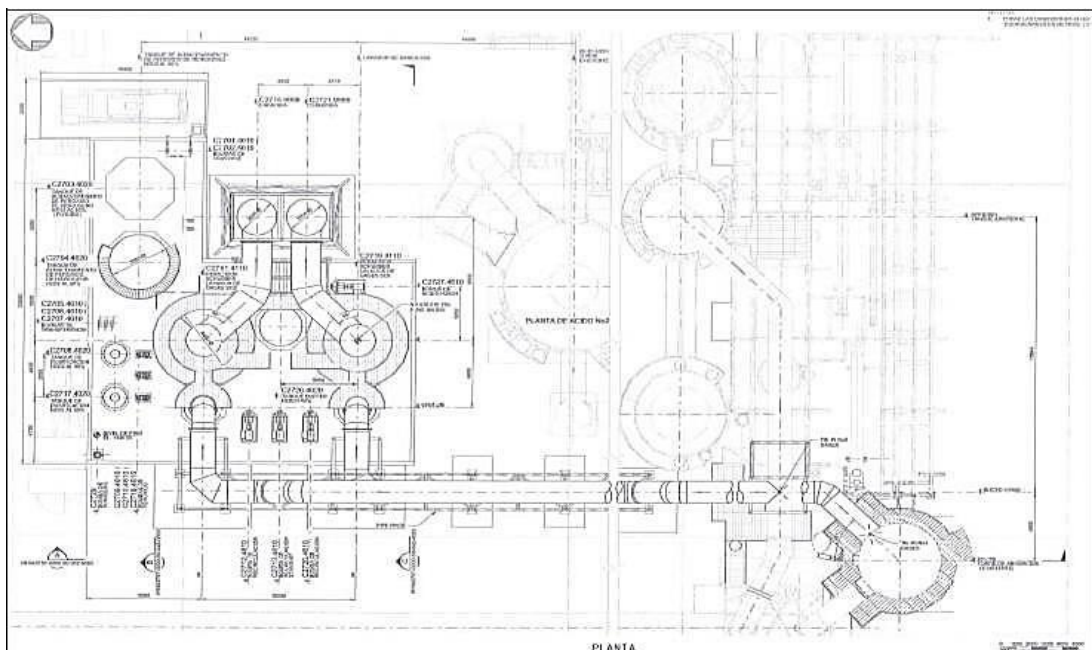
Principales fuentes de trabajo del proyecto lavador de gases

Para el desarrollo del montaje de la planta de lavado de gases se realizó en base a prioridades, tal, como se muestra a continuación:

TABLA N°1
PRIORIDADES DEL MONTAJE DE LA PLANTA DE LAVADO DE GASES

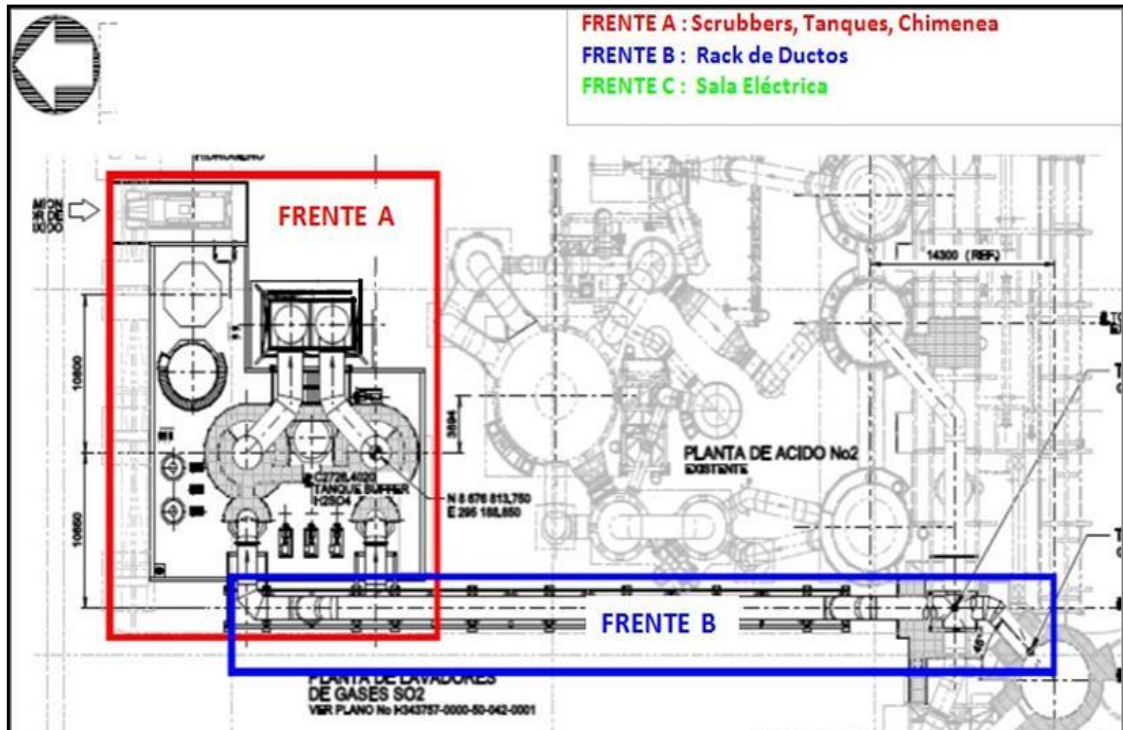
ESTRUCTURA	PRIORIDAD
Support Structure for Stacks	1
Star Case	2
Support for Process gas ducts	3
Platforms at existing Absorption Tower	4
Maintenance platform , Shelter structure and drainage platform	5

FIGURA N°8
DISTRIBUCION DE PLANTA



Fuente Votorantim

FIGURA N°9
PRIORIDADES EN EL MONTAJE DE EQUIPOS



Fuente :Votorantim

Para cada una de las Plantas de Ácido, en diferentes tiempos, para conectar los ductos de gases principales. El programa de construcción para ejecutar estos tie-ins estará alineado con la programación de Parada de Planta Anual de la Unidad.

El tiempo requerido por cada parada no será superior a 4 días efectivos.

Instalaciones.

Obras civiles.- Las obras civiles básicamente consisten en:

- Demoliciones
- Movimiento de tierra local

- Concreto
- Acero estructural. Rack de ductos y tuberías.

Mecánica y tuberías.- A continuación se listan los principales equipos del sistema de lavado de gases y almacenamiento de peróxido, con sus respectivos pesos en Toneladas:

Sistema de Lavado de Peróxido:

- 2 Tanques FRP de dosificación de Peróxido. Peso seco 0.55 Ton c/tanque
- 3 Bombas de Peróxido. Peso seco 0.25 Ton c/bomba.
- 3 Bombas de recirculación. Peso seco 1.16 Ton c/bomba.
- 1 Tanques de peróxido FRP. Peso seco 1.48 Ton.
- 1 Weak Acid Pump. Peso seco 0.25 Ton.
- 2 Set de Instrumentación
- 2 Chimeneas. Peso seco 18 Ton c/u.
- 1 Sumidero
- 4 Dámper
- 66 Ton de ductos en acero inoxidable para Planta de ácido a Scrubber
- 6 Ton de ductos en FRP Scrubber - Chimenea.
- Tuberías de Scrubber-Chimenea.
- Línea de agua de procesos.

Eléctrica, automatización e instrumentación.- Comprende la instalación de todos los equipos eléctricos, cables, MCCs, instrumentos, hardware y software de acuerdo con la ingeniería del Proyecto. Así como, la configuración del sistema para que sea operado desde el DCS de la Planta. Se implementarán:

- 01 Sala eléctrica
- 01 Subestación
- Malla a Tierra
- Bandejas, conduits, etc.

Todas las instalaciones necesarias serán implementadas para atender las necesidades del sistema de lavado de gases. Se prevé utilizar las instalaciones existentes para atender estas demandas, de acuerdo con el tipo y la envergadura del Proyecto no se prevén nuevas instalaciones mayores.

Efluentes y barreras físicas necesarias

No aplica. El único efluente será ácido sulfúrico diluído al 50%, el cual se usará en reemplazo del agua make up utilizada en la producción de ácido sulfúrico

No forma parte del proyecto la compra de peróxido de hidrógeno para pruebas y arranque del sistema, este costo deberá asumirlo Operaciones.

Como Pre-construcción, se considera el desarrollo de las actividades de Ingeniería de Detalle y Procura del Proyecto. En conjunto suman 8 meses, entre Septiembre de 2014 y Abril de 2015, comprendiendo las siguientes actividades:

- Pre Calificación de Proveedores y Contratistas.
- Preparación de Bases de Licitación, RFQ's & RFP's.
- Completar la licitación de los contratos de construcción.
- Evaluación de Propuestas y preparación de LORs.

Se ha considerado la realización de trabajos tempranos los cuales deberán realizarse antes y durante el inicio de las principales actividades de construcción. Estos trabajos son:

- TIE-IN's de servicios (agua de procesos, agua potable, aire de instrumentación, aire de planta).
- TIE-IN's en ductos de gases.
- TIE-IN's en Plantas de Acido
- TIE-IN's eléctricos Sala 30 y 35

El proyecto no contempla la habilitación de campamentos para la etapa constructiva debido a que los trabajadores tendrán un régimen estándar para actividades de este tipo en ciudad, habrá oficinas técnicas, almacén y talleres.

Preparación del terreno

La preparación del área tiene como objetivo permitir la construcción de la infraestructura básica del relleno para recibir y disponer, de una forma

ordenada y con el menor impacto posible, así como facilitar las obras complementarias y las relativas que se presentan la actividad en lo que concierne la preparación del área involucrada.

Movimiento de tierra

La etapa de construcción del proyecto se iniciará con la ejecución de todos los cortes del terreno y los rellenos. Dichos cortes y rellenos serán efectuados según los alineamientos, gradientes y niveles indicados en los planos del proyecto.

El movimiento de tierras involucra las actividades de excavación para las fundaciones de los equipos, edificios y estructuras, estas se realizarán por frentes de trabajo de acuerdo a lo mostrado en Gráfica 9-2.

Se plantea realizar las excavaciones de manera paralela en los Frentes A y B donde se deberá remover 1,400 m³ y 250 m³ respectivamente. Para esto se ha planificado utilizar una excavadora 320 y una retroexcavadora.

Las excavaciones en el Frente C se iniciarán al término de las excavaciones en el Frente B las que requerirán de 100 m³ de remoción de tierra.

No se ha considerado en la etapa de construcción el requerimiento de material proveniente de canteras o material de préstamo.

Accesos

El proyecto no contempla entre sus actividades, la habilitación de nuevas vías de acceso. Se mantendrán en uso las vías internas existentes en la zona de las Plantas de Acido N° 1 y 2.

Traslado de equipos y herramientas al área de trabajo

A continuación listado de los principales Equipos y Herramientas utilizados en el Proyecto Lavador de Gases, suministrados por el Contratista Electromecánico.

TABLA N°2
EQUIPOS Y HERRAMIENTAS EN EL ÁREA DE TRABAJO

Items	Descripción	Cantidad
1	TECLE RATCHET DE 1.50 TON X 1.5 MT DE CADENA MARCA YALE N.SERIE:16020544	4
2	TECLE DE CADENA 5.0 TON X 4 MT DE CADENA MARCA YALE	4
3	ESLINGA DE POLYESTER PLANA DE 2" (60MM) X 2MT D CAPAS - TIPO OJO-OJO // COLOR VERDE CARGA VERTICATON - FACTOR DE SEG. 5:1	2
4	ESLINGA DE POLYESTER PLANA DE 3" (90MM) X 4 MT D CAPAS - TIPO OJO-OJO // COLOR AMARILLO CARGA VERTICAL: 6 TON - FACTOR DE SEG. 5:1	2
5	ESLINGA DE POLYESTER PLANA DE 4"(120MM) X 6 MT D CAPAS - TIPO OJO-OJO // COLOR GRIS CARGA VERTICAL: 11.2 TON - FACTOR DE SEG. 5:1 MARCA: ANIXTER JORVEC CAP:11.2 TN	4
6	CABO(SOGA) NYLON DE 5/8 - 16 MM PRESENTACIÓN ROLLO 100 MTS	1
7	GRILLETE TIPO LIRA DE 3/4" CAPAC. 4.75 TON MODEL4161, PIN ROSCADO(Similar al G-209) MARCA : ABLE	6
8	GRILLETE TIPO LIRA DE 1" CAPAC. 8.5 TON MODELO GPIN ROSCADO(Similar al G-209) MARCA : ABLE	6
9	PISTOLAS NEUMÁTICAS DE AJUSTE DE PERNOS	4
10	TORQUIMETROS	4
11	MALETIN DE HERRAMIENTAS DE MONTAJE MECANICO	4
12	ESMERIL DE 7"	2
13	ESMERIL DE 4 1/2"	2
14	CUERPOS DE ANDAMIOS 1 m. x 2 m.	100
15	ESTROBO DE 1 1/4" POR 3 m	4
16	ESTROBO DE 1 1/4" POR 6 m	4
17	ESTROBO DE 1 1/4" POR 8 m	4
18	GRAPA PARA CABLE DE ACERO FORJADO DE 1/2"	14
19	GATA DE PASTILLA DE 20 T.	4
20	TIRFOR 1.5 t. Marca YALE	2

Fuente : Votorantim

Equipos a utilizar en las actividades de construcción

En el análisis de constructibilidad del proyecto se identificó los equipos que serán necesarios para lograr cumplir con los plazos para la etapa de construcción del montaje mecánico, en la Tabla 9-9 se presenta el listado de equipos a ser requeridos.

TABLA N°3
EQUIPOS DE CONSTRUCCIÓN

Ítem	Listado de equipos	Cantidad (Unidad)
1	CISTERNA DE AGUA	1
2	CISTERNA DE COMBUSTIBLE	1
3	MANLIFT	1
4	CAMIÓN CAMABAJA	1
5	CAMIÓN HIAB 20TN	1
6	GRÚA TELESCÓPICA DE 250TN	1
7	GRÚA TELESCÓPICA DE 120TN	1
8	GRÚA TELESCÓPICA DE 80 TN	1
9	MONTACARGAS 2TN	1
10	MÁQUINAS DE SOLDAR 230V/250AMP TIG/MIG	4
11	TORRE DE ILUMINACIÓN 400W	1
12	EQUIPO DE OXICORTE	2
13	HORNO PARA ELECTRODOS	1
14	EQUIPOS TOPOGRÁFICOS CALIBRADOS	2
15	AMOLADORAS DE 4 ½" Y 7"	2

Fuente : Votorantim

4.6.2. FASE II : Supervisión del Montaje mecánico de la planta de lavado de gases

I.- Montaje de la estructura soporte para los ductos frp chimeneas de expulsión de gas SO₂

Transporte de materiales

El transporte de todos los materiales es responsabilidad del contratista de obra y los realizara de tal forma que no sufran alteraciones que ocasionen deficiencia.

Para poder realizar el transporte sin ninguna observación, la carga no debe sobresalir del ancho de la plataforma 2.50mt ni del largo 12 mt de la plataforma del semi- tráiler la altura máxima de la carga no deberá de sobrepasar el lamparón de la plataforma.

Si los elementos sobresalieran de la plataforma se deberá de tener en cuenta que el semi - tráiler deberá de tener una camioneta que guiara al semi – trayler.

Sujeción de materiales a transportar

La sujeción de los elementos será con fajas de sujeción los cuales no dañaran la pintura de los elementos.

Para evitar los cortes de las fajas de sujeción se deberá de proteger los puntos de corte como son los filos de la estructuras.

Apilamiento de material para transporte

Para realizar el apilamiento de los materiales deberá de estar separado por un aislante.

El separador o aislante entre materiales deberá de ser tacos de madera o láminas de jebe de mayor espesor.

Recepción y manejo del embarque en la obra

El personal encargado en la recepción de los elementos debe contar con un programa de montaje que detalle las piezas embarcadas de acuerdo a las fechas previamente establecidas. Llegado el camión, el encargado de la recepción se pondrá de acuerdo con el encargado del transporte y verificarán cada elemento descargándolo en orden y arrumándolo en el espacio establecido para estos elementos verificando su buen estado.

Cada pieza fabricada debe contar con un código que establecerá una posición única para el armado.

Apilamiento de material para montaje

Se deberá de identificar el área donde se realizará el descargo de material el cual deberá de ser limpiado y compactado.

El material no deberá de tener contacto con el piso, los elementos de montaje deberá de estar aislado del contacto con el suelo, para lograr el aislamiento deberá de estar sobre tacos de madera.

Verificación de la estructura

El Supervisor y los líderes de grupo a cargo de los trabajos debe verificar las dimensiones y el estado de todos los elementos estructurales destinados al montaje, que estén, como así también chequear las bases de los elementos verticales, la verificación la realizará a cada una de las piezas que compone la estructura, de manera que al asegurar estas cumplan con las especificaciones y planos del proyecto. En el caso que la estructura no cumpla con las especificaciones, esta será apartada del lugar y se dará aviso al departamento de gestión y aseguramiento de calidad para registrar la situación detectada. Las acciones pueden ir desde la corrección del problema hasta la devolución de ésta, dependiendo de la criticidad del problema detectado.

Preparación de las piezas en la obra

Para el montaje se seleccionara las piezas de acuerdo a la secuencia lógica establecida. Asegurándose de que las secciones con las que trabajaremos coincidan con las marcas establecidas en los planos de montaje.

Trazo y replanteo pedestales y pernos de anclaje

Replanteo

Antes de proceder con el montaje se debe efectuar un replanteo topográfico de los pernos de anclaje instalados, con el fin de asegurar la coincidencia entre éstos y las perforaciones de las placas base de la estructura. Lo que quedará registrado en el respectivo Protocolo de Control Topográfico de pernos de Anclaje. En caso de detectar alguna diferencia, se debe corregir la posición hasta que esta cumpla con las especificaciones del proyecto. Una vez que las salidas de los pernos coincidan con las placas bases de las estructuras, se continuará con el montaje de la estructura.

Controles Topográficos

El alineamiento y la nivelación de la estructura tendrá una tolerancia de $L/500$ en milímetros y la verticalidad de las columnas $L/500$. (Siendo "L": la longitud del elemento inspeccionado).

Las mediciones se realizarán con Teodolito y Nivel automático.

Nivel final de Bases de concreto:

El nivel de vaciado de las Bases de Concreto no deberá de estar por encima de lo establecido por los planos de construcción.

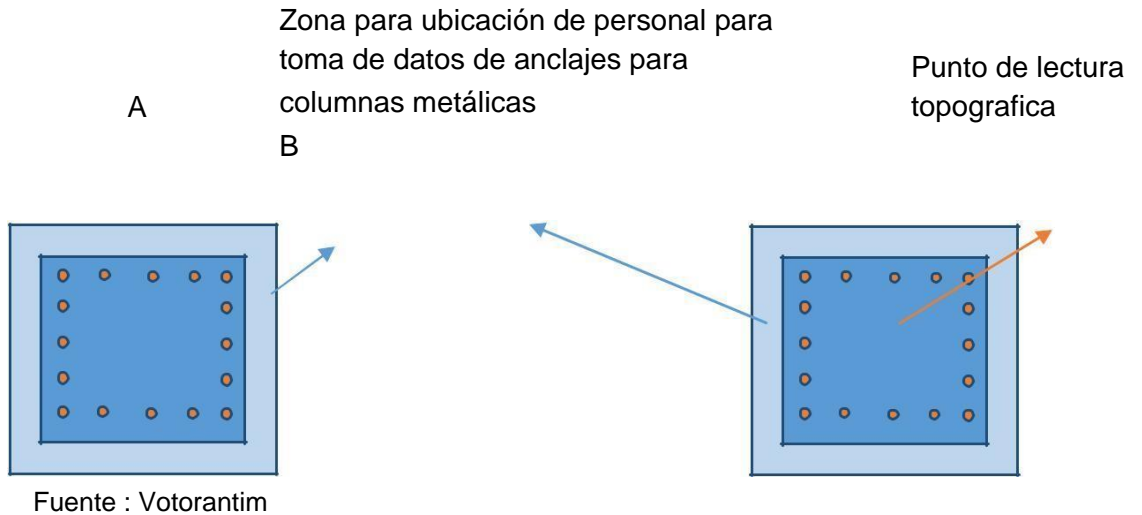
Alineamiento de Bases de Concreto entre ejes:

Las Bases de Concreto deberán de estar alineadas entre ejes (eje horizontal y vertical), Los ejes deberá de ser verificado con el personal topográfico el cual se plasmara las lecturas que se tendrá en un registro el cual será presentado a la supervisión.

Verificación de anclajes para columnas metálicas:

- Se realizara la verificación de los anclajes que se encuentran embebidos en las columnas de concreto.
- Los anclajes deberán de tener su punto centro para poder realizar el control mediante un mini prisma
- Si los pernos de anclaje no tendrían marcados el punto centro se deberá de instalar un capuchón el cual tendrá el punto centro.
- Los pernos de anclaje están a una altura de 0.3 mt aprox. anclados en las Bases de concreto.
- Para poder realizar la verificación de los ancles (distancia, nivel de anclaje y verticalidad de anclaje) se deberá realizar con Niveles y Teodolitos certificados.
- Se tendrá que habilitar áreas alrededor de las Bases de Concreto e instalar en la parte superior de las bases accesorios metálicos para poder realizar la verificación de los anclajes embebidos en las columnas.

FIGURA N°10
LECTURA DE UBICACIÓN DE ANCLAJES



En el punto A

El personal que estará ubicado en el punto A, será la persona que se ubicará alrededor de la Base de Concreto construida para poder realizar la ubicación del mini prisma para que pueda lecturar el topógrafo que se ubicara al otro extremo es decir en la segunda columna B.

En el punto B

El personal (Topógrafo) se encontrara ubicado alrededor de la Base de Concreto de la columna B , este personal deberá de estar con su equipo de protección personal, y tomará las medidas con equipos Certificados y Calibrados con vigencia reciente.

II.- Montaje de columnas

Identificación de columnas

Las columnas que se instalaran deberán de tener un código que deberá de plasmarse en el plano de distribución de columnas los cuales serán presentados a la supervisión y aprobados para montaje.

Antes de iniciar con el izaje de la columna identificada procederemos a verificar las dimensiones de la columna la distribución de agujeros en placa base y la verificación del código de montaje.

Identificación de aparejos de izaje

Se realizara la identificación de los aparejos de izaje teniendo las siguientes consideraciones:

Una de las consideraciones principales en el aparejo de cargas es conocer la capacidad de diseño de las eslingas y la ferretería de aparejos que se está utilizando.

Todos los equipos de aparejos deberán tener etiquetas de la capacidad de diseño u otros medios para identificar su capacidad de diseño bajo diferentes configuraciones de enganche. Sin embargo, varias veces esta identificación se destruye o se pierde durante su uso. El resultado es que muchas veces el personal de campo utilizando equipos de aparejo no tiene idea de la capacidad aproximada del equipo. Todos estos datos son

muy importantes para el operador de la grúa, aparejador, marcador, banderero, y la cuadrilla en tierra para dominar.

Izaje de columnas

- Una vez selecciona los aparejos de izaje se iniciara a realizar el izaje de las columnas metálicas según plano de montaje.
- Se deberá de instalar la plataforma en las columnas de acero.
- Las plataformas deberán de tener barandas en todo su perímetro.
- El personal que realiza trabajos en las plataformas deberá de estar con sus respectivos equipos contra caídas (Arnes con doble línea de vida) y anclado al 100%.
- El personal accederá a la zona de la plataforma cuando la carga se encuentre a 50 milímetros del contacto con los anclajes.
- **Se identificara el punto de izaje de la columna:** El punto de izaje será en la parte superior de la columna junto a los puntos de conexionado para evitar el deslizamiento de la eslinga.
- Las eslingas deberán de ser protegidos de los puntos de corte.
- Para realizar el izaje de la columna se requiere una grúa de 80 a 120 tn la capacidad de las grúas telescópicas se definirá de acuerdo a la distancia que se tendrá al punto de montaje. Las grúas serán suministradas por el Cliente.
- La capacidad de la grúa no podrá sobre pasar el 85% de su capacidad para los izajes de los elementos de las estructuras.

- Las columnas se izaran con eslingas de nylon, estas eslingas deberán de estar protegidas de los filos cortantes de la estructura.
- La capacidad de los aparejos de izaje deberá de ser mayor que el peso del elemento a instalar más el factor de seguridad.
- El área de izaje deberá de ser señalizado antes de realizar los trabajos de izaje o movimiento de materiales con el sistema de izaje.
- El personal que realizará la instalación de las columnas será personal calificado.
- Este personal que instalará las columnas en las columnas de concreto deberá de realizar la última verificación de las distancias de agujeros de la placa base y la distancia de los pernos de anclaje.
- Se deberá de realizar la nivelación de las contratuercas las cuáles serán las que indicarán el nivel de la placa base. Este nivel de la contratuerca deberá de ser según plano de montaje el cual deberá de ser verificado y controlado con topografía.

Ubicación de grúa para izaje de columna

- Se realizara el izaje de la columna metálica con una grúa telescópica. El izaje deberá de ser progresivamente para evitar el oscilamiento de la columna a suspender

- Se instalaran vientos en los extremos, la cantidad mínima a instalar serán dos los cuales nos permitirá controlar el oscilamiento de la carga.
- Se deberá de colocar tacos de madera en la parte de la base de la columna para evitar dañarla la pintura y el elemento.
- Al tener la carga en forma vertical se procede a realizar la elevación de la columna en forma pausada y evitando la oscilación de la carga suspendida.
- Para evitar la oscilación de la carga se deberá controlar con los vientos (soga) que se encuentran instalados en la estructura.

Instalación de columna metálica a bases de concreto

- Se suspenderá la columna metálica hasta sobre pasar la Base de concreto.
- El personal que dirigirá la maniobra (Rigger) deberá de estar en comunicación constante con el operador de la grúa.
- La comunicación del rigger y operador deberá de ser por medio de radios.
- La frecuencia que utilice no deberá de tener interferencias.

- El rigger deberá de estar posicionado al mismo nivel de la base de concreto y fuera de la línea de fuego.
- En esta posición deberá de estar el rigger el cual podrá apreciar la ubicación de la columna para que esta no impacte con los pernos de anclaje.
- En la primera ubicación que quedara la columna será a una distancia de 10 milímetros hacia el perno de anclaje.
- Al ubicarse la columna a 10 milímetros por encima de los anclajes el personal que instalara y fijara la columna procederá a ascender por medio de un elevado asía la plataforma instalada donde se realizara la maniobra de ubicar la base de la columna en los anclajes ubicados en la columna de concreto.
- Al ubicar la columna en los anclajes se procederá a ajustar las tuercas para procederá instalar las vigas que unen las columna.
- Al instalar las columnas el área de topografía verificara la verticalizacion y nivelación de las columnas instaladas. Todo los datos deberán de ser plasmado en un registro el cual se entregara a la supervisión para su liberación respectiva y poder a proceder a iniciar con el montaje de las Vigas o Tijerales que une las dos columnas.

FIGURA N°11
IZAJE DE COLUMNAS INICIO



Fuente :Vorantim

FIGURA N°12
IZAJE DE COLUMNAS INTERMEDIO



Fuente : Votorantim

FIGURA N°13
IZAJE DE COLUMNAS FINAL



Fuente : Votorantim

III.- Montaje de Vigas Horizontales

- Para el montaje de las vigas horizontales se deberá de realizar el ensamble en piso ya que las vigas están conformado por segmentos los cuales se instalaran en los puntos de unión que se encuentra en las columnas
- Los puntos de conexión son 01 por columna los cuales forman un rectángulo entre ejes
- Para realizar el ensamble en piso se deberá de instalar tacos de madera. Estos tacos de madera permitirán que los segmentos no se dañen con el contacto con el piso.
- Los tacos formaran una cama el cual deberá de estar nivelado para poder realizar el armado.
- La unión entre segmentos se realizara mediante bridas instaladas en cada segmento y la fijación se realizara con pernos estructurales.
- Cada segmento que forma las vigas deberán de cumplir con la simetría requerida según plano de montaje.
- Los segmentos deberán de estar codificados y la instalación se realizara de acuerdo a la codificación que se tiene en planos que deberán de estar aprobados para montaje.

Aseguramiento de estructura armada

- Al realizar el armado se deberá de medir la distancia entre apoyos de las vigas formadas por los segmentos unidos el cual deberá de medir según plano aprobado para montaje.
- Del mismo modo se deberá de medir la abertura de los extremos que se tiene para poder realizar el izaje.

Izaje de las Vigas

- El izaje de las Vigas se realizar con la ayuda de una Grúa de gran capacidad según el peso de las vigas.
- En caso se necesario se utilizara un yugo para evitar la deformación de las Vigas al suspender las mismas con una grúa telescópica de 300 Tn ó 90 Tn.
- Este yugo tendrá 4 tecles distribuidos en forma simétrica para poder absorber el peso de los segmentos unidos los cuales forman un arco.

Forma de ubicar el yugo para izaje

- Para realizar el izaje de las Vigas con un yugo de deberá de identificar los puntos de estrobado en las vigas de acero.
- Se deberá de instalar los vientos que controlaran la oscilación de los elemento (Viga).

- Los vientos serán controlados por personal calificado y entrenado los cuales evitara que la carga oscile y pueda colisionar con elementos existentes en el área de izaje.
- El encargado del izaje será el Rigger y el Operador de la grúa telescópica los cuales deberán de señalar el área de influencia de giro de la grúa telescópica.
- La comunicación entre el Rigger y el Operador será por medio de radios los cuales tendrá solo una frecuencia para evitar el crece de mensajes por otras radios que se encuentren en el área de influencia del izaje del arco.

Ubicación de personal para montaje de Vigas

- El personal deberá de estar preparado para ubicarse en la zona de conexionado de la columna y la viga.
- El personal ascenderá a la altura de las conexiones por medio de un elevador de tijeras o man lif (Se recomienda man lif articulado).
- El izaje se realizara con una grúa de 300 Ton ó 90 Ton. el cual elevara las vigas ó pórticos hasta llegar a la una altura que sobrepasara unos 10 milímetros del punto de conexionado.
- El rigger deberá de estar ubicado a una altura que pueda ver la ubicación inicial de la viga que estará antes de realizar la conexión con la columna

- Primero se tendrá que fijar uno de los lados del arco, el personal no deberá de estar debajo de la carga suspendida por ningún motivo.
- El persona instalara los pernos por el costado de la estructura y no por debajo de la carga.

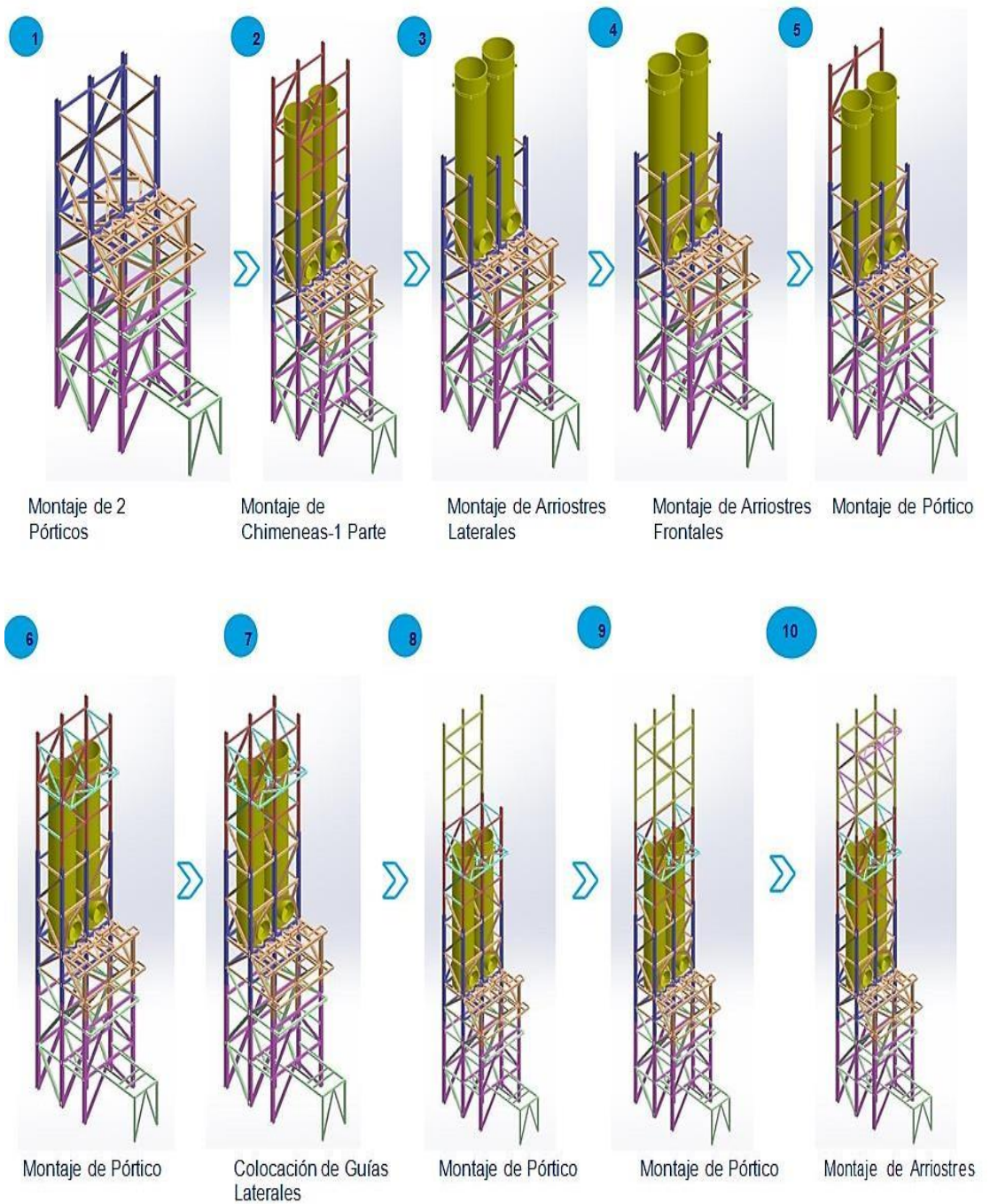
IV.- Montaje de Arriostres

- Los Arriostres intermedios también serán ensamblados en el piso.
- Los puntos de ajuste serán en las conexiones los cuales serán fijados con pernos. estructurales.
- Los Arriostres serán instalados con una grúa de 80 tn el cual tendrá un factor de trabajo de 50%.
- Antes de realizar el izaje se debe de comprobar las medidas de los arcos y la distancia entre puntos de conexión ya que dicho punto estará unido con las columnas instaladas.
- La secuencia de montaje de los arcos es según plano de montaje que se tenga aprobado por la supervisión.
- El personal que realizara el montaje de las Vigas deberá de estar al costado de la columna de acero para poder acceder con un elevador hasta el punto de conexionado para poder realizar la unión y ajuste de las vigas con las columnas.

- Luego de instalar las vigas en las columnas principales pasaremos a instalar las vigas laterales.
- Estas vigas laterales tienen arranques de conexión que son para las columnas intermedias.

V.- Secuencia de montaje de estructura soporte de chimenea

FIGURA N° 14
MONTAJE DE ESTRUCTURA SOPORTE DE CHIMENEA



Fuente: Votorantim

11



Colocación de Guías Laterales

12



Montaje de Chimeneas-2 Parte

13



Montaje de Pórtico T

14



Montaje de Pórtico T

15



Montaje de Chimeneas-3 Parte

16



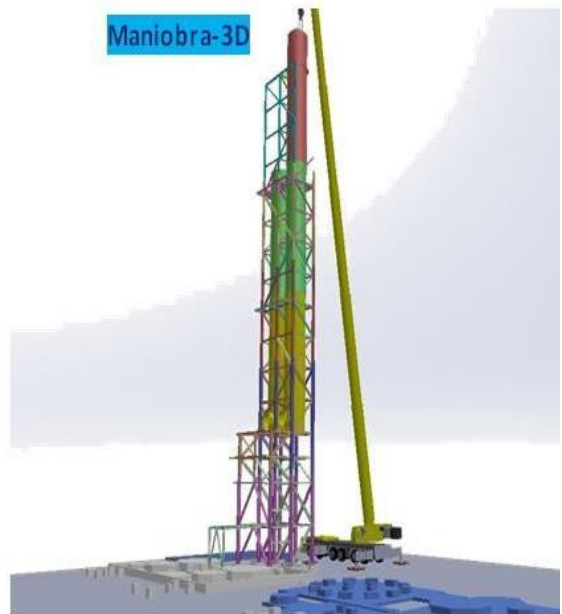
Montaje de Arriostres y Columnas

17



Colocación de Guías Laterales

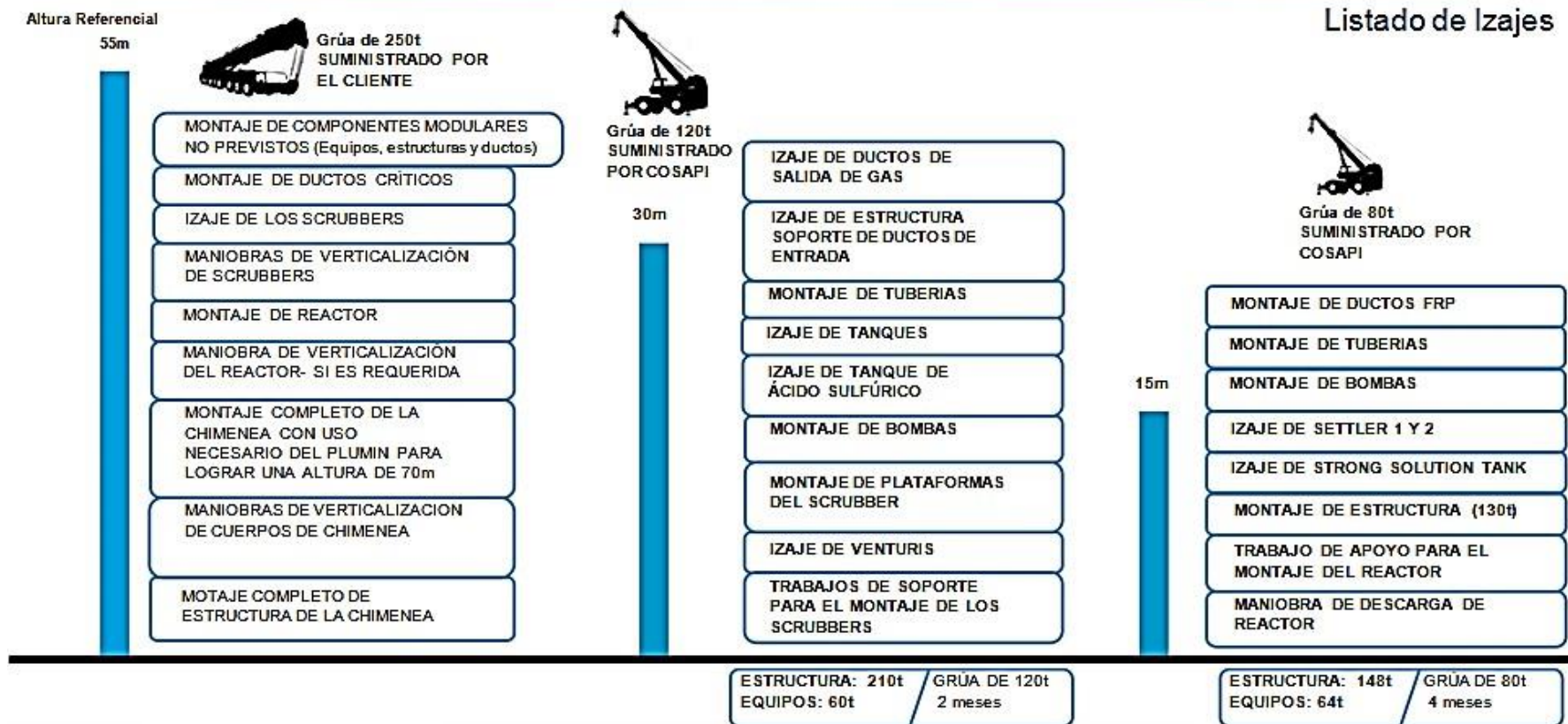
Maniobra-3D



Fuente: Votorantim

FIGURA N°15

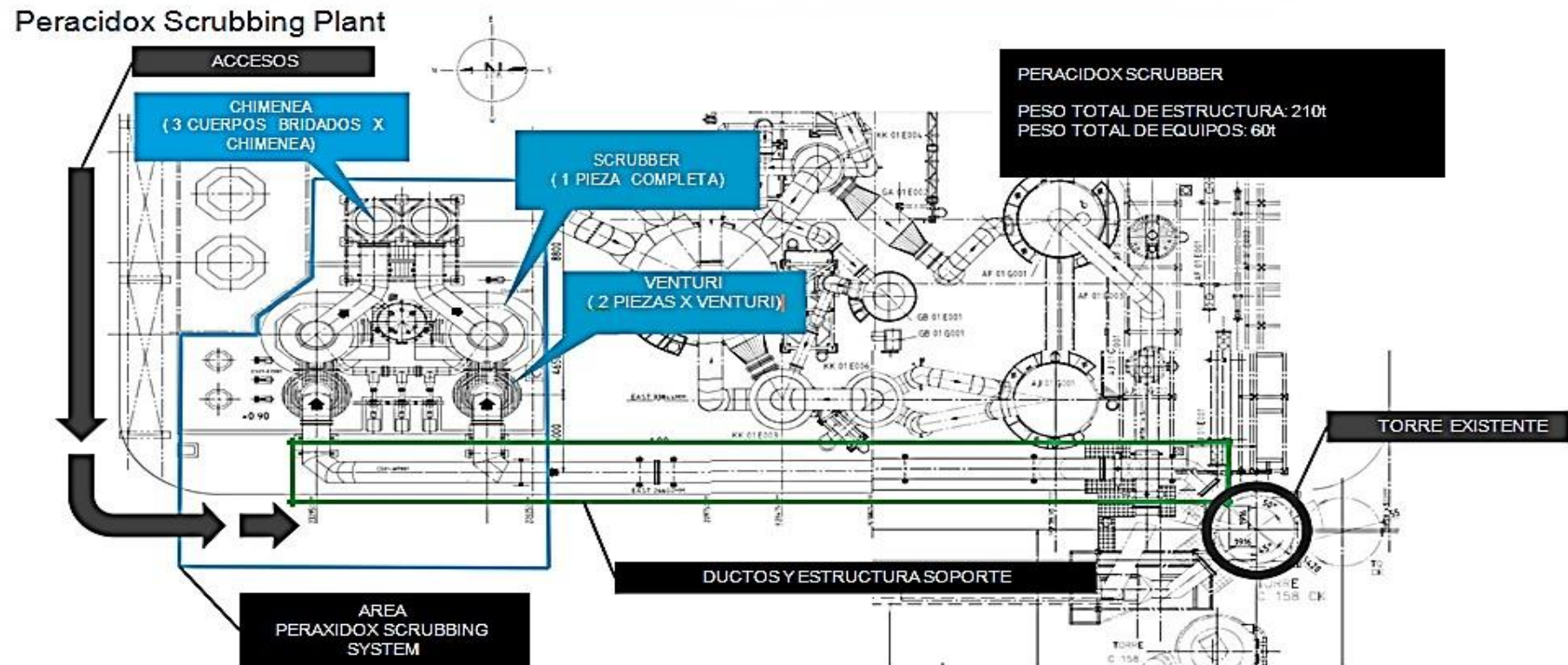
Supervisión de Montaje Mecánico-Peracidox Scrubbing Plant



Fuente:

FIGURA N°16

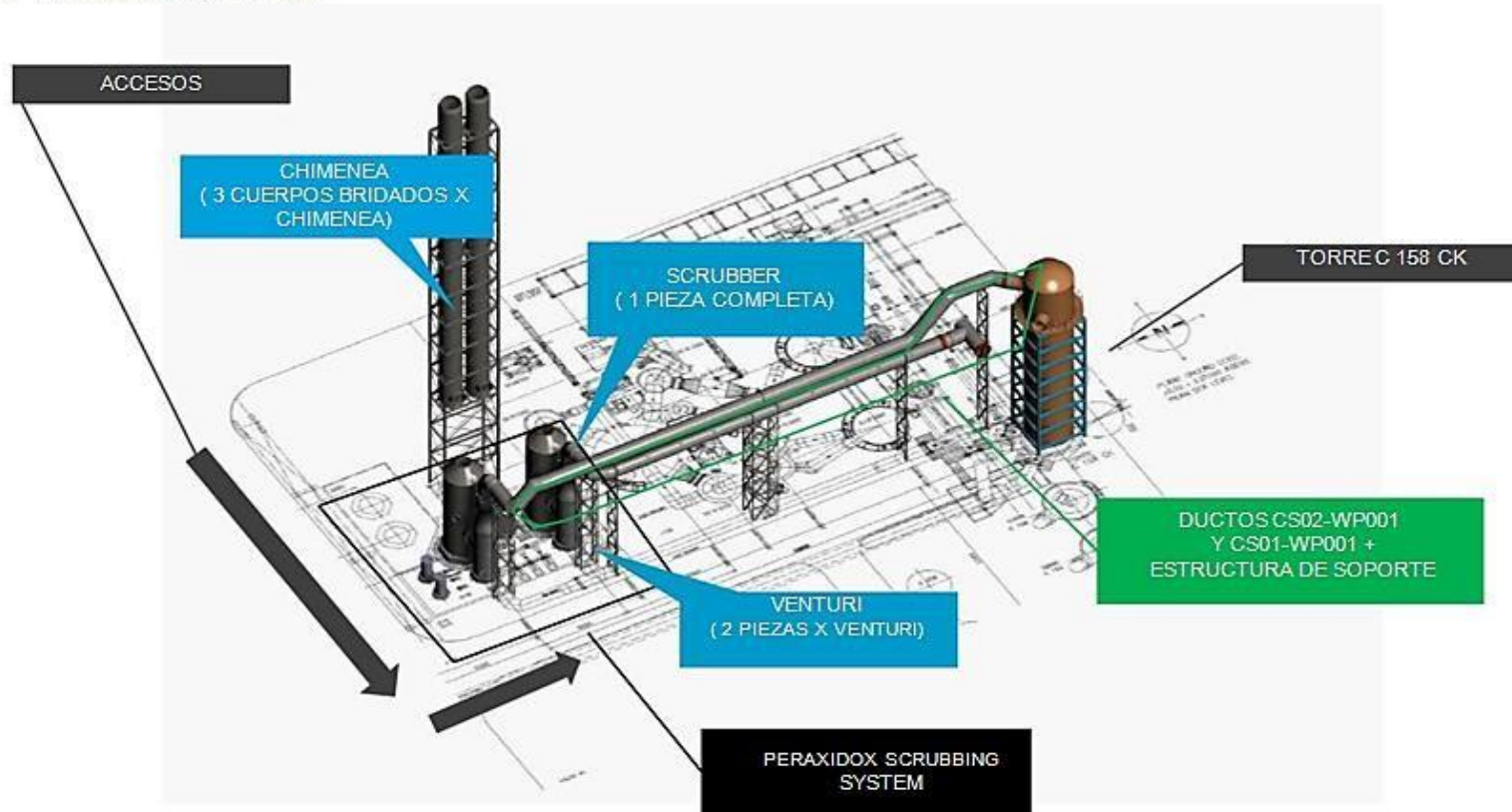
Supervisión de Montaje Mecánico-Peracidox Scrubbing Plant



Fuente Votorantim

FIGURA N°17

Peracidox Scrubbing Plant

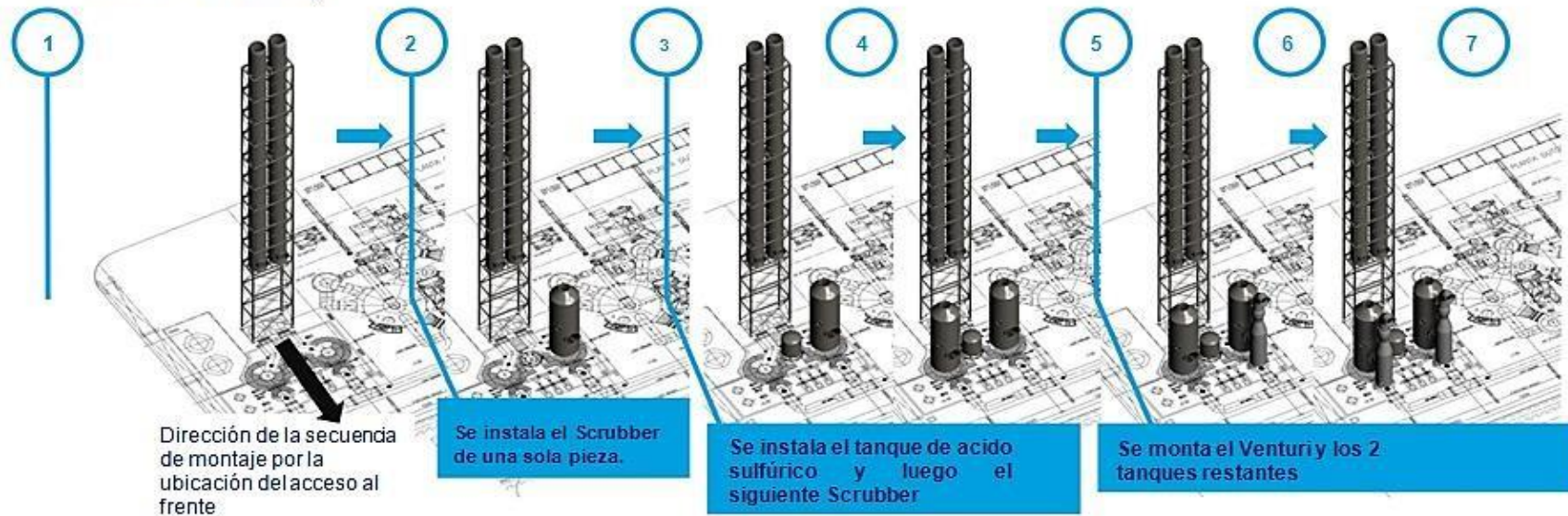


Fuente: Votorantim

FIGURA N°18

Montaje Mecánico-Peracidox Scrubbing Plant

Secuencia de Montaje



Previo al montaje mecánico se realizan los trabajos de cimentación y obras civiles.

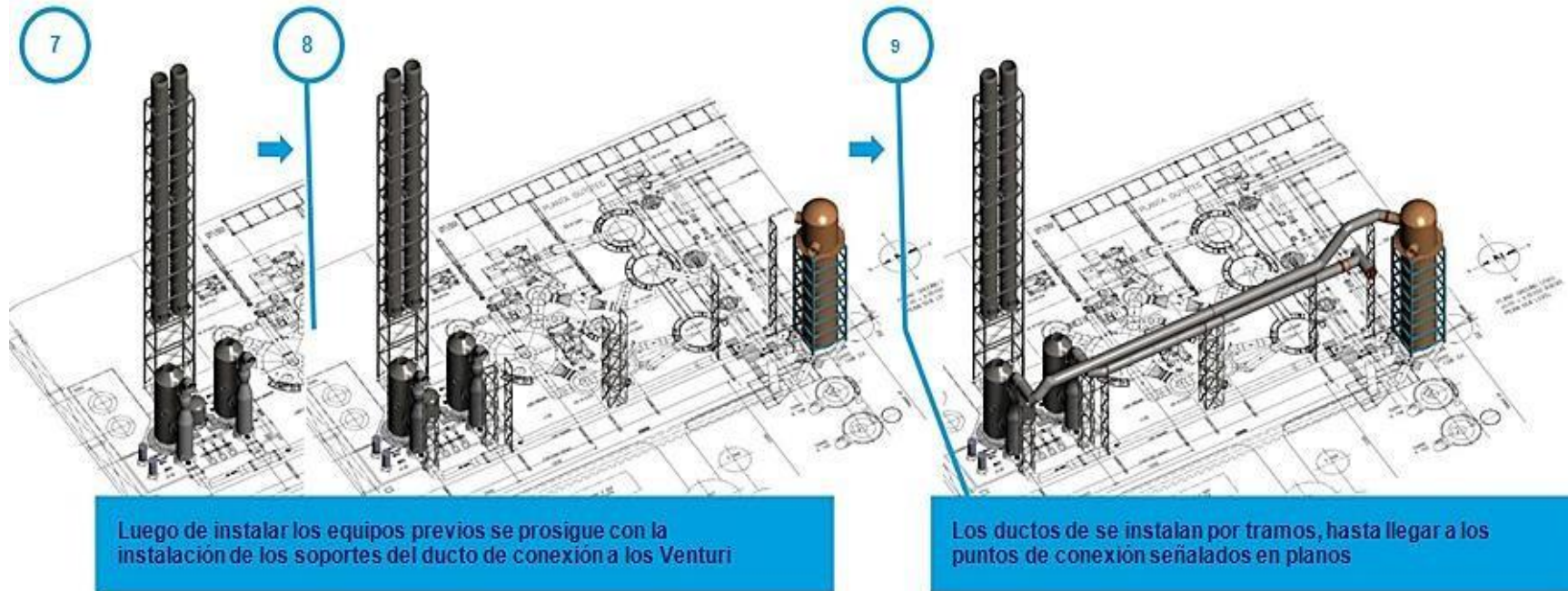
Se comienza con el montaje de la estructura y las chimeneas

Fuente: Votorantim

FIGURA N°19

Montaje Mecánico-Peracidox Scrubbing Plant

Secuencia de Montaje



Fuente:

FIGURA N°20

Montaje Mecánico-Peracidox Scrubbing Plant

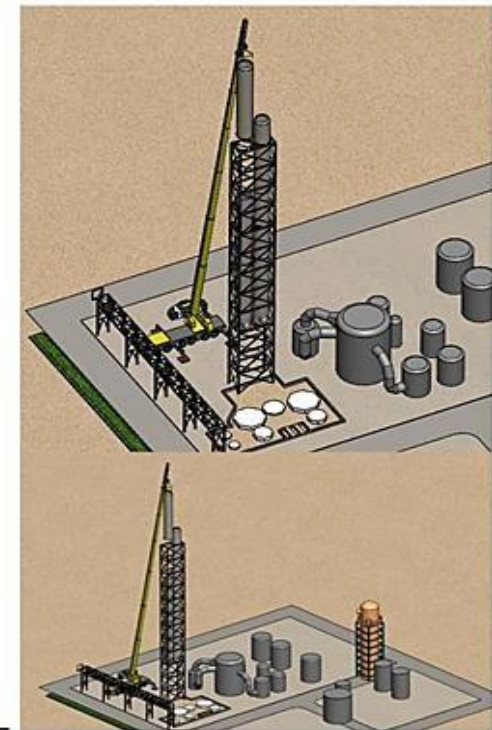
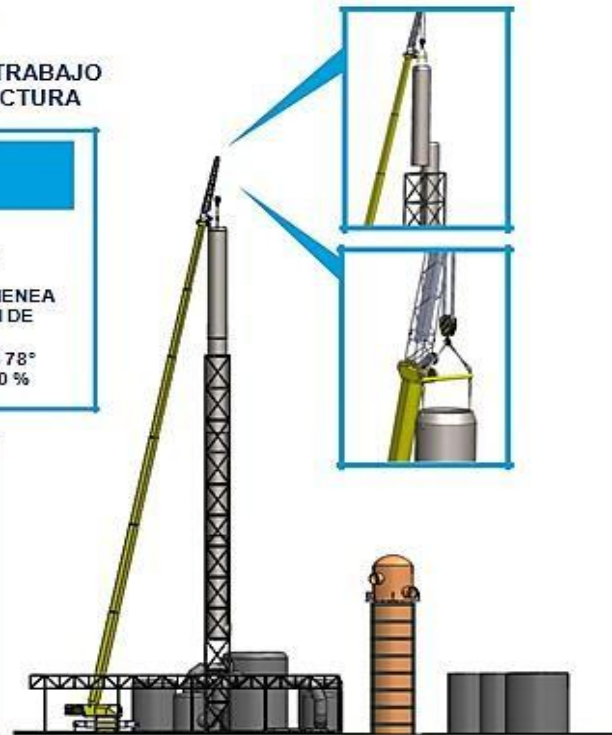
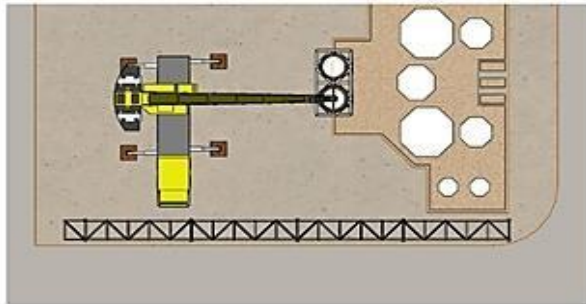
Montaje de la Chimenea y Estructura

SE CONDICIONA QUE LA GRUA DE 250t REALICE EL TRABAJO COMPLETO DE MONTAJE DE LA CHIMENEA Y ESTRUCTURA



MONTAJE DE TRAMOS DE LA CHIMENEA Y ESTRUCTURA

GRÚA DE 250t
EXISTEN CARGAS QUE DEBEN ELEVARSE HASTA 74m
PE SO DE IZAJE 4.3t POR CUERPO DE CHIMENEA
LA GRÚA NECESITA UNA CONFIGURACIÓN DE 72.1m DE BOOM + UN JIB DE 10.4m
EL ÁNGULO APROXIMADO DE LA GRÚA ES 78°
EL PORCENTAJE DE UTILIZACIÓN ES DE 60 %

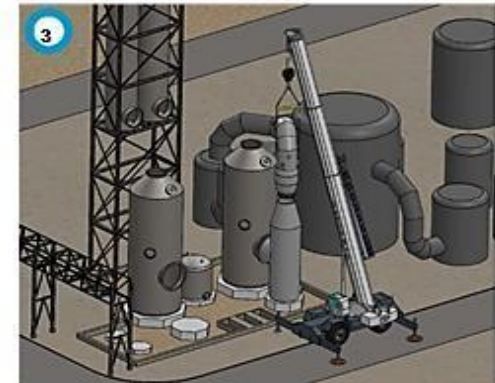
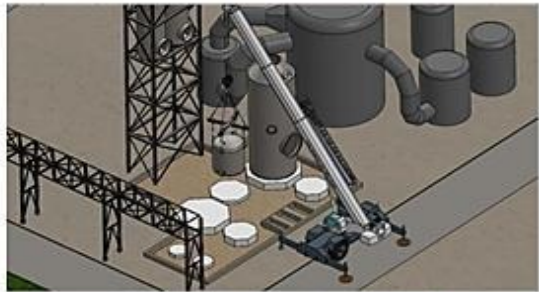


Fuente:

FIGURA N°21

Montaje Mecánico-Peracidox Scrubbing Plant

Montaje de Scrubber, Venturi y Tanque de Acido Sulfúrico

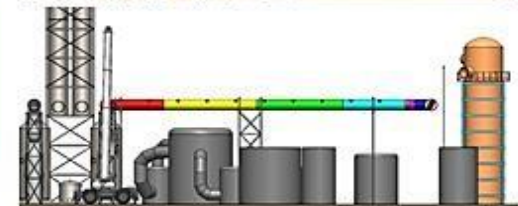
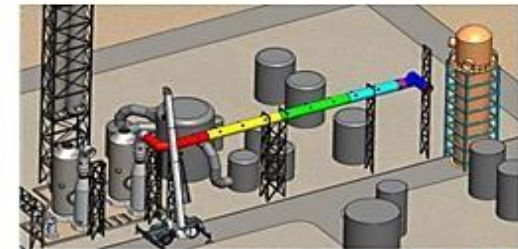
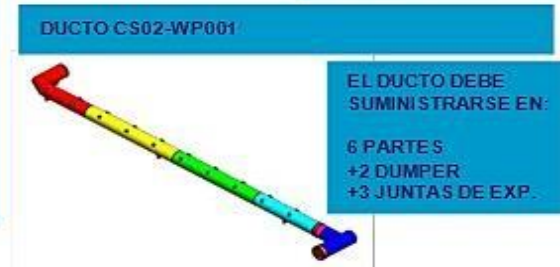
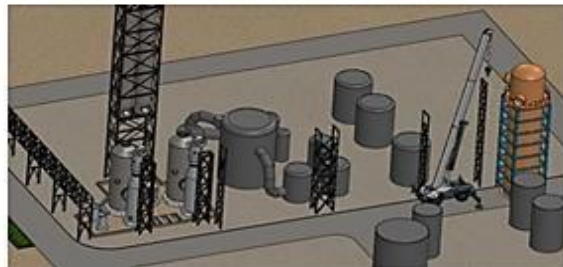
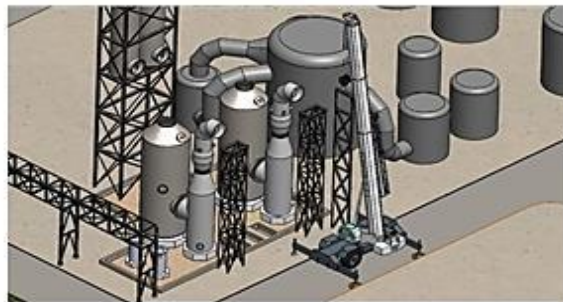


Fuente:

FIGURA N°22

Montaje Mecánico-Peracidox Scrubbing Plant

Montaje de Soporte de Ductos y Ductos



Fuente:

VI- Montaje de tuberías de poliéster reforzado con fibra de vidrio (prfv)

Las tuberías metálicas, están sujetas a corrosión si se instalan en suelos poco aireados, mal drenados y de baja resistividad. El proceso de corrosión también se acelera ante la presencia de bacterias reductoras de sulfatos.

Todos estos problemas se pueden paliar e incluso eliminar mediante una cuidadosa selección de materiales resistentes a la corrosión o a través de la incorporación de sistemas de protección anticorrosiva en el propio diseño de la tubería.

Las tuberías de Poliéster Reforzado con Fibra de Vidrio (PRFV) son una buena solución, ya que son resistentes a la corrosión.

El rendimiento, la fiabilidad y la seguridad de las tuberías de PRFV están avalados por más de cuarenta años de experiencia en el diseño y el uso de las mismas como sistemas de transporte de fluidos.

Montaje de Tubería PRFV

Las tuberías serán llevadas al lugar de montaje donde se seguirán las mismas instrucciones respecto a la conservación de las piezas que los seguidos en su almacenaje temporal, los spools serán liberados a fin de garantizar que ninguno de estos esté observado y estén limpios de

cuerpos extraños como guantes, herramientas, maderas, etc. De esta forma los spool serán mantenidos con sus protecciones y cierres colocados hasta el momento mismo de su instalación.

Previo al montaje de tubería que va a conectar a un equipo, el responsable del montaje deberá asegurarse que la instalación del equipo ha sido concluida y su orientación, verticalización o nivelación han sido verificadas.

Las conexiones que van hacia los equipos estacionarios y rotativos deben de tener todas las conexiones libres de tensión, contemplándose el margen total para la contracción durante la soldadura.

No se permitirá tensión en frío o forzamiento de tuberías de interconexión para completar las juntas.

Si los ajustes de las boquillas de alineación de las bombas y equipos se vieran afectada de alguna manera como resultado de una instalación incorrecta, entonces el contratista será responsable de cualquier y toda acción correctiva.

Métodos de Montaje de Tubería Recta (Línea)

Primeramente se armaran y soldaran varillones de dos tubos, utilizando para ello caballetes metálicos y reguladores, para luego ser montadas a su eje correspondientes

Cuando los varillones están en eje se deben soldar entre ellos, para ello se utilizarán camión grúa con ayuda de tecles cadena o ratchet.

Uniones Bridadas

Antes de comenzar a apernar se deben examinar las caras de las bridas. Estas deben estar como nuevas y se deberán haber limpiado de cualquier desecho, exceso de aceite, grasa y suciedad. Restaurar las caras de las bridas dañadas a una condición optima (como nueva). No se deben de efectuar reparaciones con soldaduras o caras bridadas a menos que haya sido autorizado antes por la ingeniería de materiales de tuberías del cliente.

Para el apriete de los pernos en los empalmes bridados es preciso utilizar una secuencia lógica que nos asegure una compresión pareja de la empaquetadura según indicación de la norma ASME B16.5. La secuencia como se instalará y se aplicará el torque a los pernos será de la siguiente manera:

- * Instalar todos los pernos en las bridas y apretar manualmente al máximo, asegurándose que el número de hilos sobresalientes de la tuerca sea el mismo en cada lado.
- * Seleccionar una posición del perno que será el punto de partida de la secuencia de torque.
- * Seguir la secuencia correcta, indicada en las figuras descritas líneas abajo.
- * En el primer ciclo, apriete moderadamente los pernos utilizando llaves de tuerca, pero no tan apretados como para deformar las bridas
- * Repita el ciclo (algunos pernos se habrán soltado) aplicando más torque que en la primera ocasión.
- * Continúe repitiendo el ciclo hasta que el torque de todos los pernos alcance su valor correcto y no se aflojen al apretar otros en su misma secuencia.

Conexión flangeada de 20 pernos conexión flangeada de 24 pernos

Todas las juntas que hayan sido terminadas de soldar serán descubiertas hasta el término de la prueba de presión y fuga en terreno a menos que se requiera un relleno parcial para la línea de anclaje. Las tuberías deberán de ser probadas una vez terminado el fraguado de los soportes de asiento (dados de concreto). Cualquier desviación tendrá que ser aprobada por el cliente.

No se aplicara ningún tipo de recubrimiento a las juntas soldadas hasta que las pruebas hayan sido finalizadas.

Los soportes estarán colocadas según disposición de los planos de tubería del proyecto, las empaquetaduras serán usadas solo una vez.

Los soportes de resorte serán colocados según especificación del fabricante, los que serán bloqueados hasta su uso después de las pruebas de presión.

Montaje de tuberías de servicios de diámetro menor en acero al carbono.

Almacenamiento de Materiales

* Recepcionar, inspeccionar y almacenar los materiales entregados en obra, se deberá tener en cuenta las condiciones de recepción de todos los materiales suministrados, haciéndose una reporte de esta recepción donde se resaltara el estado de entrega de estos materiales, cumplimiento de las especificaciones del proyecto, los materiales no tendrán que sufrir ninguna substitución en cuanto a lo que se refiere a tuberías, pernería, accesorios, válvulas (en relación a diámetros, tipo, grado y espesores) salvo las especificaciones de ingeniería de tuberías del proyecto lo indiquen.

* Para las tuberías y demás accesorios se dispondrá de un área donde se evite la exposición de estos a la intemperie, o algún tipo de contaminación, dentro del área de almacenamiento se deberán de separar las tuberías y demás accesorios por diámetro, grado, tipo y espesores.

* Los materiales permanentes deben contar con la adecuada protección física previa a su uso. Así, todas las caras de las bridas, extremos roscados y otras superficies mecanizadas se protegerán con tapones de madera, plástico u otros elementos para prevenir la oxidación y los golpes.

Manipuleo

* Los ganchos, grampas y demás accesorios que se empleen para la carga y descarga de tuberías, deberán contar con protección adecuada tal que se evite daños al recubrimiento y al bisel. No se usaran elementos que puedan dañar físicamente al tubo o al revestimiento.

La soga de maniobra no deberá tener ningún nudo.

* El equipamiento no deberá tener partes metálicas sobresalientes u otras superficies que puedan dañar el revestimiento del tubo. El equipamiento usado en el manejo, transporte, almacenaje y acopio de la tubería deberá ser revestido para evitar el daño a los tubos o al revestimiento.

* El izaje o las maniobras deberán ser ejecutados adecuadamente, evitando impactos sobre la carga, se debe evitar abolladuras, aplastamiento, deformaciones, arrastre, patinado o caída de tubos, se evitará también daños en el revestimiento o en los extremos del tubo.

* Cada tubo deberá ser levantado y bajado en posición horizontal con suficiente capacidad en el equipo de izaje, sin dejarlo caer y/o arrastrarlo. Las plataformas de los camiones o tráilers estarán libres de escombros que puedan dañar los tubos durante el acarreo.

* Todos los listones de apoyo deben estar exentos de suciedad, oxidación, clavos, costras, escamas, laminillas u otro material que pueda dañar el revestimiento del tubo, antes de usarlos.

* La aproximación de un tubo a otro previo al apuntalamiento se realizaran con medios mecánicos (Pórticos, caballetes, tecles con ratchet, tecles de cadena, tirfor, eslingas). Cuando dicha aproximación resulta difícil por acceso o por seguridad el mismo se realizara con apoyo de un camión grúa.

Carga y descarga

Para manipular tubos, y accesorios, en la carga y descarga se considerará lo siguiente:

- * El izado se llevara a cabo poniendo las eslingas en los extremos de los tubos, verificando que estén bien ubicadas de modo tal que no se deslicen ó zafen durante la operación.

- * Los dispositivos para el izaje permitirá mantener en todo momento el tubo en posición horizontal.

- * La descarga de tubos en el punto de trabajo será ejecutada sobre tacos de madera.

Transporte

- * El supervisor responsable proveerá los permisos que pudiera corresponder para el transporte de cargas por sobre ancho, extra largo o sobrepeso.

- * El vehículo de traslado es responsable de las cargas transportadas dentro de toda la ruta, vías principales, vías secundarias, etc.

* Está terminantemente prohibido amarrar los tubos con alambre de acero u otro material, para este caso se utilizaran fajas ratchet.

* La cantidad de tubos a ser transportados sobre los camiones y a ser apilados dependerá del diámetro, el espesor y de las condiciones del terreno donde serán desfilados los tubos.

* Los camiones serán inspeccionados periódicamente por el conductor antes de iniciar las actividades a través del Check List y generara los permisos correspondientes.

Instalación

Se planificará de acuerdo al material a recepcionar y al lugar, la forma de instalar los tubos, considerando que deberá ser la más adecuada para las actividades a desarrollar con posterioridad a la instalación misma. Para la instalación de tubos se considerará lo siguiente:

* Los tubos de acero no se desfilaran directamente sobre el terreno, se colocaran sobre tacos de madera y reposarán por lo menos sobre dos puntos de soporte (Dependiendo las condiciones).

Los tubos serán descargados con Grúa o camión grúa.

Desfile en lugares próximos al de su instalación final

* En zonas donde la actividad es tal que la instalación continuo de las tuberías no se pueda realizar por un tema de proceso constructivo, la instalación de tubos se realizará preferentemente en áreas próximas que posibiliten la elaboración del varillón o parte del mismo durante el proceso de soldadura, para luego proceder a “desfilar” el varillón hasta su zona de aplicación.

* Para el traslado de los varillones se hará uso de camión plataforma con la finalidad de evitar cualquier tipo de daño al tubo.

Corte de Niples y Preparación del Bisel

La dimensión de los niples se calcula sobre la base de las dimensiones entre ejes de tubería indicadas en los respectivos croquis isométricos, menos la medida abarcada por los accesorios, más la sobre medida para compensar el amolado posterior al corte (si este amolado fuera necesario). Asimismo se debe descontar de la longitud teórica del niple, la luz para la soldadura de acuerdo al bisel especificado en el instructivo de soldadura adoptado.

El corte de la tubería tratándose de acero al carbono es realizado por medios mecánicos (herramientas de corte, aserrado, disco abrasivo) o por fusión (soplete de oxígeno + gas combustible, arco eléctrico).

La preparación de las juntas soldadas deberá ser hecha por maquinado, esmeril, o corte térmico. Cuando se use el corte térmico, las superficies de la junta deberán ser limpiadas mecánicamente a metal brillante antes de la soldadura. La superficie limpia deberá extenderse por lo menos 25 mm más allá de la superficie inferior tocada por el arco.

El bisel para la soldadura a tope es preparado de acuerdo a los ángulos y dimensiones indicados en el instructivo de soldadura calificado. Se utilizarán rodillos colocados en ambos extremos del tubo a biselar a fin de poder girar el tubo sobre su eje, esto permitirá que el operario biselador pueda realizar su trabajo en una posición cómoda mejorando los resultados en el biselado.

Las superficies y bordes a ser soldados deberán estar lisos, uniformes y libres de rebabas, roturas, fisuras u otros defectos que afecten desfavorablemente la calidad o resistencia de la soldadura.

Las superficies a soldarse deberán estar secas y protegidas de la lluvia, nieve y vientos fuertes.

Ninguna soldadura deberá ser llevada a cabo cuando las partes a soldar estén húmedas o durante periodos de vientos fuertes (si se trabaja a la intemperie), a menos que el soldador y el trabajo estén debidamente protegidos.

Los chaflanes (biseles) de preparación para la soldadura en los extremos de los tubos se mecanizan teniendo cuidado de no producir entallas o ranuras profundas en el interior. Los bordes a soldarse deben quedar lisos y uniformes, libres de escorias y cascarillas antes de ser soldados. Los tipos de biseles se determinan según lo indicado en el Código ASME Sección IX y el WPS establecido.

Preparación de la Junta a Soldar

No es aceptable el uso de platinas de soporte permanentes. Sin embargo el uso de un dispositivo temporal de apoyo está permitido, siempre y cuando la composición química del material de soldadura no sea afectada por la platina de apoyo. La platina deberá ser retirada sin dañar el material circundante. Las áreas involucradas deberán ser esmeriladas al ras y limpiadas después de su remoción.

Para el montaje de las tuberías las tolerancias lineales no son acumulativas, las siguientes tolerancias dimensionales se toman de referencia (ASME B31.3) en la fabricación de tuberías:

* Adelgazamiento de las paredes y ovalamiento en los dobleces.

El adelgazamiento máximo permitido en las paredes no debe exceder del 10% de espesor nominal de la pared.

* Alineación de la cara de la brida.

La máxima desviación, medida en cualquier dirección, no debe exceder de medio grado ($1/2^\circ$).

* Posición de los agujeros para pernos en las tuberías con bridas.

La máxima desviación permitida de la posición requerida medida a lo largo del círculo de agujeros es de 1.5 mm.

* Cuando el desalineamiento interno exceda de $1/16"$ (1.6 mm), se rebaja con esmeril la superficie interior de la tubería de la parte más gruesa, de modo que la junta quede dentro de la tolerancia.

* Cuando el desalineamiento interno no exceda de $1/16"$ (1.6 mm) se puede soldar sin necesidad de modificar la junta.

* Se biselara las juntas que van a ser soldadas en terreno, los extremos de los componentes de cañerías a ser soldados a tope (Butt Weld) son alineados con tanta exactitud como sea posible, de forma tal que las superficies interiores de los componentes queden aproximadamente a ras.

Alineamiento de tuberías

El alineamiento se realizara utilizando pórticos metálicos y eslingas.

No se preparan ni sueldan dos elementos que se compruebe una vez ensamblados van a exceder las tolerancias permitidas. Estos desalineamientos se corrigen de manera pertinente siempre que ello no repercuta sobre otras tolerancias de fabricación o reduzca espesores de pared por debajo del mínimo especificado. Los criterios de desalineamiento interno deberán ser:

* De tubo a tubo o de tubo a accesorio NPS 24 y menores: 1.5 mm de desviación.

* De tubo a tubo o de tubo a accesorio NPS 26 y mayores: 1.5 mm de desviación.

Armado de la Junta

Preparadas y alineadas los componentes de una junta se procederá al punteado (tack-weld) para preservar la alineación durante la soldadura (el punto se realizara utilizando una máquina de soldar.)

Los puntos de soldadura serán como sea requerido pero con un mínimo de una puntada en cada cuadrante. La longitud del punto de soldadura no será inferior a 10mm.

De ser el caso para el alineamiento de la tubería se utilizara grampas.

Los puntos de soldadura serán realizados por un soldador calificado utilizando el mismo electrodo o un equivalente al electrodo a utilizar en la primera pasada.

Toda puntada que se fisure durante el proceso de soldadura será removida

Antes de realizar las soldaduras tipo Socket Weld se deberá tener en cuenta que debe existir una luz de 1/16" como mínimo entre la tubería y el accesorio, no siendo esta luz 1/16" tomada como valor único exacto.

Procesos de Soldadura

Para el caso de Tuberías de acero al carbono serán aplicables cualquiera de los siguientes procesos de soldadura:

- * Manual por arco eléctrico con electrodo revestido (SMAW-Shielded metal arc welding).
- * Semiautomático con alimentación continua de alambre de aporte y atmósfera protectora de gas o mezcla de gases, por lo general CO₂ (GMAW-gas metal arc welding).

* Con electrodo de tungsteno, aporte de material con varilla y atmósfera protectora de gas o mezcla de gases, por lo general argón (GTAW-gas tungsten arc welding).

Uniones Soldadas

Durante el proceso de montaje se evitará mover un tramo de tubería si no se han completado todas las pasadas de soldadura. Si fuera inevitable, y tratándose de elementos no voluminosos, se podrá mover la pieza una vez efectuada la soldadura de raíz y una segunda pasada completa.

La codificación de las juntas soldadas tanto en terreno como en el taller estará a cargo del departamento de control de calidad, la forma como se codificarán estas será de la siguiente manera:

* Durante el montaje se le colocara un numero de junta la cual estará claramente identificada en los planos de tubería, aquí se mostraran los totales de las juntas soldadas.

* La estampa de los soldadores que han participado en el soldeo de esta junta.

* El nombre o código de la línea de servicio de acuerdo a los Diagramas de Proceso e Instrumentación (P&ID).

Juntas Roscadas

Para tuberías de acero al carbono e inoxidable, se utilizará un compuesto para roscas para conexiones roscadas a las que no se les va a aplicar soldadura de sello. Aplicar soldadura de sello a las juntas roscadas sólo donde se requiera. No utilizar el compuesto para roscas en las juntas a las que se les va a aplicar soldadura de sello (Ficha técnica – fijador de roscas PERMATEX).

Las tuberías roscadas deberán estar libres de protuberancias y rebabas. Los extremos de los tubos serán escariados o fileteados, según el tamaño del diámetro interior y se retirarán todos los fragmentos pequeños. Las bridas roscadas no se enroscarán en el tubo más allá de la cara de las mismas.

No aplicar pintura o aislamiento sobre las juntas hasta que los ensayos no destructivos pruebas de flushing e hidrostática hayan terminado.

Las empaquetaduras sobre las juntas con bridas, sólo se utilizarán una vez.

Se usará la roscadora compacta modelo 300 marca ridgid.

Instalación de Soportes

- * Antes de que los soportes sean colocados, estos serán inspeccionados.
- * Los soportes pueden ser de diferente tipo, con fijación a las estructuras, paredes o suelo.
- * La instalación se realizara con ayuda de camión Hiab, en los puntos que determine construcción.

Controles de Calidad

Instructivo de soldadura y calificación de Soldadores

- * Los instructivos de soldadura y los soldadores serán calificados de acuerdo a lo estipulado en ASME Sección IX (Welding and brazing qualifications).
- * Los instructivos de soldadura (PQR) ya calificados serán aplicables con los alcances y limitaciones establecidos en el mencionado Código y en ANSI B.31.3., esto para spools y líneas.
- * Todo soldador deberá tener homologación vigente en el instructivo de soldadura a implementar en el proyecto.
- * El soldador será recalificado cuando se reincorpore a la obra después de un período mayor de seis meses de su desvinculación o ausencia, ó cuando el Supervisor de Soldadura.

* Inspección de Obra tengan fundadas razones para cuestionar la idoneidad del soldador para realizar satisfactoriamente las soldaduras de acuerdo al instructivo para el que fuera previamente calificado.

* A cada uno de los soldadores calificados se le asignará una estampa la cual se estampará al lado de las soldaduras por él realizadas. Si más de un soldador interviniera en la realización de una costura, cada uno estampará su símbolo de forma tal que quede claramente indicada la parte de soldadura que haya ejecutado cada uno.

* Los supervisores de Calidad llevaran el estatus de los registros respectivos, así como el Welding Map de cada spool, tanto en taller como campo.

Controles y Ensayos

Los controles y ensayos tendrán por objeto asegurar a la Inspección de Obra, la cual ha sido realizada de acuerdo a los requerimientos establecidos:

* Los croquis isométricos y planos de tuberías.

* Los controles y ensayos a realizar, según las Especificaciones técnicas del proyecto.

* Conformidad de los materiales utilizados con los indicados en la lista de materiales de cada isométrico, tanto en spools como en líneas.

- * Inspección visual de las soldaduras en proceso y terminadas, tanto en spools como en líneas.
- * Verificar que se coloque la estampa de los soldadores en cada una de las costuras, tanto en spools como en líneas.
- * Identificación de spools.
- * Control y registro de ensayos no destructivos, tanto en spools como en líneas.
- * Verificación de las protecciones adecuadas de cada spool para traslado y almacenamiento.
- * Los spools se inspeccionaran visualmente de acuerdo a los requerimientos del ASME B31.3.
- * Si los Ensayos no destructivos (END) a aplicar a la soldadura se facilitan en la etapa de fabricación, se procederá a los mismos antes del montaje en su ubicación definitiva. Los ensayos a aplicar son Líquidos penetrantes y Ultrasonido dependiendo del tipo de junta, se realizará inspección visual al 100% de las juntas de spools.

Inspección Visual

Se realizará durante la presentación, el proceso de su ejecución y finalización, teniendo en cuenta los siguientes puntos:

Inspección antes de soldar:

- * Revisar planos , especificaciones, Especificación de Instructivo (WPS) y calificación de personal (WPQ)
- * Verificar que las condiciones atmosféricas no sean desfavorables, excesivo viento, lluvia.
- * Chequear calificación de instructivos y personal a ser utilizado
- * Revisar materiales a ser utilizados
- * Chequear discontinuidades en metal base
- * Chequear la limpieza en los bordes de la unión, que estén libres de la presencia de óxidos, pintura o grasa.
- * Chequear biseles y alineamiento entre juntas a soldar
- * El alineamiento de las juntas a tope será de acuerdo al código y especificación aplicable, pero los valores máximos de desalineamiento (High Low) serán los siguientes:
 - * Para planchas hasta $\frac{1}{4}$ " de espesor, $\frac{1}{16}$ "
 - * Para planchas de espesor mayores a $\frac{1}{4}$ ", el 25% del espesor de plancha ó $\frac{1}{8}$ " cualquiera que sea el menor.
 - * Para tuberías el desalineamiento máximo es $\frac{1}{16}$ ".

Inspección durante la Soldadura:

- * Controlar durante el proceso los parámetros establecidos de acuerdo a instructivo (Precalentamiento, temperatura entre pasadas, limpieza entre cordones, amperaje, polaridad, voltaje y otros).

- * El pre-calentamiento de la junta a soldar se controlara con la ayuda de un pirómetro.
- * Verificar el uso de hornos para electrodos de bajo hidrogeno.
- * Verificar la Calidad en el Primer pase raíz.
- * Preparación de la junta de raíz antes de realizar el segundo pase (limpieza mecánica).
- * Calidad de soldadura de las diferentes capas
- * Limpieza entre pasadas

Inspección después de Soldar:

- * Revisar el acabo final de la soldadura.
- * Medir el sobre espesor de la soldadura la cual debe estar entre 1 a 3 mm, no debe sobrepasar los 5 mm.
- * Revisar la soldadura aplicada, verificando que las desviaciones encontradas no excedan las tolerancias de las normas técnicas o especificaciones.
- * Revisa la limpieza de la soldadura, verificando la eliminación de escoria, perlado, etc.
- * En caso de no estar conforme con ninguna de las inspecciones de los ítems anteriores, el supervisor de control de calidad ordenata se realice la reparación inmediata de la junta.
- * Las juntas reparadas se hará su seguimiento y re-inspección respectiva hasta su levantamiento.

Inspección de Uniones Roscadas:

- * Siempre se deberá inspeccionar todas las uniones para asegurarse de que el accesorio esté correctamente instalado.
- * Las tuberías/conexiones sub dimensionadas o sobredimensionadas, las roscas de poco profundidad, los accesorios desalineados y golpeados, son inaceptables. Cualquiera de estas condiciones se debe corregir antes de presurizar el sistema.
- * Si no sigue estas instrucciones existe riesgo de lesiones personales graves, daños a la propiedad, filtraciones en las uniones y/o fallas en las uniones.
- * Siempre Inspeccione nuevamente las uniones antes y después de las pruebas en terreno para identificar los posibles puntos de falla. Si detecta alguna falla, despresurice el sistema y reemplace las uniones dudosas.

FIGURA N° 23
MONTAJE DE TUBERIAS



Fuente: Votorantim

FIGURA N°24
MONTAJE DE TUBERIAS



Fuente: Votorantim

Pasos de identificación de la problematización:

Identificación de problemas de desempeño y de las áreas donde se ubican los mismos.

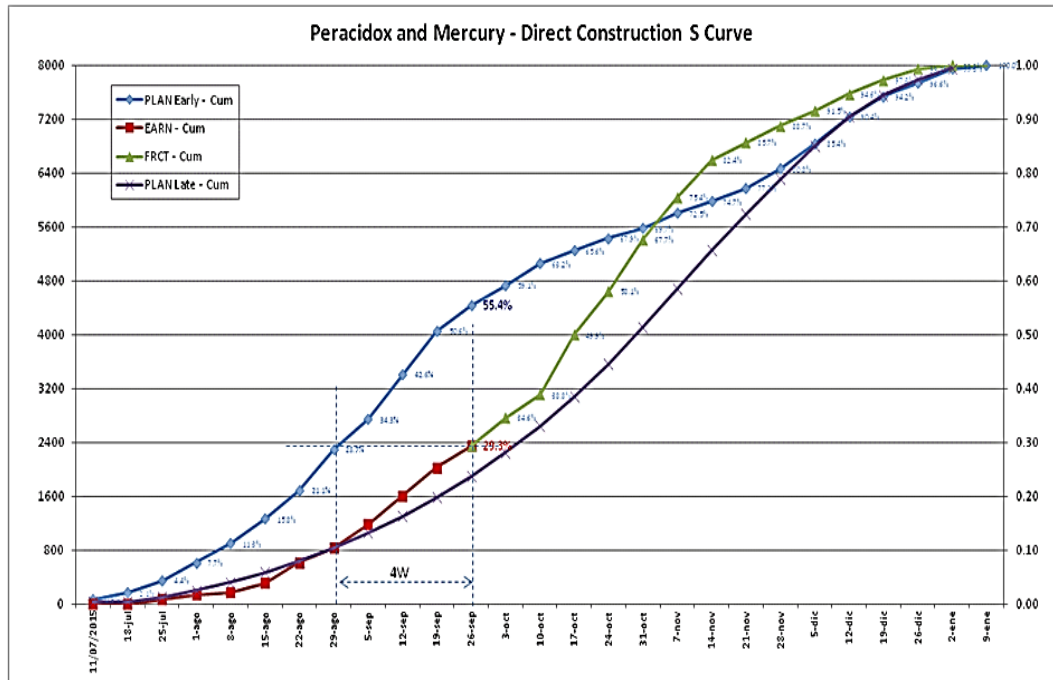
El problema es la diferencia entre la situación actual y la situación deseada.

Los problemas identificados deben salir como resultado de la aplicación de los instrumentos y la ejecución de la supervisión.

Basándose en el análisis de los problemas priorizados, el equipo de trabajo debe plantear soluciones estableciendo los niveles de responsabilidad.

La curva "S" permite comparar el avance real vs el avance planificado, con el propósito de establecer las desviaciones del proyecto y tomar acciones correctivas.

FIGURA N°25
CURVA S DEL PROYECTO DE MONTAJE



Fuente : Votorantim

Esta identificación de problemas, se debe iniciar con la priorización de entrega de equipos mecánicos y materiales piping, los mismos que se encuentran incluidos en el Plan de Construcción.

Estos principales problemas son:

- Pendiente llegada de equipos mecánicos, a confirmar fecha por el área de Procura Outotec
- Pendiente llegada de materiales piping a confirmar por área de Procura Outotec
- Entrega de planos isométricos por el área de Ingeniería Outotec
- Pendiente entrega de MTO's por área de Ingeniería Outotec.

4.6.3.FASE III : Proceso de soldadura,retoque pintura y control de calidad.

A) Proceso de soldadura

* Se contará con las Especificaciones de Procedimiento de Soldadura (EPS), con soldadores calificados antes del inicio de proceso de soldeo.

* El proceso de soldeo de los componentes de los elementos estructurales será ejecutado siguiendo lo indicado en el procedimiento de soldadura calificado y los detalles de soldadura indicados en los planos correspondientes.

* Para el almacenaje de los electrodos de bajo hidrogeno, se contará con hornos portátiles para los soldadores.

Soldadura en obra

La soldadura en obra será realizada con soldadores calificados y siguiendo las indicaciones del código AWS D1.1

Para la aplicación de soldadura en obra, es necesario retirar la pintura 5 cm a cada lado de la línea de soldeo para evitar porosidades y contaminación del cordón.

B) Limpieza mecánica

* La limpieza mecánica se realizara con herramientas manuales como son cinces, esmeriles, motas, etc. Para eliminar toda imperfección del acero, como salpicadura de soldadura, rebabas, filos cortantes, de laminación del acero, hasta obtener una superficie preparada para la aplicación de pintura.

Preparación superficial y pintado

Normativa aplicable.

* Para la preparación superficial aplicaremos las normas SSPC- SP5 “Granallado” según lo describa la propuesta técnica-económica.

* Para la medición de espesores de película seca se aplicara la norma SSPC-PA-2, la cual indica que pueden existir spot de medición de 20% menos del espesor especificado. Entendiéndose por “spot” al promedio de 3 mediciones realizadas en un área de 1.5” de diámetro.

Preparación superficial.

Toda la superficie que será protegida por pintura deberá ser sometida a una técnica de preparación superficial que puede realizarse con un chorro abrasivo de granalla, estas especificaciones tendrán en cuenta lo siguiente:

Preparación previa de superficie:

Como mínimo se deben limpiar los elementos previamente a la preparación de su superficie (según norma SSPC-SP1), lo cual incluye el remover todo depósito visible de aceite o grasa con espátula (en caso esté impregnada); luego de ello los elementos se deberán lavar con agua y detergente industrial (Norma de Referencia ASTM D 3276).

Para el caso de superficies imprimadas con pintura base, sobre la cual se haya realizado trabajos posteriores como soldadura, corte u otro, o se hayan contaminado por agentes del medio ambiente, se debe realizar un hidrolavado puntual con agua potable; luego de ello la superficie deberá ser secada con paños secos antes de colocar las capas subsiguientes de pintura.

Preparación de superficie:

La preparación de superficie especificada será de la siguiente manera:

Almacenes: Corresponden a lugares donde los periodos de mantenimiento de pintura deben ser más espaciados, se empleará chorro abrasivo al metal casi blanco (Norma SSPC-SP5), el perfil de rugosidad será de 2.0 a 2.5 mils (Medido de acuerdo a Norma ASTM D 4417, método C).

El abrasivo a utilizar para la preparación de superficie deberá ser granalla metálica de tipo angular o esférica limpia, seca y libre de todo contaminante. La misma deberá cumplir los requerimientos de los estándares SSPC AB 1/2/3, según sea el caso y deberá tener una conductividad menor a 1000 S/cm.

Después de la preparación de la superficie deberá medirse la presencia de sales contaminantes en la superficie preparada, la cual deberá tener una concentración menor de 50 ppm de iones-cloruros para superficies que estarán expuestas al medio ambiente. Dicha medición deberá hacerse en forma aleatoria.

Las condiciones ambientales al inicio y durante la preparación de las superficies deberán ser las óptimas (Método de Prueba ASTM E337).

Ningún tipo de preparación de superficie deberá realizarse sí:

* La humedad relativa es mayor al 85%.

* La temperatura de superficie es menor en 3°C a la temperatura de rocío.

La superficie deberá ser pintada dentro de las 03 horas después de su preparación o “blasting”. Si la oxidación o degradación del nivel de limpieza alcanzado inicialmente ocurre entre el “blasting” y la aplicación del primer, se deberá de realizar el “blasting” nuevamente.

Antes de aplicar cada capa de pintura respectiva, la superficie o capa de pintura (en el caso de la 2da o 3ra mano) deberá estar libre de polvo (Nivel de polvo permitido: Máximo nivel 2, según estándar ISO 8502-3), grasa y materia extraña. Para ello la preparación de superficie especificada debe ser evaluada por el inspector de calidad y/o pintura inmediatamente antes de la aplicación de recubrimientos

El operario responsable de la Preparación de Superficie, deberá conocer y aplicar lo requerido por las normas SSPC-SP1 – SSPC-SP5 – SSPC- SP10 de preparación de superficie, pudiendo identificar los diversos

patrones de limpieza y lograr mediante la técnica adecuada cumplir con éstos requerimientos.

Los supervisores de pintura deben verificar que el grado de preparación de superficie sea el especificado:

La superficie exterior arenada o granallada debe presentar el grado de preparación recomendado antes de aplicar cualquier recubrimiento (Uso opcional patrón visual SSPC-VIS 1).

Eliminar cualquier imperfección que pueda quedar luego del arenado, limpiando únicamente con aire a presión, previo a la aplicación del recubrimiento indicado.

Evitar contaminar la superficie preparada, de tener que manipular los elementos a pintar, utilizar guantes apropiados y limpios, así como caballetes adecuados.

de superficies con pintura fresca por efectos de polvo, salpicadura de pintura o cualquier otro contaminante.

C) Pintado.

El color de las estructuras deberá ser propuesto por el arquitecto proyectista y aprobado por el cliente. El color propuesto -de preferencia- debe ser seleccionado del catálogo de pinturas del proveedor escogido.

El sistema de pintado especificará lo siguiente:

- * Preparación de superficie: metal casi blanco (SSPC-SP5).
- * Número de capas : 03
- * Tipo de pintura por capas : Epóxica Poliaminoamida
- * Espesor de pintura por capas : 4 mils de EPS (Espesor de pintura seca)
- * Color por capa de pintura:
 - 1ra capa: 4 mils (Gris claro)
 - 2da capa: 8 mils (Gris oscuro)
 - 3ra capa: 2 mils (Color por definir)

La primera capa debe ser rica en zinc.El fabricante proveerá el correspondiente Certificado de Calidad del Producto.Se seguirán las especificaciones indicadas en la hoja técnica de los productos dadas por el fabricante de pintura, así como los siguientes lineamientos:

Si la superficie arenada o granallada presenta el grado de preparación recomendado instantes antes del inicio del pintado y si las condiciones ambientales son favorables, se dará inicio a la etapa.

Las condiciones ambientales de aplicación serán favorables cuando la temperatura de la superficie se encuentra 3 grados centígrados sobre la temperatura del punto de rocío y la humedad relativa sea inferior a 85%.

Sobre la superficie preparada se aplica con equipo a presión la primera capa de pintura (base imprimante) tan pronto como sea posible.

Si se deteriora la superficie preparada, ésta deberá ser nuevamente repasada con chorro abrasivo, según el estándar requerido.

Se verificará que no hallan zonas sin cubrir y/o con defectos de aplicación

Para el caso de herramientas manuales de aplicación tales como: rodillos, brochas, etc., éstas deben ser resistentes a los solventes de la pintura a usar, así como del tipo y medidas adecuadas para la geometría del elemento a pintar.

Verificar que los productos seleccionados estén almacenados correctamente, en cantidad necesaria, con las etiquetas de los envases

visibles y tengan fácil acceso, estando el personal encargado, en capacidad de reconocer los tipos, marcas y componentes de cada producto indicado para la preparación y mezclas adecuadas.

Verificar que los lotes de fabricación del producto no tengan una antigüedad mayor a 1 año, de lo contrario se consultará al asesor técnico para que evalúe la utilización del producto o en todo caso lo reemplace con anticipación.

El operario aplicador debe conocer y tener la habilidad de aplicar la pintura en traslapes uniformes y controlar regularmente los espesores de película húmeda de pintura (EPH) hasta ajustar su velocidad de aplicación y llegar al espesor requerido.

Respetar los tiempos de repintado mínimo o máximo -para cada tipo y capa de pintura- indicado en sus hojas técnicas, para evitar problemas de adherencia entre capas.

Todos los filos, bordes, cordones de soldadura, pernos, tuercas, etc., se deberán reforzar con una capa de pintura (strip-coat) aplicada con brocha, previamente a la aplicación de la capa intermedia o final.

Los recubrimientos con pintura deben tener un tiempo de secado mínimo antes de aplicar la siguiente capa de pintura, manipular o poner en servicio (transporte y/o montaje), por lo cual se debe revisar la información entregada por el fabricante de la misma.

Control de Sistema de Pintado.

Se verificará el espesor de pintura en húmedo y seco por capas, además se realizarán Pruebas de Adherencia en forma aleatoria (por corte en superficies cilíndricas y probetas o dowells en superficies planas) si el cliente lo requiere.

Si se observan defectos de aplicación en las estructuras pintadas como chorreaduras, cáscara de naranja, pin holes, palometas, franjas claroscuros o inclusiones extrañas (pelos, hilachas, arena, etc.) serán rechazadas y corregidas adecuadamente.

Resanes de pintura

Luego del soldeo se procede a lijar y emparejar la superficie afectada, en la forma de “bajada de playa” para suavizar el desnivel entre pintura antigua y pintura recién aplicada.

En los resanes de pintura se garantiza el sistema de pintura especificado. Esta aplicación podrá realizarse con brocha, rodillo o equipo de presión con o sin mezcla de aire.

D) Control de calidad

Inspección y medición

El programa de control de calidad deberá ser aprobado por el cliente

Durante los procesos de fabricación y montaje se realizarán las siguientes inspecciones:

- * Inspección visual.
- * Inspección de materiales de acuerdo a las normas.
- * Inspección de procedimiento de soldadura de acuerdo a la WPS (Ensayos de tinta penetrante).
- * Inspección de trabajo y registros.

Las inspecciones y/o mediciones se realizarán en las siguientes etapas.

- * Recepción de materiales y productos: control dimensional e inspección visual.
- * Durante los diferentes procesos de fabricación: Corte, enderezado, Armado, Soldadura, Pre-ensamble y Pintura (Control dimensional, Control de Alineamiento, Control de Distorsiones e Inspección Visual de

Soldadura, Inspección visual de arenado, medición de espesores de pintura).

* Durante los procesos de montaje: Control Topográfico, Soldadura, Ajuste de pernos, resanes de pintura (inspección de niveles, verticalidad, alineamiento, inspección de ajuste de pernos, medición de espesor de pintura en resanes)

* Para realizar mediciones de control en los diferentes procesos de fabricación y ensayo, el Contratista deberá contar con equipos e instrumentos calibrados.

* De acuerdo a lo previamente mencionado, las inspecciones durante el proceso de fabricación podrán ser realizadas antes del ensamblaje, durante el ensamblaje, durante el proceso de soldadura y después del mismo para asegurar la calidad, los requisitos formulados y las especificaciones técnicas establecidas.

Pruebas y ensayos

Se realizaran ensayos No destructivos en juntas soldadas a tope y de penetración total, que soporten los mayores esfuerzos.

El tipo de prueba será determinado en coordinación con el cliente y de acuerdo a la aplicación de cada tipo de ensayo.

Equipos de control de calidad

- * Medidor de humedad y temperatura (digital).
- * Medidor de rugosidad.
- * Medidor de espesor de película húmeda.
- * Medidor de espesor de película seca (digital).

Ensayos y muestras no destructivas

- * Medición de perfil de rugosidad (ASTM D 4417 Método C).
- * Medición de espesor seco de pintura por capa (SSPC-PA2, ASTM-G12).
- * Verificar que la apariencia de la película seca de pintura, sea uniforme visualmente, libre de discontinuidades, burbujas craqueamiento, chorreaduras u otros defectos.
- * Análisis de cloruros de arena.

Manipulación, transporte y montaje

- * Las piezas pintadas no deben ser manipuladas o transportadas hasta que el recubrimiento aplicado haya curado o secado adecuadamente.
- * Para evitar daños en el recubrimiento se deberá usar estrobos, sogas o cadenas con fundas debidamente protegidos.

* Se usará durmientes de madera para el apilamiento y transporte de los elementos pintados de 3" x 3" de sección mínima.

Dossier de calidad

OUTOTEC al término del montaje de los elementos estructurales, entregará al cliente el Dossier de Calidad, el cual estará conformado por toda la documentación generada durante el proceso de construcción e inspección, ello garantizará el cumplimiento de los requisitos de este Plan de Calidad.

Seguridad y medio ambiente

El personal destinado a la ejecución del trabajo cumplirá satisfactoriamente con las normas de seguridad y de medio ambiente, asimismo, están capacitados para realizar trabajos en caliente, y cargas suspendidas con seguridad.

Es política de VMC, capacitar constantemente a su personal en políticas de calidad total, seguridad y de medio ambiente.

V.- EVALUACION TECNICO ECONOMICA

5.1. Evaluación Técnica

Para el montaje de la planta de lavado de gases, se requirió de personal profesional calificado los cuales se mencionan: ingenieros mecánicos, civiles, electricistas, instrumentistas, soldadores, profesionales colegiados y habilitados para ejercer su carrera profesional, técnicos calificados y homologados con los niveles tanto en soldadura como en técnicas destructivas y no destructivas.

Para el desarrollo de la supervisión del montaje de la planta de lavado de gases se necesitó del cumplimiento de las normas de fabricación de tanques en su proceso de construcción. Valiéndose para la supervisión de las normas API, AWS, ATMS, etc., con la cual avalan el proceso del montaje de la planta de lavado de gases.

El cumplimiento del cronograma de trabajo del montaje de la planta de lavado de gases no tuvo contratiempos ya que se realizó una adecuada coordinación con todas las partes involucradas, calidad, producción, logística y contratista.

Para el montaje de los equipos de la planta de lavado de gases se requirió de los servicios de terceros en el alquiler de los equipos de construcción, la cual permitió el montaje de acuerdo al cronograma de trabajo.

5.2. Evaluación Económica

La evaluación económica del proyecto de montaje de la planta de lavado de gases, involucro los costos directos y costos indirectos que a continuación se detallan:

TABLA N° 4
COSTOS DEL PROYECTO

Descripción		Presupuesto Línea Base	Forecast Octubre 2014
Item	Costos Directos		
1	Lavadores de gases - EPC	11,311,021	10,700,000
1.1	EPS Outotec	7,103,087	6,200,000
1.2	Construcción	4,207,934	4,500,000
1.2.1	Estructuras de acero	861,584	0
1.2.2	Ingeniería detalle	300,000	0
1.2.3	Montaje	2,796,350	0
1.2.4	Gerencia de la construcción	250,000	0
2	Equipos de peróxido de hidrógeno	1,364,600	1,465,000
2.1	Ingeniería detalle	89,000	89,000
2.2	Equipos y construcción	1,275,600	1,376,000
3	Alimentación eléctrica y SCI	917,982	917,982
3.1	Ingeniería detalle	100,000	100,000
3.2	Construcción	350,000	350,000
3.3	Equipo eléctricos, instrumentación y control	467,982	467,982
4	Costos del propietario	350,000	350,000
4.1	Supervisión	200,000	200,000
4.2	Otros (grúa, etc.)	150,000	150,000
5	Contingencia	1,949,285	1,949,285
6	Total	15,892,889	15,382,267
7	Aduanas e Impuestos	2,860,720	2,768,808
8	Total	18,753,609	18,151,075

Fuente : Votaratim

**TABLA N°5
COSTOS INDIRECTOS**

Descripción	Und	Cant	N° personas			P.U. USD	PARCIAL USD
Lavadores de Gases (Outotec)							
Dos Supervisores técnicos para supervisión de montaje para comisionamiento, start up y entrenamiento (8 hr de trabajo) - No incluye pasajes aéreos, ni hospedaje, ni alimentación, ni transporte	Glb	1				264,000.00	264,000.00
Pasaje aéreo: Alemania - Lima - Alemania (ida y vuelta)	Und	4	2			4,000.00	32,000.00
Hospedaje, alimentación y transporte desde hotel hasta obra	Sem	10	2			1,593.85	31,876.92
Sistema de almacenamiento de peróxido de hidrógeno (Quimtia)							
Un Supervisor técnico para comisionamiento, start up y entrenamiento	Glb	1				29,610.00	29,610.00
Supervisión para montaje							
Supervisor de montaje de Equipos eléctricos	Días	15	2			1,300.00	39,000.00
Supervisor de montaje de Equipos de instrumentación y control	Días	15	2			220.00	6,600.00
TOTAL REPRESENTANTES DEL VENDOR							403,086.92
Servicios de Supervisión de Construcción							
Descripción	Und	Cant	Mes	HH Mensuales	Participación %	Tarifa por Hora USD	PARCIAL USD
Staff							
Superintendente de Construcción - Ing. Especialista en Obras Civiles y Estructuras	Und	1	6	240	100%	105	151,200.00
Ingeniero Especialista Mecánico	Und	1	3	240	100%	105	75,600.00
Ingeniero Especialista Electricista-Instrumentista	Und	1	3	240	100%	105	75,600.00
Ingeniero de Seguridad Industrial y Salud Ocupacional	Und	1	6	240	100%	86	123,840.00
Ingeniero Control Proyecto	Und	1	6	240	100%	70	100,800.00
Ingeniero Asistente y de documentación	Und	1	6	240	100%	35	50,400.00
Gastos Administrativos e IT	Glb	1	6				78,000.00
Almuerzo	Glb	1	6				3,600.00
Mobilidad al site	Glb	1	6				21,000.00
TOTAL SERVICIOS DE SUPERVISIÓN DE CONSTRUCCIÓN (CM)							680,040.00

Fuente : Votorantim

TABLA N°6
ALQUILER DE EQUIPOS DE CONSTRUCCION

Item	Equipos de Construcción Necesarios	Cantidad Estimada	Tiempo en obra (mes)	Costo mensual	Parcial
1	Excavadora 320	1	0.7	\$ 16,320.00	\$ 10,880.00
2	Retroexcavadora	1	0.7	\$ 9,600.00	\$ 6,400.00
3	Volquete de 10 m ³	3	0.6	\$ 10,560.00	\$ 19,008.00
4	Rodillo Tandem	1	0.5	\$ 7,296.00	\$ 3,648.00
5	Mixer	8			\$ -
6	Bomba de Concreto	1	0.8	\$ 9,600.00	\$ 8,000.00
7	Vibradores de Concreto	3	1.0	\$ 986.88	\$ 2,960.64
8	Cisterna de Agua	1	2.0	\$ 20,983.26	\$ 41,966.52
9	Cisterna de Combustible	1	4.0	\$ 8,860.80	\$ 35,443.20
10	Bobcat	1	0.5	\$ 19,200.00	\$ 9,600.00
11	Camión Cama Baja	1	1.0	\$ 33,900.00	\$ 33,900.00
12	Camión Hiab 15TN	1	2.0	\$ 20,000.00	\$ 40,000.00
13	Grua de 250 TN	1			\$ -
14	Grua de 60 TN	1	2.0	\$ 44,000.00	\$ 88,000.00
15	Manlift	1	1.3	\$ 9,600.00	\$ 12,800.00
16	Montacargas 2 TN	1	0.8	\$ 9,600.00	\$ 8,000.00
17	Máquinas de Soldar 230 V/250	4	4.0	\$ 540.00	\$ 8,640.00
	Plataforma telescópica	1	2.0	\$ 22,500.00	\$ 45,000.00
18	Torre de Iluminación 4000 W	1	3.5		\$ 3.50
	Martillo de demolición de 1.2	2	1.0	\$ 4,056.96	\$ 8,113.92

	Otros equipos (eléctricos, instrumentación)			\$ 60,000.00
				442,363.7 8

Fuente : Votorantim

TABLA N°7
PRUEBAS Y ENSAYOS DEL MONTAJE

PRUEBAS DE ENSAYO						
Cant	Descripción	Unidad	Costo	Costo USD	Parcial USD	Total USD
180	Prueba de resistencia del concreto o calidad de mezcla	est	12.00	4.56	820.80	1,960.80
0.00	Ensayos de contenido de humedad	Glb	200.00	76.00	0.00	
0.00	Ensayos de compactación para agua potable, red de desagüe	Glb	500.00	190.00	0.00	
0.00	Pruebas hidráulicas para agua potable exterior	Glb		0.00	0.00	
0.00	Pruebas hidráulicas para desagüe exterior	Glb		0.00	0.00	
1.0	Pruebas hidráulicas red de agua contra incendio	Glb	500.00	190.00	190.00	
0.00	Pruebas en soldadura	Glb	10000.00	3,800.00	0.00	
1.00	Pruebas en pintura	Glb	500.00	190.00	190.00	
0.00	Pruebas de presión de tuberías	Glb	2000.00	760.00	0.00	
1.00	Pruebas eléctricas	Glb	1000.00	380.00	380.00	
	Pruebas de instrumentación	Glb	1000.00	380.00	380.00	
	Diseño de mezcla	Glb		0.00	0.00	
	Ensayos de tracción	Glb		0.00	0.00	
				Subtotal	USD	1,960.80

Fuente : Votorantin

VI.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones

- Se logró realizar el montaje de la planta de lavado de gases de la empresa VOTORANTIM METAIS, en el plazo establecido de acuerdo al cronograma de trabajo del montaje de equipos, además mediante la supervisión del montaje se verificó y se aseguró la calidad de los trabajos de montaje, en base a la normativa en los procesos de fabricación de los equipos de la planta de lavado de gases.
- Recepcionar y analizar el plan de montaje de los equipos de la planta de lavado de gases, nos permitió elaborar una secuencia de montaje de los equipos, dando prioridades en su montaje, además nos permitió elaborar un cronograma de trabajo, así mismo tener en cuenta con que personal de trabajo, maquinarias, se necesitan para poder realizar el montaje de los equipos de la planta de lavado de gases.
- Se verificó y aseguró el cumplimiento en el proceso de montaje de la planta de lavado de gases, mediante el cumplimiento de las normas de fabricación, calidad y soldadura en los puntos críticos de supervisión en el proceso de montaje.

- Se verifico el control de los avances de las actividades en el montaje de los equipos de la planta de lavado de gases, esto se logró mediante el uso de del cronograma Maestro del proyecto y a través de los 3W o 4W Lookahead monitoreados semanalmente para identificar las restricciones a tiempo y el cumplimiento del mismo.
- Se logró realizar el seguimiento de las áreas de procura de manera oportuna en el montaje de la planta de lavado de gases a través de reuniones semanales para asegurar el cumplimiento de fechas comprometidas para la llegada de equipos mecánicos y materiales de tuberías.El área de Procura tiene la responsabilidad de emitir Reportes semanales al área de Construcción para verificar los avances y restricciones en la llegada de equipos y materiales.

6.2. Recomendaciones

- Para efecto del desarrollo de los Tie-ins del proyecto (Ingeniería de Detalle), se sugiere desarrollar verificaciones en campo de los ductos en las instalaciones existentes (Planta de Acido 1 y 2); asimismo se sugiere trabajar con planos as built de la Planta existente para evitar posibles interferencias con tuberías o equipos existentes.

- Exigir a los proveedores que adopten las especificaciones de materiales de tuberías que emplea VMC. De ser necesario ampliar las existentes para que se adapten a las necesidades del proveedor.
- Es recomendable la revisión de planos civiles y mecánicos antes de la construcción para verificar la congruencia de éstos y no haya problemas al momento del montaje.
- Para la ingeniería de detalle se deberá aclarar en mayor detalle el alcance de los trabajos a ser desarrollados por los vendedor y OUTOTEC con el objetivo de evitar redundancias u omisiones.
- Se recomienda que los trabajos dependientes de parada de planta (“Trabajos Tempranos”) sean ejecutados en forma independiente al contrato de construcción principal de este proyecto, bajo la supervisión del Cliente. Ver la posibilidad que estos trabajos sean asumidos por algún contratista que esté ejecutando trabajos en sus instalaciones en esos momentos.
- Se recomienda solicitar más detalle del cronograma de fabricación y entrega de los equipos del Vendedor OUTOTEC, con el objetivo de optimizar la secuencia constructiva con llegadas parciales de equipos y materiales.

- Para la licitación del contratista de construcción a ejecutarse en la siguiente etapa de ingeniería se deberá considera elegir al Contratista con especialidad en Montaje electromecánico, ya que estas actividades constituyen la mayor parte de los trabajos de construcción.

VII.- REFERENCIALES

- BERNAL TORRES , Cesar. **Metodología de la Investigación** . Colombia . Editorial Prentice Hall . Tercera Edicion . 2010
- BITTEL , DUBIN . **Responsabilidades del supervisor** . Disponible en <http://tesis.uson.mx/digital/tesis/docs/5335/Capitulo6.pdf>. articulo web . Consultado el 10 de enero del 2018
- BOSQUEZ YANEZ , Dany , YUMI ESCOBAR , Carolina . **Diseño y construcción de una torre de absorción para el análisis de SO₂ en gases de combustión**. Tesis de grado.Ecuador . Escuela Superior Politecnica de Chimborazo . 2011
- CANO RAMIREZ , ANA . **La supervisión profesional**. Disponible en https://www2.ulpgc.es/hege/almacen/download/38/38194/tema_3_la_supervision_profesional.pdf . articulo web . Consultado el 11 de enero del 2018.
- CONSTRUMAQUINA. **Chimeneas industriales**. Disponible en http://www.construmatica.com/construpedia/Chimeneas_Industriales . Articulo web . Consultado el 12 de enero del 2018.
- COSEMAR OZONO . **Lavado de gases: Tratamientos con ozono por vía húmeda** . Disponible en https://www.cosemarozono.es/pdf/servicios_35.pdf . Articulo web . Consultado el 12 de enero del 2018.
- DUARTE , EDGAR. **Técnicas de supervisión** . Disponible en <https://es.slideshare.net/profesoredgard/tecnicas-de-supervision-9943090> . articulo web . Consultado el 10 de enero del 2018.
- ESPINOZA MONTES , Ciro. **Metodología de la investigación Tecnológica** . Peru. Autor editor .Segunda Edicion.2014.
- FIGEROA FUENTES , Mynor . **Manual para el curso de montaje y mantenimiento de equipo** . Tesis de grado . Guatemala . Universidad de San Carlos de Guatemala . 2010.

- GONZA SANCHEZ , Victor . ***Diseño y cálculo de un tanque para almacenamiento de petróleo para 3000 bbls.*** Tesis de grado. Ecuador. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. 2014
- GONZALES AGUIRRE , Jesús . ***Manual de políticas y procedimientos para la supervisión de fraccionamientos en el municipio de Cajeme Sonora*** .Tesis de grado . Mexico . Instituto Tecnológico de Sonora .2004
- IPARRAGUIRRE LOZANO , Arquimedes . ***Formulacion de propuesta de lavado de gases de combustión en las emisiones de las chimeneas de pollerías de la ciudad de Trujillo. Peru*** . Tesis de maestro en ciencias . Trujillo . Universidad Nacional de Trujillo.2016
- ISUSA INDUSTRIA SULFURICA S.A. **Tanques para ácido sulfúrico concentrado**. Disponible en <http://isusa.com.uy/files/2016-04/tanques-para-acido-sulf-rico-concentrado.pdf> . Artículo web . Consultado el 11 de enero del 2018.
- LUCAS AGUILAR, Ricardo . ***Diseño y modelado virtual de un Colector de partículas Tipo Scrubber para la industria de acero*** .Tesis de grado. Ecuador. Escuela superior Politécnica del Litoral. 2012
- MONTENEGRO SILVA , Andrés , MONCAYO OLALLA , Andres . ***Diseño y construcción de un prototipo de sistema para reducir la concentración de SO₂ de los gases de cola generados en el proceso de desulfurización del refinamiento de crudo en la refinería estatal Esmeraldas.*** Tesis de grado . Ecuador . Escuela Politécnica del Ejercito .2006
- QUIMTIA INDUSTRIAL. **Guia de Sistemas de lavado de gases** . Disponible en <http://www.quimtiamedioambiente.com/blog/guia-sistema-lavado-gases/> . articulo web . Consultado el 3 de enero del 2018
- VALDIVIA MOLINAR , Erik . ***La supervisión como actividad primordial en el desarrollo profesional del IQI.*** Tesis de grado .Mexico .Instituto Politécnico Nacional .2014

- VEGA RAMOS, José . ***Analisis , diseño e implementación de un sistema recuperador de gas H₂S en tanques de almacenamiento de NASH en planta de hidrocarburos*** . Tesis de grado .Peru . Universidad Nacional mayor de San Marcos .2014

VIII. ANEXOS Y PLANOS

7.1. Anexos