

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO

FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y DE ENERGIA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA MECÁNICA



**MONTAJE DE PLANTA DE TRATAMIENTO DE
AGUA POR OSMOSIS INVERSA EN MINERA
YANACOCHA - CAJAMARCA**

PRESENTADO POR:

BACHILLER JUAN MIGUEL TORRES RUIZ

INFORME DE EXPERIENCIA LABORAL PARA OBTENER

EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO MECANICO

Callao, Agosto del 2016

Perú

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y DE ENERGÍA**

**INFORME DEL JURADO DE EXPOSICION
PARA LA OBTENCIÓN DE TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO MECÁNICO
MODALIDAD: INFORME DE EXPERIENCIA LABORAL**

A los DOS días del mes de SETIEMBRE del dos mil dieciséis, se reunió el Jurado de Exposición de Informe de Experiencia Laboral de la Facultad de Ingeniería Mecánica y de Energía, conformado por los siguientes docentes:

- PRESIDENTE : Dr. OSCAR TEODORO TACZA CASALLO
- SECRETARIO : Mg. JAIME GREGORIO FLORES SÁNCHEZ
- VOCAL : Mg. RÚBEN FRANCISCO PÉREZ BOLÍVAR
- ASESOR : Dr. FÉLIX ALFREDO GUERRERO ROLDAN

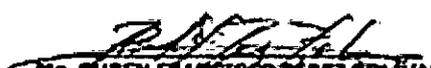
Luego de dar por finalizado la EXPOSICIÓN DEL INFORME DE EXPERIENCIA LABORAL titulado: "MONTAJE DE PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POR OSMOSIS INVERSA, EN MINERA YANACOCCHA CAJAMARCA" siendo el autor el Sr. Bachiller JUAN MIGUEL TORRES RUIZ.

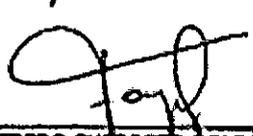
No habiendo observación alguna de parte del Jurado, se acordó dar por APROBADO con el calificativo de BUENO (13) y se declara apto para optar el Título profesional de INGENIERO MECÁNICO al señor Bachiller JUAN MIGUEL TORRES RUIZ.

Bellavista, 02 de Setiembre del 2016


Dr. OSCAR TEODORO TACZA CASALLO
PRESIDENTE


Mg. JAIME GREGORIO FLORES SÁNCHEZ
SECRETARIO


Mg. RÚBEN FRANCISCO PÉREZ BOLÍVAR
VOCAL


Dr. FÉLIX ALFREDO GUERRERO ROLDAN
ASESOR

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y DE ENERGÍA**

**ACTA PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO PROFESIONAL
MODALIDAD: INFORME DE EXPERIENCIA LABORAL**

A los DOS días del mes de SETIEMBRE del dos mil dieciséis, siendo las 11:00 horas, se procedió a la instalación del Jurado de Exposición de Informe de Experiencia Laboral de la Facultad de Ingeniería Mecánica y de Energía (Resolución Decanal N° 003-2016-D-IEL-J-EXP- IEL), conformado por los siguientes docentes:

- PRESIDENTE : Dr. OSCAR TEODORO TACZA CASALLO
- SECRETARIO : Mg. JAIME GREGORIO FLORES SÁNCHEZ
- VOCAL : Mg. RÚBEN FRANCISCO PÉREZ BOLÍVAR
- ASESOR : Dr. FELIX ALFREDO GUERRERO ROLDAN

Con el fin de dar inicio a la EXPOSICIÓN DEL INFORME DE EXPERIENCIA LABORAL presentado por el Sr. Bachiller JUAN MIGUEL TORRES RUIZ, quien habiendo cumplido con los requisitos para optar el Título Profesional de INGENIERO MECÁNICO, expondrá el Informe de Experiencia Laboral, titulado: "MONTAJE DE PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POR OSMOSIS INVERSA, EN MINERA YANACOCCHA-CAJAMARCA"

Con el quórum reglamentario de Ley se dio inicio a la Exposición de Informe de Experiencia Laboral de conformidad con lo establecido por el Reglamento de Grados y Títulos vigente, luego de las preguntas formuladas y efectuadas las deliberaciones pertinentes, se acordó dar por APROBADO con el calificativo de BUENO (15) al señor Bachiller JUAN MIGUEL TORRES RUIZ.

Con lo que se dio por cerrada la sesión a las 12:40, del día 02 de Setiembre del 2016.


Dr. OSCAR TEODORO TACZA CASALLO
PRESIDENTE


Mg. JAIME GREGORIO FLORES SÁNCHEZ
SECRETARIO


Mg. RÚBEN FRANCISCO PÉREZ BOLÍVAR
VOCAL


Dr. FÉLIX ALFREDO GUERRERO ROLDAN
ASESOR

DEDICATORIA

- A mis padres: Fausto Torres Sánchez y Olga Ruiz Salazar

- A mis hijos: Juan Luis Torres Villanueva

Y Nicolás Torres Villanueva

- A la madre de mis hijos: Rosa Amelia Villanueva Leyva

- A mis hermanos y hermanas Torres Ruiz con familias integradas y por integrarse.

AGRADECIMIENTO

- A la comunidad universitaria de la UNAC
- A los Obreros y Jefes que me compartieron sus experiencias, en minera Yanacocha y Harrison Western, en Cajamarca, y en otros proyectos.
- A los sencillos, los de abajo, los pobres, que orientan nuestro Espíritu, lejos del tiempo, espacio, famas, poderes, riquezas, creencias e ideologías.
- A José Rosas, mi cuñado, por su grata exigencia por este informe.

INDICE

INTRODUCCION	6
I. OBJETIVOS	8
1.1. Objetivo general	8
1.2. Objetivos específicos	8
II ORGANIZACIÓN DE LA EMPRESA.....	9
2.1 Organigrama	9
2.2 Funciones del informante.....	10
III. ACTIVIDADES DESARROLLADAS POR LA EMPRESA	10
IV. DESCRIPCION DETALLADA DEL PROYECTO	11
4.1 Descripción del tema	11
4.2 Antecedentes	11
4.3 Planteamiento del problema	12
4.4 Justificación:	13
4.5 Marco teórico:	14
4.5.1-Osmosis	14
4.5.2 Presión Osmótica (PO).....	15
4.5.3 Osmosis Inversa- Reverse Osmosis (RO).....	16
4.5.4 Membrana Semipermeable	16
4.5.5 Agua.....	21
Tipos o categorías de Agua:.....	21
SST-SDT:.....	24
Calidad de Agua de Alimentación:.....	25

4.5.6 Funcionamiento básico de una planta RO	27
A) Partes de la planta	27
B) Descripción del proceso, en una planta típica RO	29
C) Variables de operación de una RO:.....	33
PH Y ORP	34
Sistema de lavado de membranas:	36
4.6 Fases del Proyecto	40
4.6.1 Fases o ciclo de vida del proyecto.....	40
PMI y PMBOK.....	40
A) Iniciación.....	43
B) Planificación.....	44
C) Ejecución:.....	46
D) Seguimiento y Control:	46
4.6.2 Gestión en la Ejecución del Proyecto	48
A) Gestión de la Integración:.....	48
B) Gestión del Alcance:	50
C) Gestión del Tiempo:.....	50
D) Seguimiento a la ejecución del proyecto:	56
Precomisionamiento, Comisionamiento y Puesta en marcha.....	59
E). Gestión de los Costos:.....	68
F). Gestión de la Calidad:	68
V. EVALUACIÓN TÉCNICO ECONOMICA.....	74
5.1. Introducción	74
5.2. Evaluación Técnico Económica	76
Costos CAPEX y OPEX	76
VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	78

6.1. Gestión de la Integración del Proyecto:	80
6.2. Gestión del tiempo:	82
6.3. Gestión de Costos	82
6.4. Gestión de la calidad	83
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	86
VIII. ANEXOS Y PLANOS.....	87
RESUMEN.....	121
ABSTRACT.....	122

ANEXOS

Anexo 1: Vistas de planta RO II, de sur a norte y norte a sur	88
Anexo 2: Plano general de RO II.....	89
Anexo 3: Plano de ubicación de equipos e instrumentos.....	90
Anexo 4: Primeros resultados de análisis químico en RO II.....	91
Anexo 5: Primeros resultados de análisis químico en RO II, continuación.....	92
Anexo 6: LMP, agua de clase 3	96
Anexo 7: Formato de reporte diario.....	98
Anexo 8: Formato de reporte de inspección de campo.....	99
Anexo 9: Deformaciones estructurales por alta presión.....	100
Anexo 10: Plano con refuerzo estructural en tuberías de ingreso.....	101
Anexo 11: Calculo de refuerzo estructural RO II	102
Anexo 12: Foto de falla estructural en tuberías de ingreso	102
Anexo 13: Tabla de perfiles H y C.....	103
Anexo 14: Calculo de perfil C para tolva de químicos.....	104
Anexo 15: Formato para almacenaje de equipos móviles.....	105
Anexo 16: NCR, por mal soldadura de inoxidable.....	109
Anexo 17: Informe final RO II.....	113

INDICE DE TABLAS Y GRAFICOS

Tablas

Tabla 1: Diámetros moleculares y membranas	18
Tabla 2: Agua de alimentación a purificar	25
Tabla 3: Tabla resumen de ingreso y salida de agua en RO II	26
Tabla 4: Caudales por etapas en la planta RO II	32
Tabla 5: Contenidos de un Plan de ejecución de Proyecto PEP	45
Tabla 6: Propuestas de tiempos para montaje de RO 500	51
Tabla 7: Rangos de precisión de costos según etapas de un proyecto	75
Tabla 8: Costos de Inversión para una planta RO 500, CAPEX	77
Tabla 9: Costos operativos de una planta RO 500	78

Gráficos

Figura 1: Organigrama HWPT	9
Figura 2: Pantalla de control de planta RO II funcionando	14
Figura 3: Concepto de Osmosis	16
Figura 4: Tipos de filtración	19
Figura 5: Membrana semipermeable	20
Figura 6: Fotos muestra de LMP y ECA	23
Figura 7: Elementos básicos de una planta RO	27
Figura 8: Planta RO II en 3D, partes esenciales	28
Figura 9: Monitor de control de filtros bolsa	30
Figura 10: Lavado de membranas en 1ra etapa con PH alto	38
Figura 11: Resumen de criterio de lavado de membranas	38
Figura 12: Fases básicas de un proyecto de montaje de planta RO	41
Figura 13: Fases de un proyecto RO 500 en porcentajes	42
Figura 14: Fotos de pruebas previas en RO	44

Figura 15: Gestión de la ejecución del Proyecto	48
Figura 16: Cronograma general para el montaje de una planta RO 500.....	52
Figura 17: Fotos del proceso de montaje de una RO II.....	54
Figura 18: Plan general para la ejecución de proyectos	57
Figura 19: Foto muestra para lista de pendientes o Punch list.....	61
Figura 20: Estimados de contingencias según etapas de un proyecto	74
Figura 21: Fotos de falla estructural en RO II.....	80
Figura 22: Planta RO II en Mayo del 2016	81
Figura 23: Foto de daño de rodamientos por almacenaje inadecuado	82
Figura 24: Fotos de defectos en soldadura inoxidable en RO II.....	83
Figura 25: pantalla RO en parada e inicio de producción.....	117
Figura 26: anti incrustante Nalco.....	118
Figura 27: oxido en ejes de bombas RO	119
Figura 28: Montaje de bombas de alta.....	119

INTRODUCCION

El presente Informe de Experiencia Laboral, es una síntesis del Proceso de fabricación y montaje de Plantas de tratamiento de agua usando el concepto de Osmosis Inversa (Reverse Osmosis-RO), en el que se incluye el Sistema de Ingeniería de Membranas (Engineering Membranes Separation EMS) fundamentado con estándar y normas que se exigen en proyectos confiables en estos tiempos, como son las normas ISO, ASME, los estándares propios de Yanacocha, y la reglamentación peruana para tipos de agua.

Este montaje sintetiza uno de los 10 proyectos de montajes de plantas diversas en las que participó el suscrito durante el tiempo que permaneció trabajando, 5 en Minera Yanacocha entre los años 2005 al 2013 (Taller de Soldadura, y PM para Truck Shop, Gold Mil, ROII, TR3, TR2A) y 5 en otros proyectos (Mitsubishi, Pierina, Muelle de Central Térmica Ilo, Planta y plataforma marina Marine Bert de Pluspetrol - Pisco, Alpamarca- Volcan) entre 1985 al 2004 y del 2013 al 2015, más otros proyectos menores.

La metodología empleada se ha elaborado siguiendo las indicaciones del reglamento de titulación de Ingeniería, y con las recomendaciones que señalan las normas nacionales e internacionales para este tipo de proyectos.

En resumen, en el capítulo I se detallan los conceptos teóricos que fundamentan esta alternativa como son Osmosis, Límites máximos permisivos LMP, para diferentes tipos de agua, e hiper filtración con membranas semipermeables. En el capítulo II, está la organización de la empresa HWPT encargada del proyecto mis funciones y a que se dedica. En el capítulo III, las actividades que desarrolla la empresa. En el capítulo IV, la descripción detallada del Proyecto, objetivo de este informe, los antecedentes, problemática, justificación del proyecto, como la gestión y fases necesarias para las fabricaciones y montaje de este tipo de plantas y semejantes con la visión del PMI (Project Management Institute), con

la explicación previa del funcionamiento de una planta RO y sus parámetros esenciales de funcionamiento y control, el cronograma de montaje con su ruta crítica a considerar. En el capítulo V, se muestra la evaluación económica de una planta RO comparada con otro tipo de plantas, mostrando sus ventajas económicas y técnicas, por lo que hacen factible este tipo de alternativa, no solo a los requerimientos mineros sino también para otros usos, como el industrial o urbano tal es el caso de desalinización de aguas marinas para hacerlas potables. En el capítulo VI, se presentan las conclusiones y recomendaciones en torno al PMI, en sus diferentes gestiones y fases, como Integración, Ingeniería, tiempos, costos, calidad, recursos humanos, comunicaciones, riesgos, y logística, aquí se incluyen mejoras y fotos de la planta RO II funcionando. Las conclusiones en base a los objetivos de este informe resumen la importancia de los conceptos teóricos, la forma como operan este tipo de plantas, la gestión para su montaje, los costos y la cuantificación de los parámetros químicos mejorados. Las mayores recomendaciones están para la fase de Ingeniería del Proyecto, por su repercusión técnica y económica en el desarrollo del montaje y posterior operación de la planta.

I. OBJETIVOS

1.1. Objetivo general

Describir el proceso, y mejorar la gestión para el montaje de una planta usando la tecnología de Osmosis Inversa, para el tratamiento de aguas aplicando las normas internacionales y nacionales vigentes.

1.2. Objetivos específicos

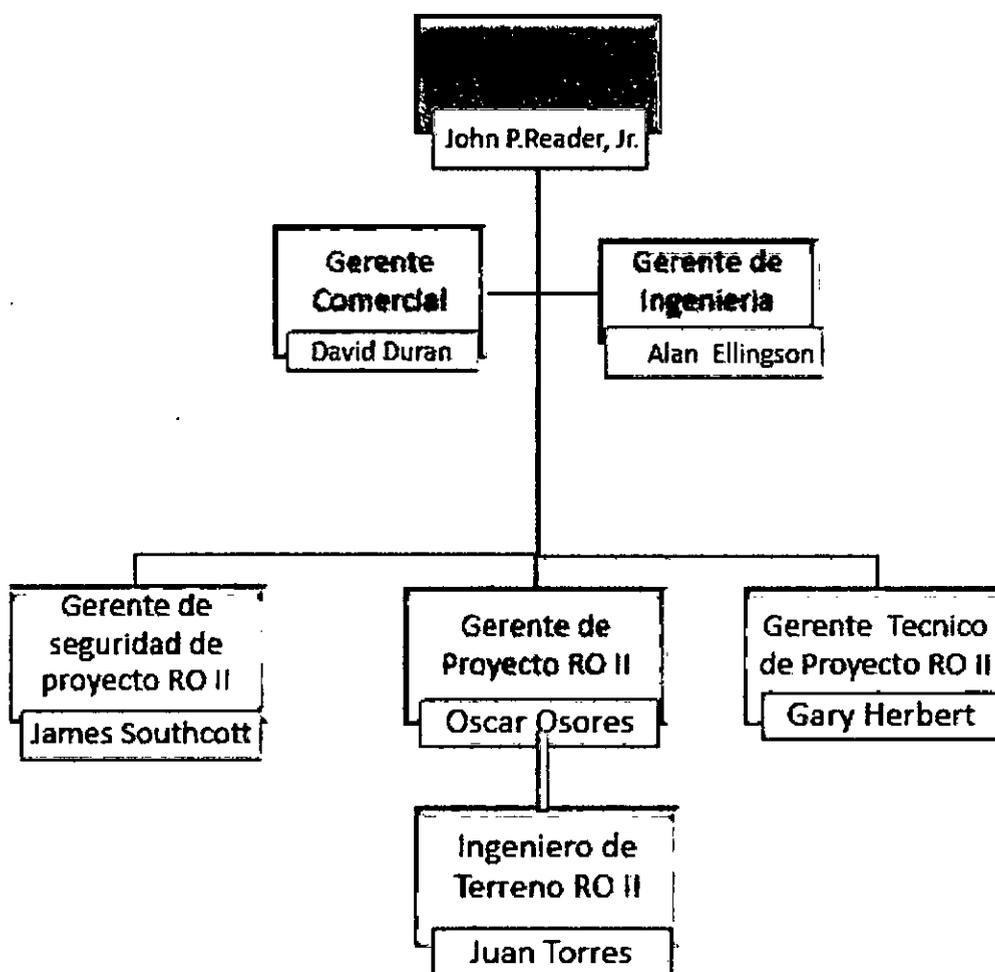
- 1.2.1. Identificar y aplicar las normas de fabricación y montaje para Plantas de Osmosis Inversa (Reverse Osmosis-RO) como proyecto electromecánico en el ámbito minero.
- 1.2.2. Analizar las fases de ejecución de este tipo de Proyectos, ubicando los puntos críticos a considerar, para prevenir los riesgos técnicos, económicos y de gestión.
- 1.2.3. Cuantificar, comparar y proponer el sistema EMS, Engineering Membrane Separation o Ingeniería de Separación por Membranas, como alternativa viable en este tiempo para el tratamiento de purificación de agua, no solo en el ámbito minero, si no también industrial, y de uso urbano.
- 1.2.4. Presentar a la comunidad universitaria de la UNAC, esta alternativa de mejorar el proceso de montaje para este tipo de planta.

II. ORGANIZACIÓN DE LA EMPRESA

A continuación presento el organigrama de la empresa de origen norteamericano, con base en Perú "Harrison Western Process Technologies Inc." HWPT

2.1 Organigrama

Figura 1: Organigrama HWPT



Fuente: elaboración propia, en base al contrato suscrito por las partes.

2.2 Funciones del informante

1. Apoyar a Minera Yanacocha en la supervisión del constructor SSK¹ y proveedores, para que realicen las fabricaciones y construcciones según normas de fabricación y montaje establecidas en el alcance de trabajo y contrato
2. Coordinar con HWPT² y Minera Yanacocha las acciones para la ejecución del Proyecto, previa autorización de sus jefes inmediatos superiores, los Gerentes respectivos de cada empresa.

III. ACTIVIDADES DESARROLLADAS POR LA EMPRESA

Harrison Western, fundado en 1969 es una empresa dedicada al desarrollo de Proyectos con recursos naturales

- En sus más de 40 años ha completado más de \$2 billones de dólares en proyectos.
- HW Process Technologies Inc. (HWPT) se formó en 1988 para convertirse en una empresa líder en la tecnología de membranas (EMS) para el tratamiento de soluciones de proceso,
- HWPT diseña, fabrica, instala, opera y mantiene sistemas de tratamiento industriales a nivel mundial

Grupo de compañías que conforman Harrison Western:

- ✓ HW Process Technologies - HWPT
- ✓ Harrison Western Construction
- ✓ Harrison Western Mining
- ✓ Harwest pipelines

¹ SSK= Sagitario Sigdo Cooper, empresa chilena, con sucursal en Perú, constructora de la Planta RO II en Minera Yanacocha.

² HWPT = Harrison Western Process Technologies Inc., empresa norteamericana, con sucursal en Perú, responsable de la ingeniería, logística de equipos, asesora de montaje y puesta en marcha de la planta RO II para Minera Yanacocha.

IV. DESCRIPCION DETALLADA DEL PROYECTO

4.1 Descripción del tema

En los años que venía desempeñándome para el área de Desarrollo Proyectos de Ingeniería en Minera Yanacocha MY, tuve la oportunidad el 2010 de incorporarme a Harrison Western Tecnología de Proce, empresa norteamericana con sede en Denver Colorado y representación en Perú convocada por su especialidad en Plantas de Tratamiento de agua usando Osmosis Inversa u Osmosis Reverse RO. Me incorpore como Ingeniero supervisor mecánico para el montaje de la planta RO II en la localidad de Pampa larga, dentro de las instalaciones de Yanacocha. HWPT asesoró a la supervisión de MY el montaje de la planta RO que les vendió.

4.2 Antecedentes

El Sistema EMS (Engineering Membranes Separation), que aplica HWPT se planteó como alternativa de las plantas EWPT (Plantas de Tratamiento de Aguas en Exceso), por los siguientes antecedentes:

1. Tecnología de tratamiento de exceso de agua convencional presentaba inconvenientes para cumplir las nuevas exigencias de la reglamentación peruana para el cianuro, nitratos y metales pesados
2. Excesiva pérdida de oro durante la temporada de lluvias
3. Destrucción de cianuro con gas cloro, exceso de consumo de cianuro y cloro
4. Reprocesamiento de soluciones

En Perú³ en los últimos 10 años, la mitad de los conflictos mineros fueron por calidad y cantidad de agua. La tarifa promedio potabilizando sin RO es \$ 0.65 el m³, con RO llegaría a \$ 0.3 el m³. Al 2021 se deberá invertir \$ 18,800 millones en temas de agua.

Las minas del norte chileno usan RO. Israel al 2020 tendrá el 100% de su consumo de agua por desalinización usando RO (Osmosis Reversa). A 2030 el 60% de la población mundial sufrirá escases de agua.

4.3 Planteamiento del problema

1. Tratar el exceso de agua (lluvias) del procesamiento para distintos minerales minados (óxidos, sulfuros, carbonatos etc.), cumpliendo los límites máximos permisibles LMP de elementos pesados en el agua.
2. Reducción de pérdidas de oro durante la temporada de lluvias
3. Alcanzar futuros estándares más exigentes respecto a metales pesados que pueda expedir la reglamentación peruana
4. Operación rentable, confiable, sencilla y sostenible en el tiempo
5. Contexto: Los conflictos mineros tanto en calidad y cantidad de agua usada por la mina y la tratada para devolver a la comunidad en sus ríos vecinos, ameritan que se garantice por este proceso tecnológico de Osmosis Reversa o Inversa, una mejor confiabilidad para su consumo mutuo.

El conflicto en Conga paralizó una inversión de \$ 4,000 millones de dólares en inversión minera por Newmont⁴ en Cajamarca.

³ Investigaciones en diarios: El comercio del 10 de marzo, La Republica del 3 de Julio, Hildebrant en sus 13 del 10 de Junio, todos del 2016

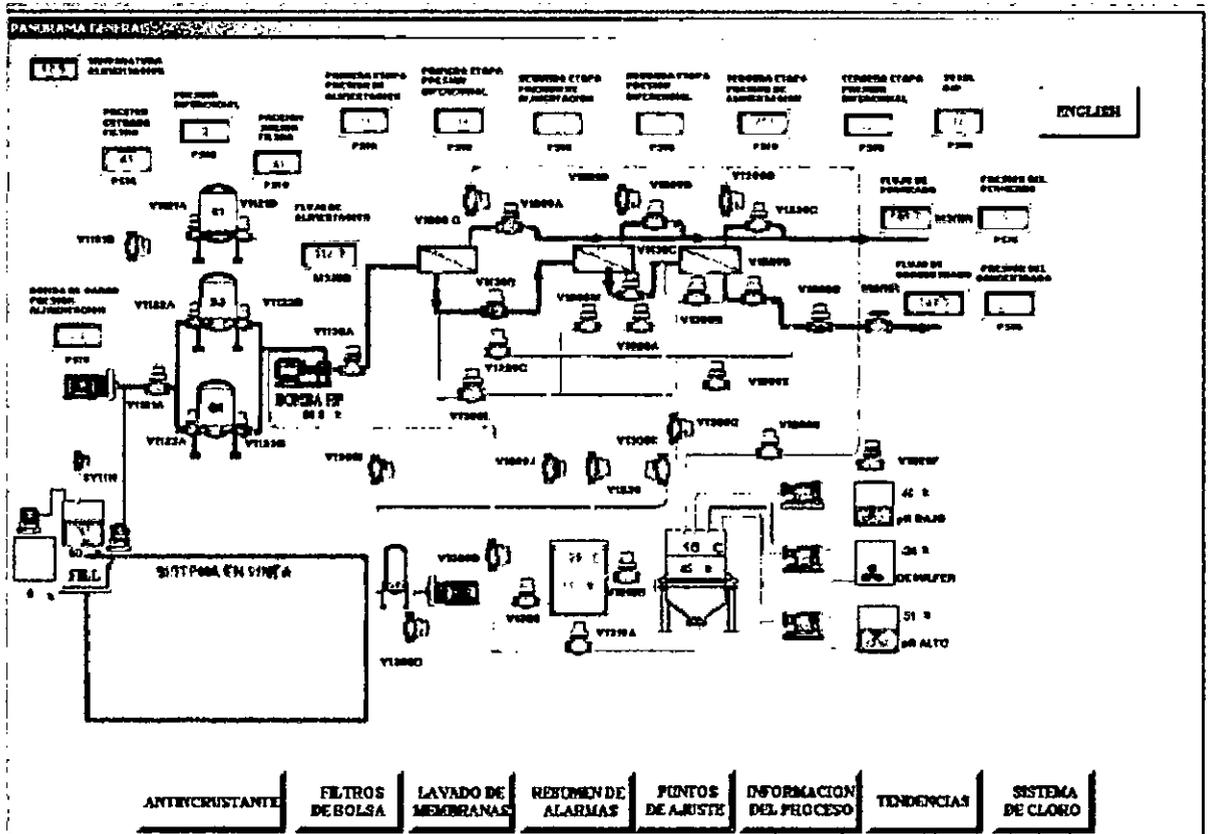
⁴ Newmont, empresa norteamericana propietaria de Yanacocha

4.4 Justificación:

Los Beneficios de aplicar el sistema EMS son:

1. Mejor control de la **calidad de agua** excedente del procesamiento de diferentes tipos de materiales (óxidos y minerales transicionales)
2. Reducción de los **costos de operación**, al emplear menos reactivos que la planta convencional y recuperación del Cianuro que también es un insumo de operación.
3. **Recuperación de oro y plata remanente** en la solución excedente del proceso de las canchas de lixiviación, no recuperable con la tecnología convencional.
4. **Menor espacio** respecto a las plantas de tratamiento convencionales, lo cual ayuda a la operación y mantenimiento de la planta.
5. **Alta recuperación de permeado (70-75%)**
6. Producción sostenida en el tiempo y confiable de **agua de alta calidad**
7. **Flexibilidad** y alta disponibilidad de planta capaz de adaptarse a las necesidades de operación futuras
8. **Mayor vida útil de las membranas** de proceso (3 - 4 años) producto del diseño y sistema de lavado
9. **Menores costos de operación, usando EMS:**
 - 9.1. Operación completamente automatizada
 - 9.2. Fácil de operar
 - 9.3. Requerimiento mínimo de operadores
 - 9.4. Bajo consumo de reactivos químicos (anti incrustante y reactivos de limpieza de membranas)
 - 9.5. Costos de operación menores que tecnologías convencionales

Figura 1: Pantalla de control de planta RO II funcionando



Fuente: Manual de operación RO II, por HWPT

4.5 Marco teórico:

4.5.1-Osmosis⁵

Es un proceso físico químico natural que se da entre 2 disoluciones de diferente concentración (agua y una disolución acuosa), separadas por una membrana con características semipermeable, el proceso o fenómeno es el paso de la sustancia menos concentrada o diluida (agua) hacia la más concentrada (disolución acuosa), para equilibrar las concentraciones de agua a ambos lados de las membranas. Este movimiento (del griego osmos=impulso) tiene su origen

⁵ Concepto de Osmosis, Química, por Hein Arena

en la búsqueda de equilibrio de sustancias de diferente potencial electroquímico, la de mayor potencial se ira hacia la de menor potencial. También por los diámetros moleculares de ambos lados no pueden pasar fácil la membrana de un lado a otro. Esto a su vez generara por tanto una presión osmótica medible en la zona de mayor concentración.

4.5.2 Presión Osmótica (PO)

Una disolución que contiene un mol de partículas de soluto en 1 kg. de agua es del orden de 22.4 atm., que es casi la misma que la que ejercería 1 mol de un gas confinado en 1 Lt. a 0°C

La presión osmótica (PO) obedece a una ley cuya forma es similar a la

Ley de gas ideal:

$$PO=MRT$$

Donde

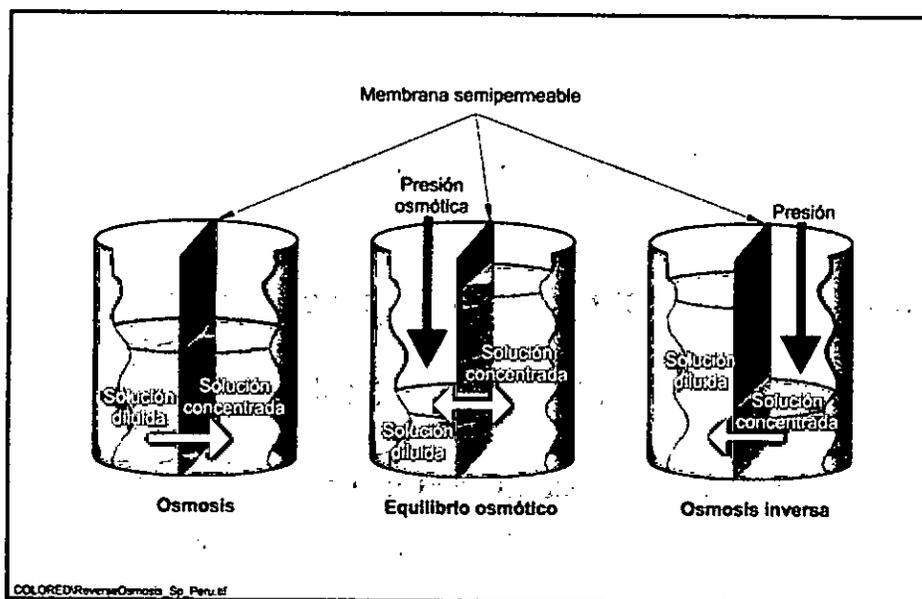
M=Concentración Molar CM (n/v, moles/ Volumen), de los componentes a ser procesados por Osmosis (CN, Pb, S, Ca...)

R= constante de los gases (0.082 atm. Lt/K. mol)

T=temperatura (°K)

Nota: los cálculos de esta presión se dan en función de las concentraciones de la sustancia que ingresa a la planta

Figura 2: Concepto de Osmosis



Fuente: manual de diseño de procesos RO HWPT

4.5.3 Osmosis Inversa- Reverse Osmosis (RO)

Es la aplicación de presión osmótica PO o mayor a ella para pasar solución diluida como agua desde la solución concentrada hacia la solución menos concentrada, esto a través de la membrana semipermeable

4.5.4 Membrana Semipermeable

Una membrana semipermeable, (MS) también llamada membrana selectivamente permeable, membrana parcialmente permeable o membrana permeable diferenciable, es una membrana en base a Poliamidas o Nylon, que permitirá que ciertas moléculas o iones pasen a través de ella por difusión, y ocasionalmente especializada en "difusión facilitada". El índice del paso depende de la presión osmótica (PO), la concentración molar (CM), el gradiente electroquímico (DPE⁶) y la temperatura (T) de las moléculas o de

⁶ Diferencia de Potencial Electroquímico DPE es la diferencia de potencial referida al electrodo hidrogeno, ej. H es 0 voltios, Fe -0.41 voltios, oro 1.5 voltios, Zinc -0.76 voltios (ver manual Kurt Geck, en la bibliografía)

los solutos en cualquier lado, así como la permeabilidad (P) de la membrana para cada soluto.

Es decir la membrana semipermeable está en función de las variables anteriores:

$$MS = f(P, CM, DPE, T, P)$$

Cocada de las membranas para la planta de Osmosis inversa: la cocada o agujero varía entre 1 a 5 Angstrom

$$1 \text{ Angstrom (A)} = 10^{-10} \text{ metros} = 0.000\ 000\ 000\ 1 \text{ m.}$$

= diez mil

Millonésimas de metro

$$1 \text{ A} = 10^{-7} \text{ mm} = 0.000\ 000\ 1 \text{ mm.}$$

= diez millonésimas de

Milímetro

$$1 \text{ A} = 10^{-4} \mu = \text{diez milésimas de micra}$$

Las membranas por tanto generan un proceso de hiperfiltración en el nivel de diámetros moleculares o iónicos⁷ y que se miden en Angstrom (A)

Otras unidades de referencia son el nanómetro (nm) y la micra (μ)

$$1 \mu = 10^{-3} \text{ mm.} = 0.001 \text{ mm.}$$

$$1 \text{ nm} = 10^{-6} \text{ mm.} = 0.000\ 001 \text{ mm.}$$

$$1 \text{ A} = 10^{-7} \text{ mm.}$$

$$1 \text{ A} < \text{Cocada de MS} < 5 \text{ A}$$

$$0.0001 \mu < \text{Cocada de MS} < 0.0005 \mu$$

$$10^{-7} \text{ mm} < \text{Cocada de MS} < 5 \times 10^{-7} \text{ mm.}$$

⁷ **ION:** es un átomo o grupo de átomos con carga positiva o negativa. Un compuesto iónico se mantiene unido por las fuerzas de atracción que existen entre los iones con carga positiva o negativa. Se forman cuando se combinan metales con no metales. Los metales tienden a perder electrones y formar iones positivos o cationes y los no metales al contrario o forman aniones (Fundamentos de Química de Hein Arena pág. 57, 225, 255)

Como referencia tenemos⁸

Tabla 1: Diámetros moleculares y membranas

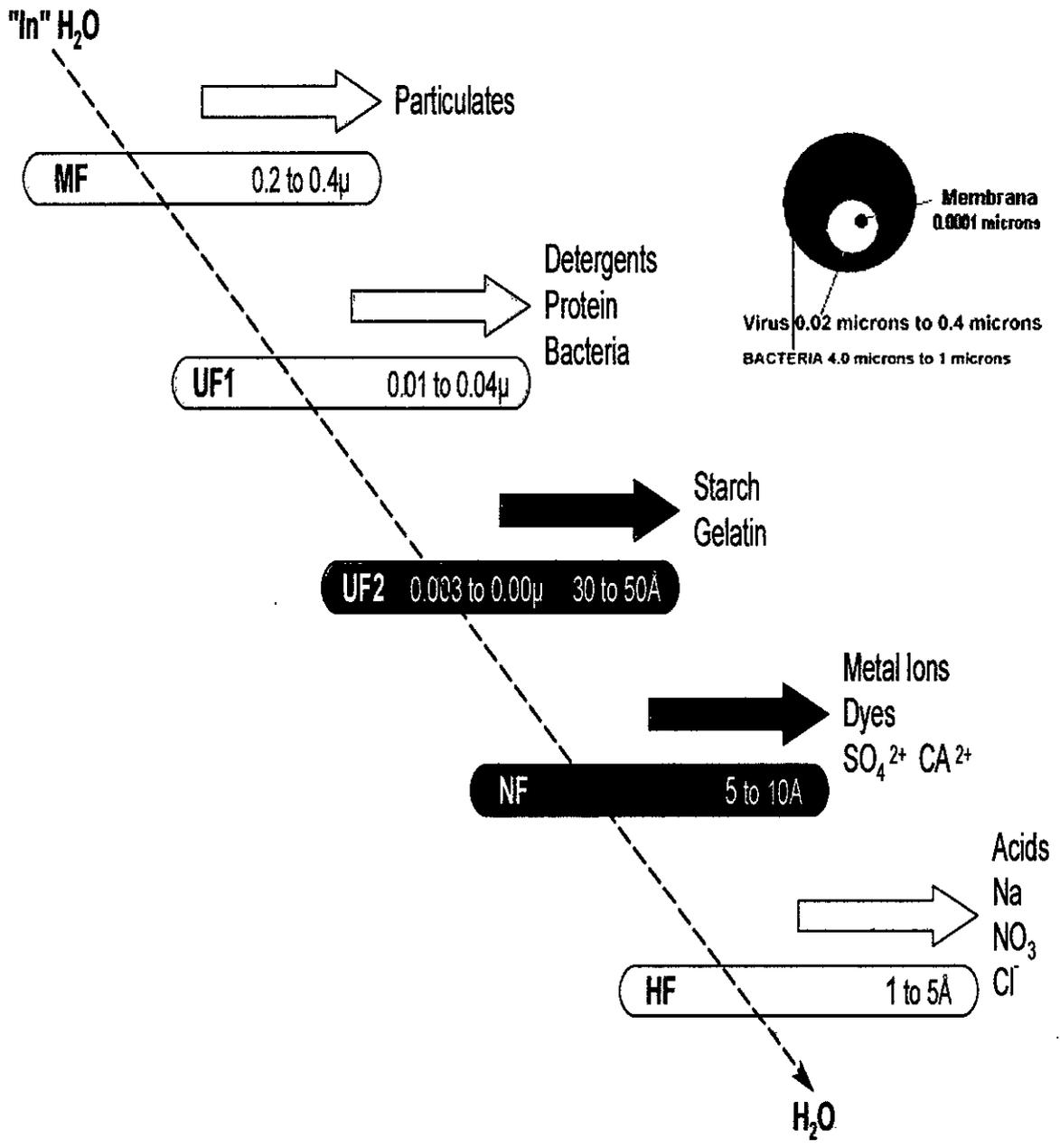
ELEMENTO, ION O COMPUESTO	DIÁMETRO MOLECULAR	PASA O NO, MEMBRANA SEMIPERMEABLE (1A- 5A)
Hidrogeno H ₂	0.74A	Si pasa
Oxigeno O ₂	1.32A	Si pasa
Agua H ₂ O	2.08A	Si pasa
Sulfato SO ₄ ⁻²	7.36A	No pasa
Ion clorato ClO ₃ ⁻²	5.94A	No pasa

Fuente: elaboración propia con datos de texto de Química por Lumbreras, pág.258 y tipos de filtración -membranas según manual RO II HWPT

⁸ Química de Lumbreras pág. 258.

Figura 1: Tipos de filtración

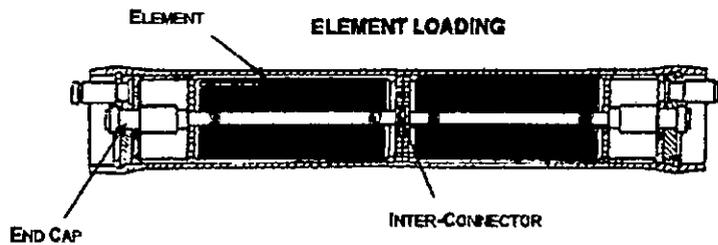
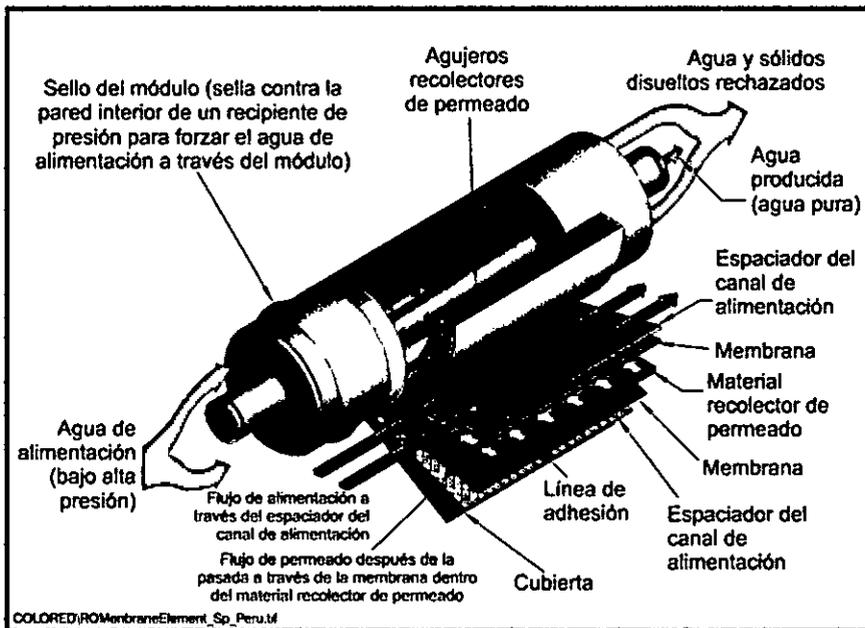
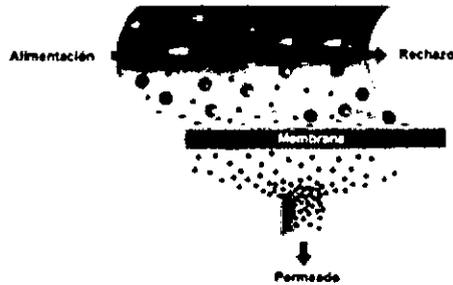
Tipos de Filtración y tamaños de partículas que los contienen.
 Membranas semipermeables: HF Híper Filtración



NF= Nano filtración, UF= Ultra filtración, MF= Micro filtración

Fuente: Manual ROII-HWPT

Figura 5: Membrana semipermeable



Fuente: Manual ROII HWPT, Diseño del proceso HWPT

En el permeado sale el agua purificada luego de pasar la membrana semipermeable, y en concentrado agua con impurezas

4.5.5 Agua

Tipos o categorías de Agua:

Tipo I, agua para consumo humano

Tipo II, agua de uso marino

Tipo III, agua para uso agrícola y bebida de animales

Tipo IV, para ambientes especiales, como reserva nacional, lagunas

Todos los tipos o categorías están caracterizadas en el Reglamento Nacional de la calidad del agua para consumo humano DS N° 031-2010-SA⁹

Toda agua destinada para el consumo humano, debe estar exenta de:

1. Bacterias coliformes totales, termo tolerantes y Escherichia coli,
2. Virus;
3. Huevos y larvas de helmintos, quistes y enquistes de protozoarios patógenos;
4. Organismos de vida libre, como algas, protozoarios, copépodos, rotíferos y nematodos en todos sus estadios evolutivos; y
5. Para el caso de Bacterias Heterotróficas menos de 500 UFC/ml a 35°C.

Son parámetros de control obligatorio para todos los proveedores de agua, los siguientes:

1. Coliformes totales;
2. Coliformes termo tolerantes;
3. Color;

⁹ Reglamento de aguas Perú DS N° 031-2010-SA, artículos del 60 al 66

4. Turbiedad;
5. Residual de desinfectante
6. PH.

En caso de resultar positiva la prueba de coliformes termo tolerantes, el proveedor debe realizar el análisis de bacterias *Escherichia coli*, como prueba confirmativa de la contaminación fecal.

Parámetros a considerar:

1. Parámetros microbiológicos

Bacterias heterotróficas; virus; huevos y larvas de helmintos, quistes y o quistes de protozoarios patógenos; y organismos de vida libre, como algas, protozoarios, copépodos, rotíferos y nematodos en todos sus estadios evolutivos

2. Parámetros organolépticos

Sólidos totales disueltos, amoníaco, cloruros, sulfatos, dureza total, hierro, Manganeso, aluminio, cobre, sodio y zinc, conductividad;

3. Parámetros inorgánicos

Plomo, arsénico, mercurio, cadmio, cromo total, antimonio, níquel, selenio, bario, flúor y cianuros, nitratos, boro, clorito clorato, molibdeno y uranio.

4. Parámetros radiactivos

Esta condición permanecerá hasta que el proveedor demuestre que dichos parámetros cumplen con los límites establecidos en la referida norma

Antes de la distribución del agua para consumo humano, el proveedor realizará la desinfección con un desinfectante eficaz para eliminar todo microorganismo y dejar un residual a fin de proteger el agua de posible contaminación microbiológica en la distribución. En caso de usar cloro o solución clorada como desinfectante, las muestras tomadas en cualquier punto de la red de distribución, no deberán contener menos de 0.5 mgL⁻¹ de cloro residual libre en el noventa por ciento (90%) del total de muestras

tomadas durante un mes. Del diez por ciento (10%) restante, ninguna debe contener menos de 0.3 mgL-1 y la turbiedad deberá ser menor de 5 unidad nefelometría de turbiedad (UNT).

LMP y ECA¹⁰

LMP: LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE

Ley General del Ambiente, Ley 28611 "Es la medida de la concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, que caracterizan a un efluente o una emisión, que al ser excedida causa o puede causar daños a la salud, al bienestar humano y al ambiente.

ECA: ESTANDAR DE CALIDAD AMBIENTAL

Ley General del Ambiente, Ley 28611

Es la medida que establece el nivel de concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, presentes en el aire, agua o suelo, en su condición de cuerpo receptor, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni al ambiente.

Figura 2: Fotos muestra de LMP y ECA



Fuente: Maynard Huanca-UNAM

¹⁰ Maynard Huanca Córdova, Maestría en recursos hídricos, UNAM, Lima 2013

SST-SDT:

SST, Son los Sólidos Suspendidos Totales o los sólidos que están suspendidos en el agua y pueden ser separados por medios mecánicos, Están asociados a la turbidez del agua y pueden flotar o caer al fondo. Son Visibles, ej. Barro en huayco

SDT, son los sólidos que están disueltos en el agua y que no se pueden ver a simple vista debido a su pequeño tamaño. Son invisibles, ej. Sodio en el mar

Calidad de Agua de Alimentación¹¹:

Máxima integridad y rendimiento de las membranas se obtiene si la calidad del agua barren proveniente del proceso Merrill-Crowe Barren que alimenta al sistema EMS® se encuentra por debajo o dentro de los siguientes límites:

Tabla 1: Agua de alimentación a purificar

ELEMENTO	MAXIMA CONCENTRACION (mg/l)
(SST)Sólidos Suspendidos Totales	< 5
Calcio,(Ca)	600
Sulfato (SO ₄)	1800
Hierro (Fe)	0.5
(SDT) Sólidos Disueltos Totales	3250
PH	9 a 11
Temperatura	5 a 15 °C
CN, cianuro	40
Ag	0.008
Hg	0.030
SO ₄	1668
Cu	14.2
Ca	478.2
Pb	0.001
Mg	2.5
Al	30.06
As	0.22
Zn	6.52

Fuente: Manual de operación RO II

¹¹ Manual RO II, pág. 3

Tabla 2: Tabla resumen de ingreso y salida de agua en RO II

Parámetro a controlar	Agua de entrada Barren	Agua exigida Clase 3	Agua purificada Obtenida Permeado	Agua sobrante, reusable Concentrado
SDT (Sol. Dis. Tot.)	3250	<5	45	7500
PH	7	6.5-8.5	8.5	7
ORP	3202	<2000	300	8000
CN	50	0.1	<1	80
SO ₄	1668	300	1.3	4

Fuente:

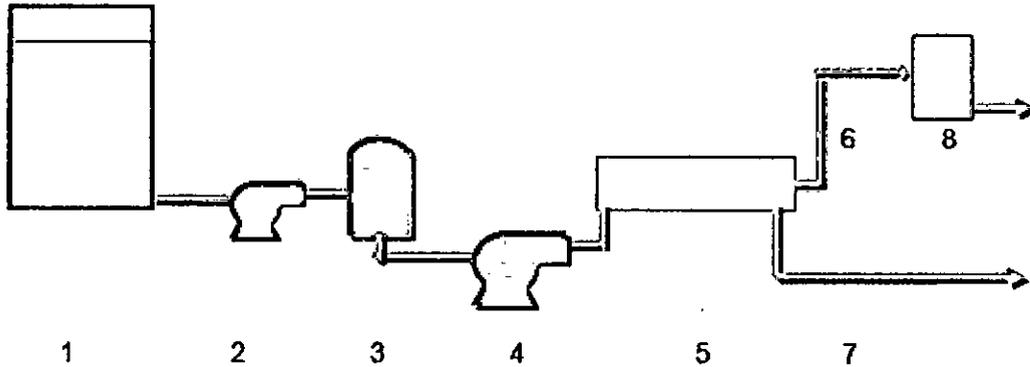
Elaboración propia, en base a ingresos y salidas, anexos 4 y 6

Mejoras: PH $(1-7/8.5)100= 18\%$
 ORP $(1-300/3200)100 = 90\%$
 CN $(1-1/50)100 = 98\%$
 SO₄ $(1-1.3/1668)100= 99\%$

4.5.6 Funcionamiento básico de una planta RO

A) Partes de la planta

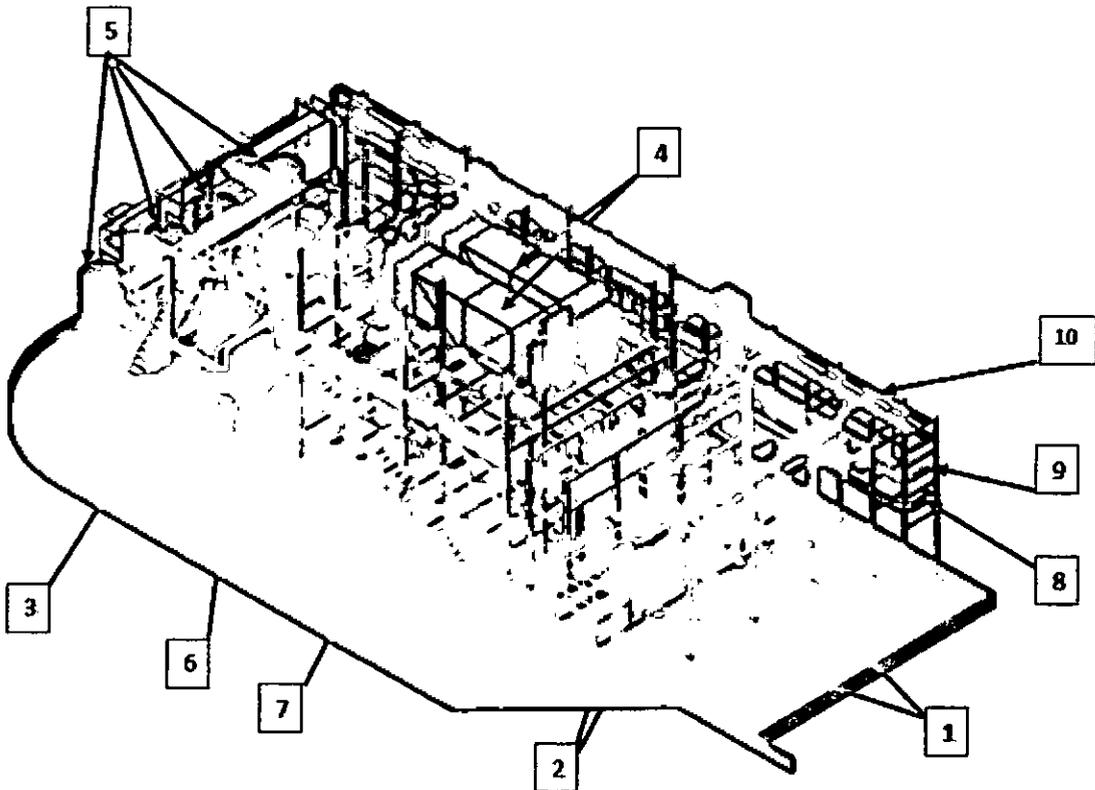
Figura 3: Elementos básicos de una planta RO



Fuente: Elaboración propia

1. Tanque de alimentación Barren (solución pobre), concentrado, 714 m³/h
2. Bomba de carga o alimentación de filtros. 80 psi, 483 KPa, 70 KW
3. Pre filtración, con filtros bolsa de cocada 1 μ , solidos suspendidos totales 60 ppm
4. Bomba de alta o presión osmótica a membranas, 400 a 1000 psi, 500 HP y 2300v, asistida por variadores de velocidad VFD para variaciones de Presión según temperatura de flujos y composición de elementos
5. Membranas semipermeables, cocada 1 a 5 Angstrom (=0.0005 μ)
6. Permeado, agua purificada 500 m³/ h
7. Concentrado, agua con impurezas, metales y ácidos, 214 m³/ h
8. Tanque de cloro, añadido para desinfección del permeado

Figura 4: Planta RO II en 3D, partes esenciales



Fuente: HWPT y elaboración propia

1- BOMBAS DE ALTA PRESION, 375 PSI

2- FILTROS BOLSA, COCADAS DE 1 MICRA ($1 \mu = 0.001\text{mm.}$)

3-TANQUE CISTERNA DE SEMI LAVADO DE EMS O ENJUAGUE, 45°C

4- CONTENEDORES DE MEMBRANAS SEMIPERMEABLES, COCADAS DE 1 ANGSTON ($1\text{A} = 0.000\ 000\ 1\ \text{mm.}$)

5- TANQUES DE QUIMICOS PARA LAVADO DE EMS, ACIDOS Y BASICOS

6- TANQUE CALEFACTOR DE QUIMICOS PARA LAVADO DE EMS, 38°C

7- TUBERIAS DE PERMEADO (10") Y CONCENTRADO (8")

8- TUBERIA DE INGRESO DE AGUA A PURIFICAR, BARREN

9- TUBERIA DE DESCARGA DE AGUA PURIFICADA, PERMEADO, A SER CLORADA.

10- BANDEJAS DE SISTEMA ELECTRICO, CABLES HACIA SALA ELECTRICA

B) Descripción del proceso, en una planta típica RO

Esta Planta RO de EMS (Engineered Membrane Separation) está diseñada según requerimientos un flujo de 714 m³/ h de solución pobre procedente de una planta Merrill Crowe¹², la producción será de 500 m³ / h de agua pura o permeada y 214 m³/ h de concentrado

Esta tipo de plantas tienen 3 sistemas generales:

- 1- Sistema de pre filtración
- 2- Sistema de membranas
- 3- Sistema de lavado

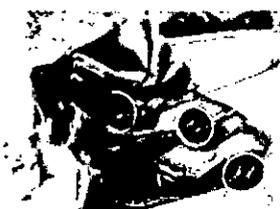
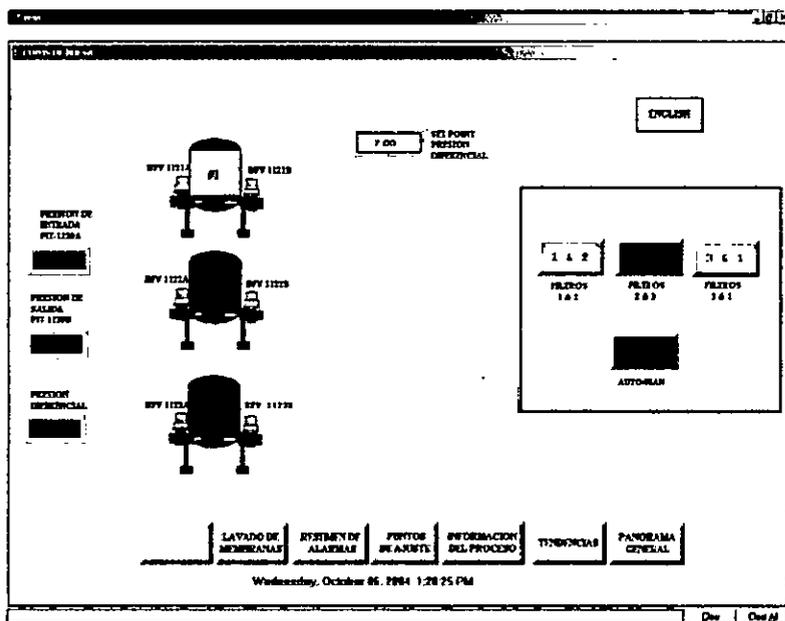
Variables críticas que afectan el sistema:

1. Temperatura de solución de alimentación (lavado a 12.5°C)
2. Concentración y tipo de sólidos disueltos TDS, en la solución Barren
3. Contenido de orgánicos y sólidos en suspensión en barren TSS
4. Flujo y presión de alimentación
5. ORP y PH
6. Seguimiento de programas de mantenimiento y lavado

1- Sistema de pre filtración: 3 filtros bolsa con cocadas de unas 5 micras (0.005 mm) impiden el paso de sólidos en suspensión, 2 operan y uno está en stand by. A mayor retención de sólidos en suspensión se saturarían los filtros traduciéndose en el incremento de su presión diferencial en ellos. **Si esta presión diferencial es mayor a 7 psi, se requiere cambiar los filtros bolsa.**

¹² Merrill Crowe: Planta del proceso de oro por Lixiviación(separación), donde se precipita el oro con zinc, su alimentación es una solución rica en oro Pregnant, y su sobrante es una solución pobre o Barren con metales y s

Figura 5: Monitor de control de filtros bolsa



Depósito y filtros bolsa

Fuente: manual RO II HWPT

Anti incrustante: Se añade después del pre filtrado, antes del ingreso

El **antincrustante Nalco 9714** retarda la precipitación de los carbonatos de calcio en las membranas el tiempo suficiente para que estas salgan en la corriente de concentrado.

La dosificación y concentración del antincrustante es un parámetro que se debe considerar para dicho efecto.

De dosificarse menos antincrustante del debido, los carbonatos precipitaran en las membranas, lo cual se refleja en un descenso del flujo de permeado, aumento de presión del sistema e incremento en la frecuencia del lavado ácido de las etapas de membranas.

La dosis adecuada de antincrustante en solución es de 165 ml/min.

2- Sistema de membranas:

Las membranas son elementos semi - permeables constituidos sobre la base de poliamidas. Su cocada promedio es del orden de 1 Armstrong (1A= 0.000 000 1 mm). Sus medidas exteriores son 1016mm de largo y 200 mm de diámetro.

Por esta razón para las partículas suspendidas es prácticamente imposible que atraviesen las membranas

Bombas de alta presión: son de 600 HP, asistidas por variadores de velocidad, suben la presión hasta 1000 psi, en función de la cantidad de membranas aguas abajo

Membranas: construidas en base de Poliamidas, requerimientos de operación óptimos:

PH Operación: 2.0 – 11.0

PH de Lavado: 2.0 – 11.5

Sólidos en suspensión totales: SST o TSS < 3 mg/l

Tolerancia al cloro: 1,000 ppm-horas

En las noches al descender la temperatura, se incrementa la velocidad de la bomba de alta presión (VFD) para producir el flujo de permeado deseado, a consecuencia de esto se incrementa la presión en el sistema.

Es por ello que es preferible llevar a cabo los lavados de las etapas de membranas durante el día, para poder apreciar mejor el efecto del lavado y si es que no ha dado resultado, llevar a cabo las acciones correctivas del caso.

Una temperatura adecuada para realizar un lavado es 12.3°C, en la práctica se hace a 40°C por las condiciones exteriores en el medio que está a 7°C.

Flujo en membranas:

El agua y moléculas orgánicas de escaso peso molecular se difunden a través de las membranas.

Las sales disueltas y moléculas orgánicas de mayor peso encontraran una mayor restricción a su paso al entrar en contacto con las membranas debido tanto a su carga como a su volumen y forma

A medida que el permeado es producido, la concentración de sales disueltas en la alimentación se incrementa.

De alcanzar la saturación de alguna sal proveniente de un metal, esta se precipita en las membranas.

Para mantener una velocidad constante en el flujo que atraviesa las membranas a medida que se va removiendo el permeado, se reduce el área de contacto, disminuyendo el número de Housings (carcasas, cubiertas, o cilindros porta membranas) en las etapas sucesivas.

Cada sistema de membranas consiste de 2 unidades de treinta y seis (36) cilindros de acero inoxidable de veinte centímetros (20 cm) u ocho pulgadas (8") de diámetro, que contienen a las membranas. El sistema EMS® es un proceso de tres etapas. La primera etapa consiste de treinta y seis (36) de estos cilindros de acero inoxidable, mientras que la segunda etapa utiliza veinticuatro (24) de ellos y la tercera etapa emplea doce (12) cilindros metálicos. Cada cilindro contiene seis (6) membranas.

La alimentación de la 2da etapa es con el permeado de la 1era etapa y la alimentación de la 3ra etapa es con el permeado de la 2da etapa

Tabla 3: Caudales por etapas en la planta RO II

Etapa	Rechazo, concentrado m³/ h por unidad	Recipientes de membranas por unidad	Caudal de rechazo por recipiente m³/ h
1ra etapa	239	36	7
2da etapa	160	24	7
3ra etapa	107	12	9

Fuente: manual RO II HWPT

C) Variables de operación de una RO:

Las variables más importantes y con un mayor efecto en el desarrollo del proceso son:

1. Solución de Alimentación
2. Nivel de solución en el Tanque Barren.
3. Temperatura, presión y flujo.
4. Contenido de TDS.
5. Contenido de Sólidos en suspensión.
6. ORP y PH.
7. Adición de anti incrustante
8. Adecuado rol de lavado de membranas
9. Mantenimiento y calibración de instrumentos de planta

Nivel de solución en tanque barren:

Se debe evitar tanto la disminución drástica del nivel del tanque como su rebose, debido a que una oscilación pronunciada en el nivel del tanque genera el ingreso del aire, el cual es succionado por la bomba de carga e introducido al sistema generando cambios bruscos en la presión de succión de la bomba de alta presión (cavitación) lo que a su vez origina una alarma que para la planta como medida de precaución para evitar malograr dicha bomba

Temperatura:

En las noches al descender la temperatura, se incrementa la velocidad de la bomba de alta presión (VFD) para producir el flujo de permeado deseado, a consecuencia de esto se incrementa la presión en el sistema.

Es por ello que es preferible llevar a cabo los lavados de las etapas de membranas durante el día, para poder apreciar mejor el efecto del lavado y si es que no ha dado resultado, llevar a cabo las acciones correctivas del caso.

Una temperatura adecuada para realizar un lavado es 12.3 °C

Contenido de TDS

El contenido de sólidos disueltos totales (TDS) es un parámetro estacional que por lo general se encuentra en valores por debajo de 1200 ppm.

Por ejemplo, si se procesa en planta de Merrill Crowe mayor flujo de solución proveniente de las plantas de carbón puede darse el caso de sobrepasar los 1200 ppm, disminuyendo dicho flujo se obtiene TDS entre 1000 y 1100 ppm.

PH Y ORP

El PH o acides de la solución (Potencial de Hidrogeno o concentración de ion hidrogeno en una solución. $\text{PH} = -\log [\text{H}^+]$, donde $[\text{H}^+]$ es la concentración molar del ion hidrogeno) es una variable importante de operación por tratarse de soluciones cianuradas, que en el caso del permeado tendrán que pasar por una etapa de cloración.

Para el agua pura a 25°C, si $[\text{H}^+] = 1.0 \times 10^{-7}$ M, entonces $\text{PH} = -\log (1 \times 10^{-7}) = 7$

El ORP es el potencial de óxido-reducción de una solución expresado en mv. En la precipitación de los metales valiosos por adición del zinc, se dan una serie de reacciones químicas por las cuales se forman complejos cianurados metálicos, esto conlleva a que el sistema presente un potencial de óxido-reducción que pondera el efecto de todas estas reacciones.

El Potencial de Oxido reducción, ORP, es un indicador de la limpieza del agua y capacidad de descomponer contaminantes

Se debe tener en cuenta que el ORP es una variable cualitativa, un cambio en la tendencia del ORP permite reconocer y advertir ciertas características de la operación en la planta de recuperación de oro que afectan las características del barren de alimentación a la planta de osmosis inversa.

Si se agrega un agente oxidante a la solución el ORP aumentara (por ejemplo el cloro), en cambio si se agrega un agente reductor el ORP disminuirá.

La presencia de valores de ORP muy alejados del rango (ya sean positivos o mucho menores) indican que la alimentación a la planta propicia la precipitación de mercurio en las membranas en el primer caso o también en combinación con un aumento en el pH y fuerza de cianuro indica que se están generando condiciones propias de un lavado básico con la consiguiente remoción de mercurio de las membranas y aumento de su valor en el permeado tratado.

El potencial redox es una medida de la actividad de los electrones. Está relacionado con el pH y con el contenido de oxígeno. Es análogo al pH ya que el pH mide la actividad de protones y el potencial redox mide la de los electrones.

El potencial redox se calcula como:

$$Eh = 1,234 - 0,058 \text{ pH} + 0,0145 \log (10) P_o$$

Siendo P_o la presión parcial de oxígeno expresada en atmósferas.

En las aguas si el oxígeno está en equilibrio con el atmosférico y el pH es de 7, el valor es de + 0,86 mv a 0 °C y de + 0,80 mv a 25 °C. En las aguas dulces y marinas raramente baja de + 0,3 mv excepto cuando hay gran escasez de oxígeno.

La conductividad de una solución acuosa es una medida de la habilidad acuosa para conducir una carga eléctrica

A modo de conclusión ¿Cómo debería ser el agua, en relación al PH y ORP?

- 1- Sin contaminantes
- 2- PH ligeramente alcalino
- 3- ORP negativo, en lo posible -300mv

Sistema de lavado de membranas:

Identificación de condiciones de lavado

1. A temperatura constante, se presenta un incremento de presión sostenido en el sistema de membranas y descenso del flujo de permeado:
2. Saturación por carbonatos y sales

Por lo tanto se recomienda lavado ácido de la 2da y 3ra etapa en línea

3. La presión del sistema tiene un súbito aumento y a pesar de los lavados realizados no regresa al valor original.

Mercurio y/o zinc depositado en las membranas.

Por tanto se recomienda Lavado offline de la 1ra etapa con cianuro, previo lavado ácido

Producto de la operación las membranas se ensucian con diferentes agentes, principalmente:

- Suciedad y materia orgánica.
- Carbonatos y sales inorgánicas, como carbonato de calcio CaCO_3
- Sulfatos, como sulfato de calcio CaSO_4
- Metales precipitados, como el hierro Fe y manganeso Mn

Estos contaminantes por su naturaleza y diversidad, dan lugar a 3 tipos de lavado o limpieza de las membranas:

1. Lavado ácido o de pH bajo:

Se emplea para remover las sales y carbonato de calcio depositadas en las membranas.

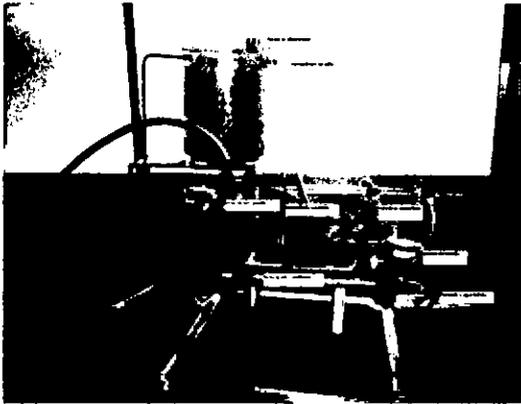
Se realiza a un pH igual a 2

2. Lavado básico o de pH alto:

Se emplea para remover suciedad y materia orgánica presente.

primeras pruebas demostrativas en laboratorio del proceso y se desarrollan el primer módulo de aplicación real en terreno

Figura 10: Fotos de pruebas previas en RO



Prueba en laboratorio



Prueba piloto en campo

Fuente: HWPT

Los primeros resultados del laboratorio que certifican los porcentajes de elementos químicos de Barren, Concentrado y Permeado del RO II, están en el anexos 4 y 5 y página 116

B) Planificación

Aquí se desarrollaron los planes y controles del proyecto. Esto se elaboró con el Gerente de Proyecto y el constructor de Planta

Sus entregables son:

1. Plan general o Plan Maestro de Trabajo para el proyecto (PMT), desarrollado en la fase de inicio (visualización).
2. EDT / WBS. Estructura Desglosable de Trabajos, Works Break Down Structure
3. Plan Detallado de Trabajo (PDT).
4. Cronograma.
5. Análisis de Riesgos.

Se efectúa a un pH igual a 11

3. Lavado con cianuro:

Se utiliza una solución cianurada concentrada para disolver el mercurio y zinc precipitados en las etapas de membranas ante un aumento de presión que no puede ser recuperado por otros tipos de lavado.

Las condiciones de lavado son similares a las del lavado con pH básico.

Todo el cianuro utilizado debe ser desechado, no se debe almacenar en el tanque de lavado

Métodos de lavado

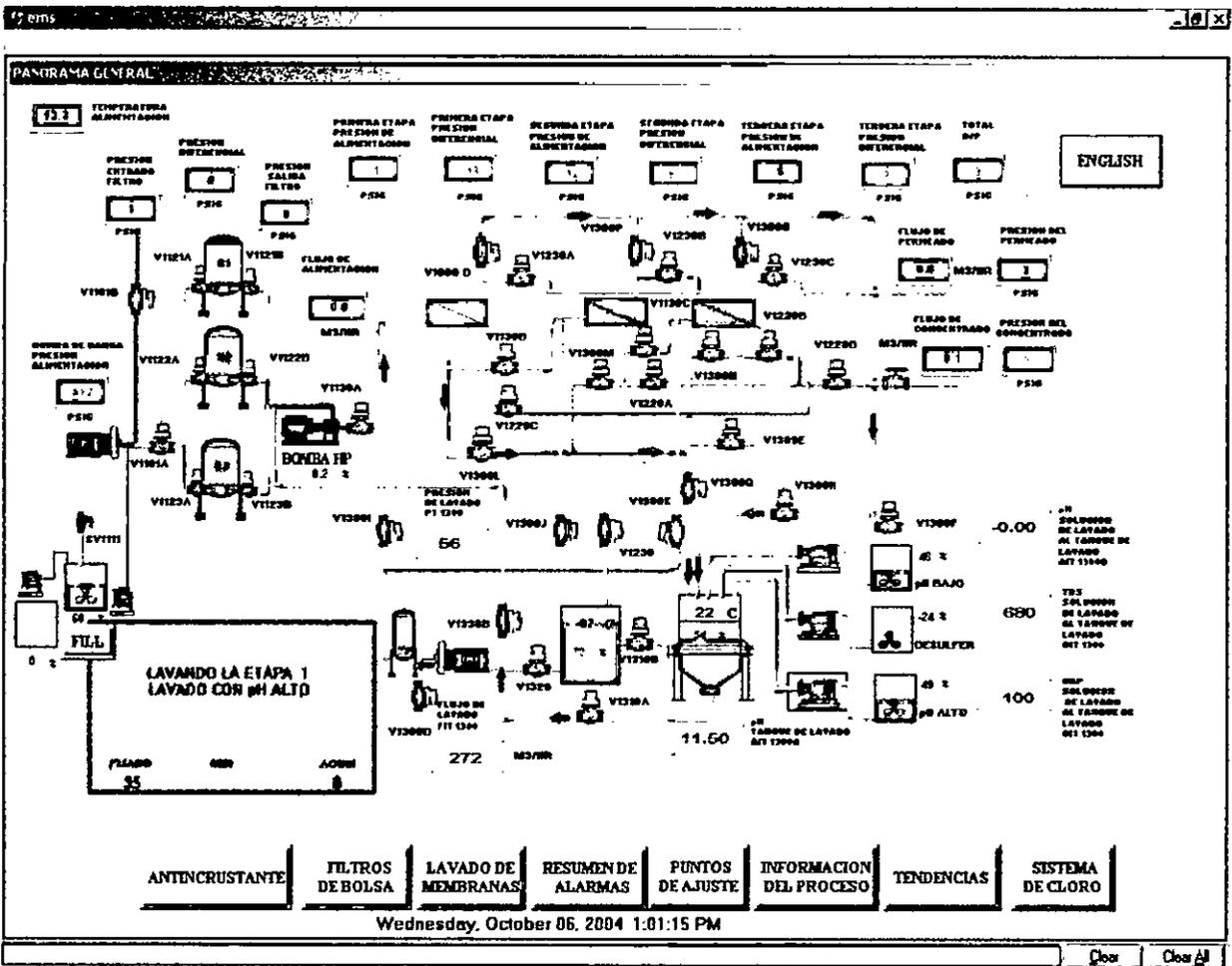
Existen 2 métodos de lavados posibles, los lavados en línea con la planta operativa y produciendo permeado y los lavados offline con la planta parada.

Los dos lavados más frecuentes son:

1. Lavado en línea de la 2da y 3ra etapa con detergente ácido.
2. Lavado offline de la 1ra etapa con detergente básico.

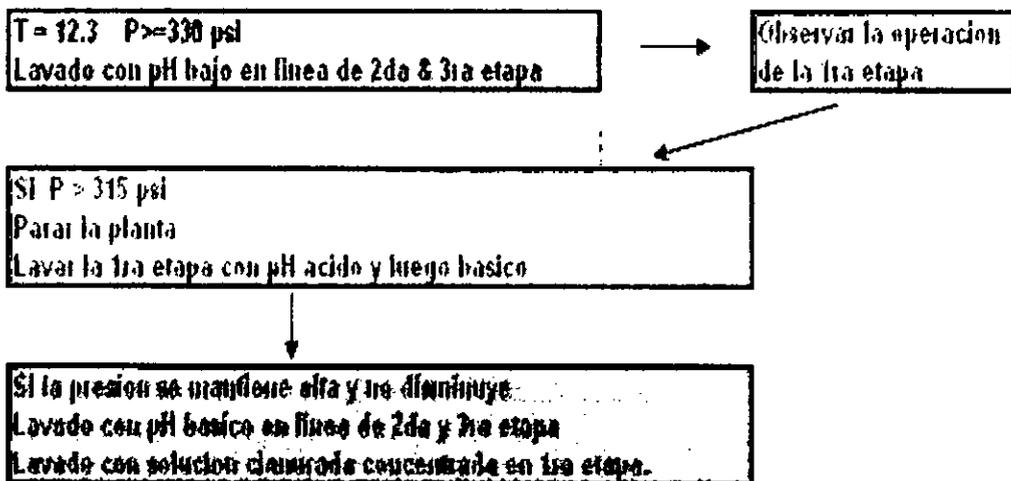
Hay que tener en cuenta que antes de realizar un lavado de cualquier etapa de membranas con detergente básico, para obtener mejores resultados primero se debe llevar a cabo un lavado de dicha etapa con detergente ácido.

Figura 6: Lavado de membranas en 1ra etapa con PH alto



Fuente: manual de RO II HWP

Figura 7: Resumen de criterio de lavado de membranas



Fuente: manual RO II HWPT

Rangos de operación de una planta RO:

Los siguientes parámetros críticos deben ser mantenidos en todo momento:

1. Presión de operación: ...Máximo 400 psig
2. Temperatura: ...Máximo 122 F (50°C)
3. PH para la operación: ...4.0–11.0
4. PH para el lavado: ...2.0–11.5
5. SST o TSS (Sol. Susp. Tot.)...< 3 mg/l
6. Tolerancia al cloro: ...1,000 ppm
7. Caída de presión por etapa: ...< 50 psig
8. Recuperación de permeado: ...Máximo 7

4.6 Fases del Proyecto

El proyecto de montaje de Plantas de Osmosis inversa RO, lo propongo desde el planteamiento del PMI, es decir en 2 partes generales a evaluar:

- 1- Las fases o ciclo de vida de todo Proyecto¹³
- 2- La gestión o ejecución del Proyecto

4.6.1 Fases o ciclo de vida del proyecto

PMI y PMBOK¹⁴

PMI: (Project Management Institute). Entre sus principales objetivos se encuentran formular estándares profesionales, generar conocimiento a través de la investigación, y promover la Gestión de Proyectos como profesión a través de sus programas de certificación. Dentro de sus publicaciones se encuentra el PMBOK (Guía).

PMBOK Del PMI: Guide to the Project Management Body of Knowledge – Project Management Institute. Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos (Guía del PMBOK®), que consiste en una colección de procesos y áreas de conocimientos e identificación de fundamentos de la dirección de proyectos, más conocidas como mejores prácticas. El libro es reconocido mundialmente como un estándar (En American National Estándar ANSI/PMI 99-001-2008) que provee los lineamientos para la gestión de proyectos.

¹³ PMBOK, capítulo 2

¹⁴ PMI / PMBOK: "A Guide to the Project Management Body of Knowledge". Cuarta edición. 2008

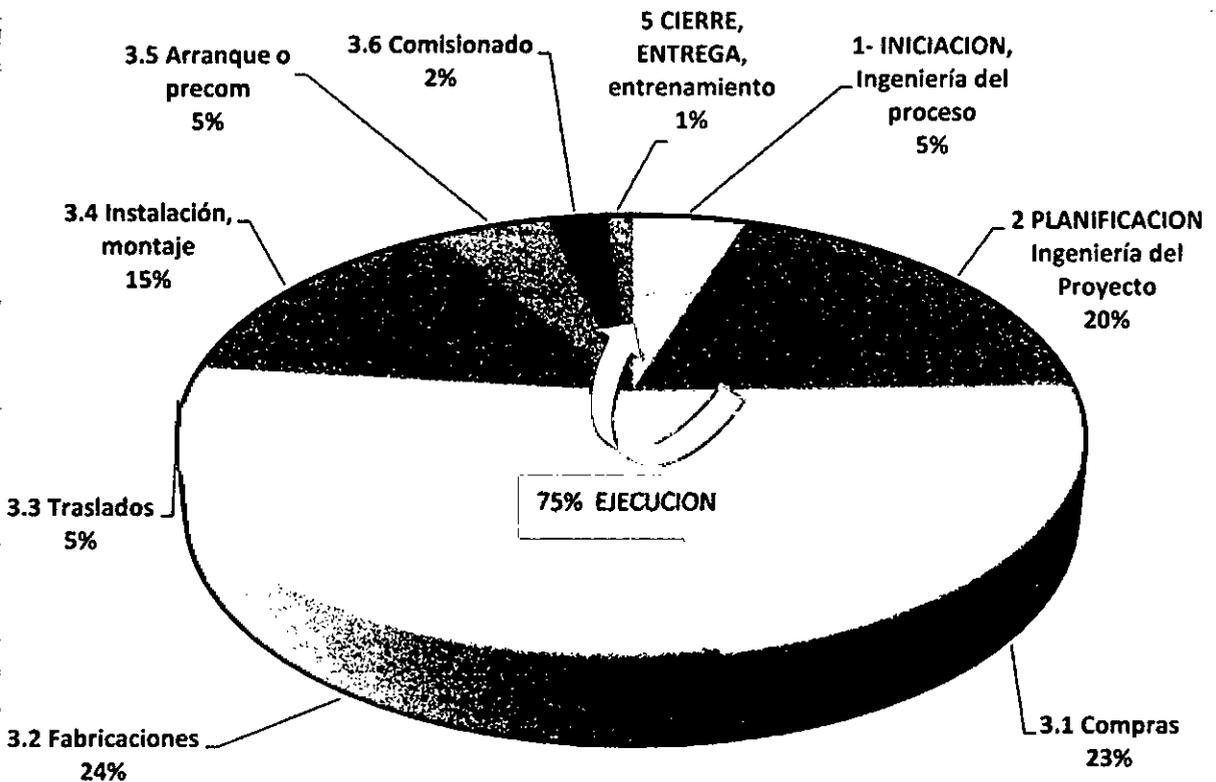
Las 4 fases esenciales o ciclo de vida macro, según y 3 del PMBOK, en este proyecto RO son:

Figura 8: Fases básicas de un proyecto de montaje de planta RO

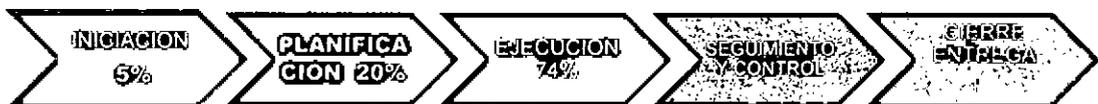
	FASE	ESQUEMA POR MESES: 12												DIAS	%	
1	INICIACION, Ingeniería del proceso	X													30	5
2	PLANIFICACION															
	Ingeniería del Proyecto		X	X	X	X									120	20
3	EJECUCION														300	75
	3.1 Compras				X	X	X	X	X						140	23
	3.2 Fabricaciones						X	X	X	X	X				150	25
	3.3 Traslados									X					30	5
	3.4 Instalación, montaje										X	X	X		90	15
	3.5 Arranque o pre comisionado												X	X	30	5
	3.6 Comisionado													X	15	2
	SEGUIMIENTO Y CONTROL, Supervisión, QA/QC, HSEC			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
4	CIERRE, ENTREGA, entrenamiento													X	7	1
														TOTAL		100

Fuente: Elaboración propia, en base al PMBOK

Figura 9: Fases de un proyecto RO 500 en porcentajes



ESQUEMA DE FASES O CICLO DE VIDA DEL PROYECTO RO



Fuente: Elaboración propia

A) Iniciación

Esta parte contempla la atención y estudio de la necesidad con participación de los interesados como:

1. Cliente, Sponsor o financista. Que agua entregara y que agua recibirá.
2. Usuarios, beneficiados, comunidad - consultas previas como la calidad o Clase de Agua a recepcionar
3. Operarios que operan planta RO, procesistas, mantenimiento.
4. Constructor y supervisión de planta, seguridad y calidad.
5. Ingeniería del Proyecto

Esto generara documentos- actas escritas, para los criterios a considerar para los diseños y revisiones de Ingeniería básica y de detalle. Aquí se establecen los documentos:

1. Acta de constitución del proyecto
2. Alcance del Proyecto, preliminar
3. Alineación estratégica y opciones de factibilidad
4. Evaluaciones económicas y riesgos
5. Estimación de presupuestos y tiempos

Las reuniones serán bajo modelamiento en 3D dirigidas por la gerencia del Proyecto, con una ingeniería básica superior al 60% del Proyecto¹⁵, y una reunión final con el 100% de la ingeniería básica.

El Agua solicitada por el cliente para el RO II es de clase 3 o agua para riego o bebida para animales, ver anexo 6En esta etapa de iniciación, se hacen las

¹⁵ Pacific-PRE, página 4, ver Bibliografía

6. Detalle del Presupuesto.

7. Ejecución:

7.1 Recursos.

7.2 Personal.

7.3 Diseño.

8. PEP o Plan de Ejecución del Proyecto, dentro del cual se encuentran los siguientes planes:

Tabla 4: Contenidos de un Plan de ejecución de Proyecto PEP

No.	DESCRIPCIÓN
1	Plan de Compras y Contratación (procura)
2	Plan de Programación y Control de Proyectos
3	Plan de Recursos Humanos
4	Plan de Manejo del Cambio
5	Plan de Control Presupuestal (presupuesto)
6	Plan de HSE, seguridad y medio ambiente
7	Plan de RSC, Responsabilidad Social Corporativa
8	Plan de Seguridad Física
9	Plan de Manejo de Tierras
10	Plan de Aseguramiento de calidad e Integridad
11	Plan de Comunicaciones
12	Plan de Documentación / Gestión Documental Procedimiento para la Identificación y Control de Documentos e Infraestructura.
13	Plan de Relaciones con Socios y Partes Interesadas
14	Plan de Ingeniería
15	Plan de Construcción
16	Plan de Comisionan y Puesta en Marcha.
17	Plan de Cierre del Proyecto
18	Plan de Análisis de Riesgos

Fuente: Pacific, PRE. Ver bibliografía

C) Ejecución:

A medida que se iba materializando cada actividad del proyecto, el gerente enfatizaba la dirección integral del proyecto:

- 1) Cumplir procedimiento de contratación.
- 2) Selección, control y evaluación de contratistas y personal asociado.
- 3) Soportar proceso de aseguramiento de calidad: control del tiempo y del alcance. Esto se materializa en la Gestión de construcción, que se verá en este informe en el ítem siguiente 4.8.2 Gestión de la del proyecto
- 4) Gestión de comunicaciones,
- 5) Manejar expectativas de los involucrados: jefes, comités, HSE, QA, laboral, RSC, finanzas, compras y contratación

D) Seguimiento y Control:

Diariamente el gerente del proyecto debe estar al tanto sobre:

- 1) Avance de actividades programadas para el día. Es clave: el formato reporte diario del constructor, visado por la supervisión y archivado por Control documentario. Esto incluye fotos diarias de avance o problemas en el reporte.
- 2) Órdenes o solicitudes de cambio que no son parte del alcance; esto se concreta en el formato Instrucción de Construcción
- 3) Actividades de seguimiento de cambios, verificados
- 4) Eventos importantes sobre:
 - Contratación.
 - Laboral.
 - RSC. Responsabilidad Social Corporativa
 - Finanzas.

5) No Conformidades NCR, Consultas Técnicas. Ver anexo 15

Semanalmente deberá controlarse

- 1) Cronograma
- 2) Balance de recursos humanos.
- 3) Ejecución de presupuesto: (gastado, comprometido y balance)
- 4) Balance del desempeño
- 5) Mitigación de riesgos.
- 6) Plan de contratación.

Mensualmente deberán analizarse y preparar los hechos resultantes del desempeño del proyecto

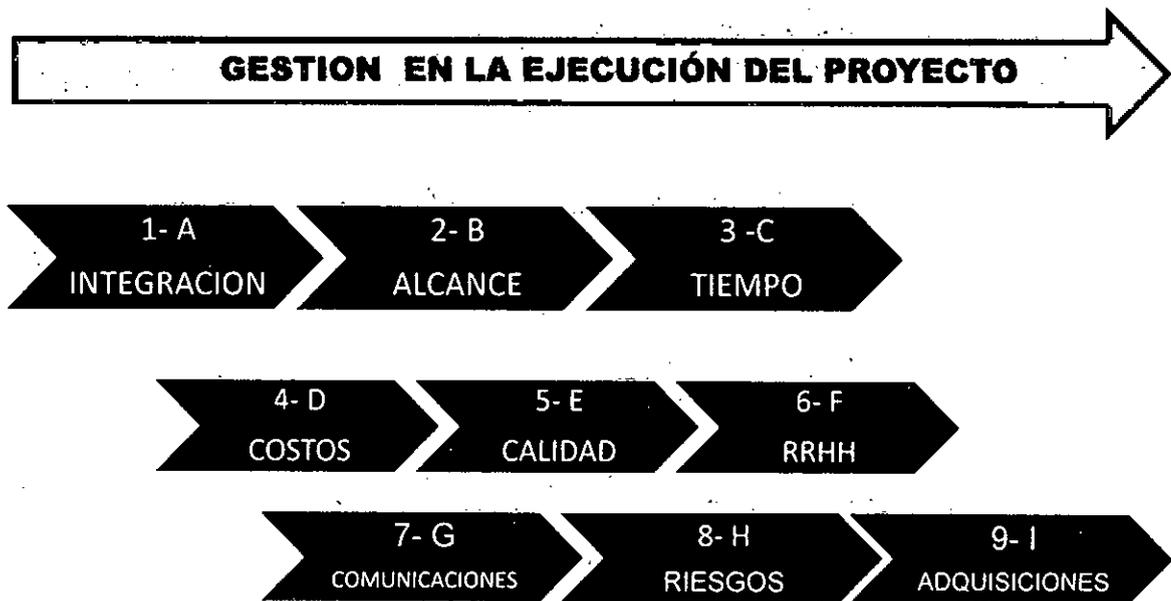
E) Cierre:

Al momento del cierre debe garantizar el cumplimiento de las siguientes actividades:

- 1) Cierre Administrativo y Financiero: contrataciones y presupuesto.
- 2) Cierre Técnico: Entrega de sistemas: puntos pendientes, Punch List
- 3) Informe Final del Proyecto

4.6.2 Gestión en la Ejecución del Proyecto

Figura 11: Gestión de la ejecución del Proyecto



Fuente: Pacific, PRE, y PMBOK.

El Proyecto contempla 9 áreas de Gestión a tomar en cuenta, según PMBOK, capítulos 4 al 11. Estas áreas están como partes de Conocimientos necesarios en la Dirección de Proyectos

Por el objetivo de este proyecto daré mayor peso a los ítems 3, 5 y 8: Gestión de Tiempos, Calidad, y Riesgos, el ítem 4 Costos, se tratará en el capítulo V Evaluación Técnico Económica.

A) Gestión de la Integración: Procesos y actividades que integran los diversos elementos de la dirección de proyectos. Incluye los procesos y actividades necesarios para identificar, definir, combinar, unificar y coordinar los diversos, procesos y actividades de la dirección de proyectos, dentro del grupo de procesos de dirección de proyectos. En el contexto de la dirección de proyectos, la integración incluye características de unificación, consolidación, articulación, así como las acciones integradoras que son cruciales para la terminación del proyecto, la gestión exitosa de las expectativas de los interesados (Stakeholders)

y el cumplimiento de los requisitos durante las etapas de maduración del proyecto. (Clientes, supervisión, constructores) o según ítem 4.8.1.1 Fase de Iniciación

El gerenciar la ejecución, o supervisar el proyecto se inicia luego del proceso de selección del constructor y de la supervisión del constructor. Esto se inicia contractualmente con:

Reunión de Arranque (kick off Meeting): KOM

Esta reunión (o serie de reuniones) debe celebrarse lo antes posible, luego del otorgamiento del contrato, o al inicio de un proyecto o ejercicio comercial. Dentro de los propósitos de esta reunión están los siguientes:

- 1- Verificar los objetivos y el alcance de la contratación o compra del bien o servicio.
- 2- Aclarar las condiciones y el lugar para la prestación y entrega del bien o servicio.
- 3- Establecer el modus operandi inicial (actividades, revisiones, aprobaciones, reportes).
- 4- Evitar diluir responsabilidades luego de la actividad del proceso de licitación.
- 5- Implantar el cronograma de ejecución de arranque sometido por el contratista.
- 6- Presentar los miembros y puntos focales de los equipos de trabajo de las partes.
- 7- Informar y establecer mecanismos de comunicación sobre las orientaciones y cambios en el proyecto.
- 8- Cubrir las actividades o requerimientos en los ámbitos administrativos, técnicos y de calidad, que requieren acción temprana o que son necesarias para la ejecución del contrato.

9- Hacer que los trabajos tengan un comienzo rápido y efectivo.

10- Aclaración o entrega de documentos de referencia y/o especificaciones aplicables.

Deberá quedar un Acta como producto de esta reunión y siguientes reuniones semanales.

B) Gestión del Alcance: Procesos necesarios para asegurarse de que el proyecto incluya todo el trabajo requerido, y sólo el trabajo requerido, para completarlo exitosamente. (Alcance y objetivos claramente definidos).

El alcance de HWPT, para el Proyecto RO II de 500 m³/ h es:

El contratista ha sido requerido para realizar el servicio especializado de “Asistencia Técnica Especializada de Proveedor en la Construcción de la Planta de Tratamiento de agua RO 500 Fase II en Pampa Larga (Osmosis Reversa- EMS Plant 500 m³ / h).

Esto incluye Construcción Precomisionamiento y entrenamiento de personal en todas las disciplinas (eléctrica, mecánica, instrumentación, proceso), en 2 modalidades, asesoría remota (Denver – Colorado, EEUU) y Asesoría en terreno (Cajamarca, Perú).”

El Trabajo concreto que realizo la empresa contratista Harrison Western HWPT, fue apoyar a Minera Yanacocha en la supervisión al constructor SSK, en Cajamarca el año 2010

C) Gestión del Tiempo: Se centra en los procesos que se utilizan para garantizar la conclusión a tiempo del proyecto. (Cronograma aprobado)

El cronograma base resumen como objetivo de este Informe lo planteo en términos de instalación de una Planta RO bajo los criterios de Gestión del PMI, para cualquier Planta semejante, al margen del cronograma detallado del constructor.

Planteo 260 días hábiles incluidos medio sábado, semejante a 365 días calendarios, para una planta según este alcance

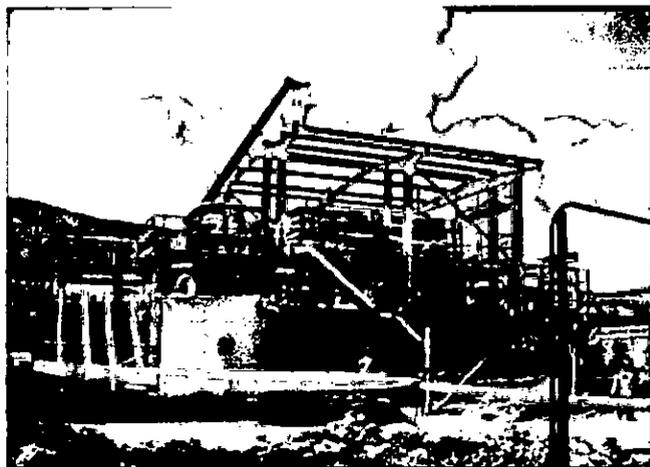
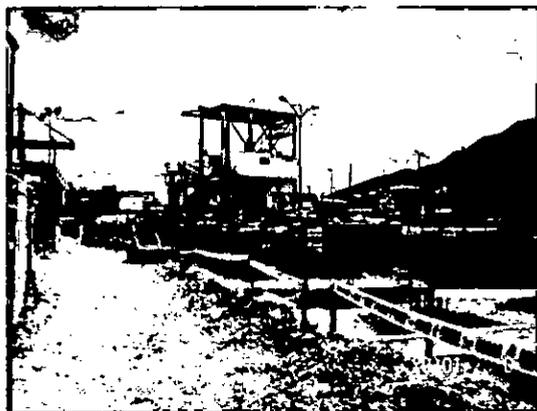
Tabla 5: Propuestas de tiempos para montaje de RO 500

Descripción	Días hábiles	Días calendarios	Meses calendarios reales	Revisar en concursos, meses calendarios
Construcción	170	240	8	6 en concurso (planteo 8 meses mínimo)
Todo el Proyecto en campo	260	365	12	
Todo el Proyecto desde solicitud	520		24	

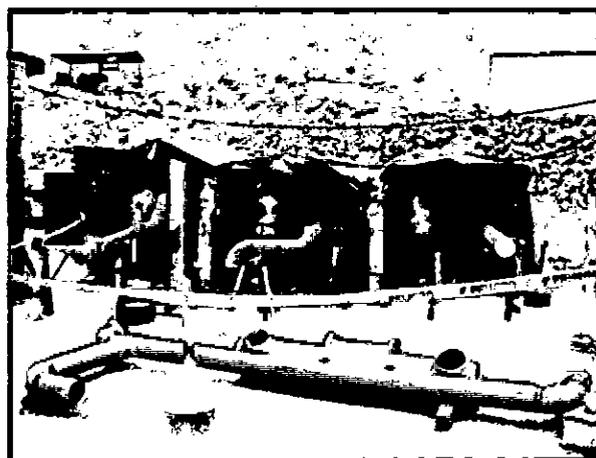
Fuente: Elaboración propia

Figura 13: Fotos del proceso de montaje de una RO II

Fuente: Elaboración propia



1 Compactaciones, malla y pozos de tierra y concreto, 2 Montaje de estructuras y

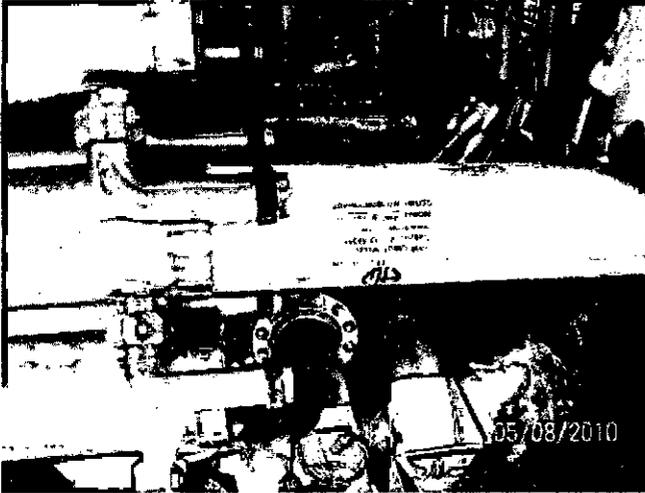


3 Montaje de equipos, bombas de alta

4 Fabricación en paralelo de spool

Isométricos

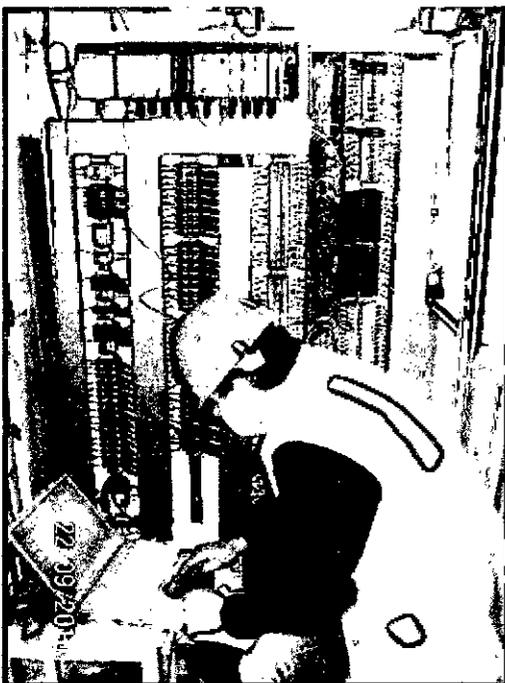
Figura 17: Proceso de montaje RO II, continuación. Fuente: elaboración propia.



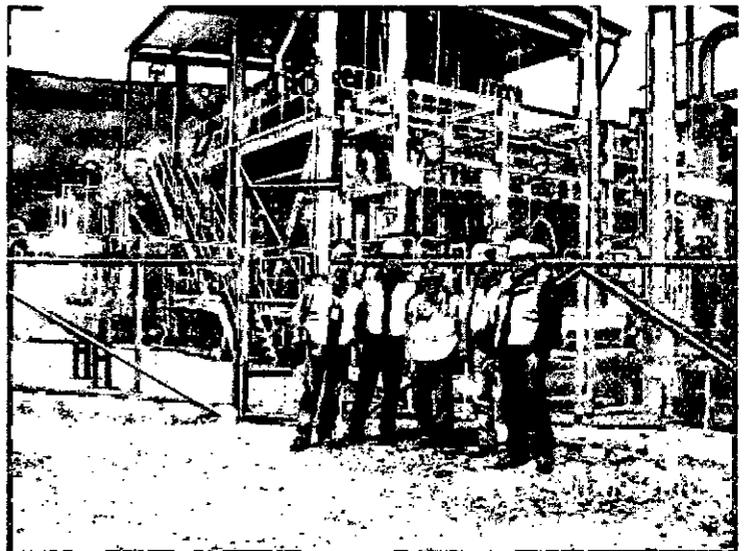
5 Montaje de membranas



6 Montajes en sala eléctrica



7 Programación de operación de planta



8 Planta culminada

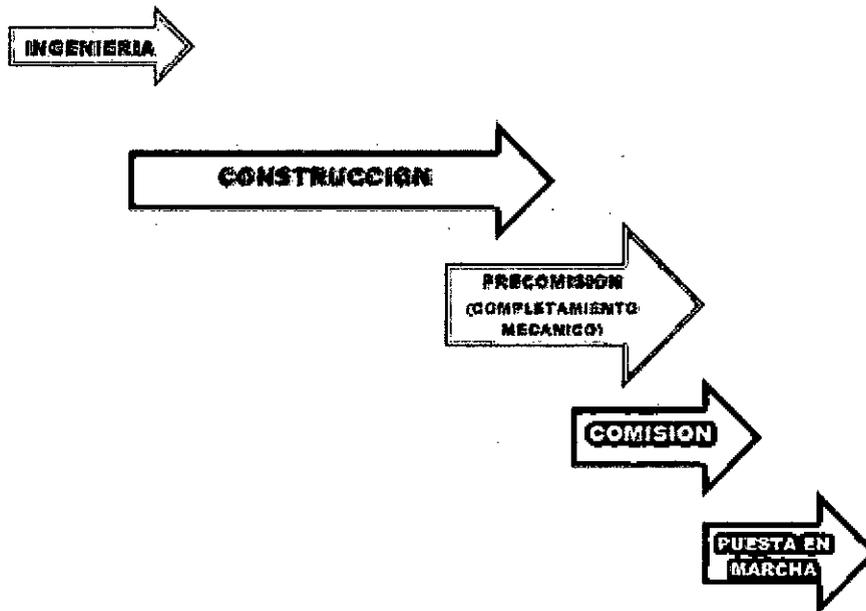
D) Seguimiento a la ejecución del proyecto:

Durante la ejecución del proyecto es de suma importancia el control y seguimiento en el cumplimiento de los hitos del proyecto para la materialización del Plan de Ejecución del Proyecto, esto incluye el control de todas las fases del EPCC¹⁶:

1. Compras y Contratación
2. Ingeniería
3. Construcción
4. Precomisionamiento, y
5. Comisionamiento
6. Puesta en marcha

¹⁶ EPCC: Ingeniería Procura Construcción y Comision

Figura 14: Plan general para la ejecución de proyectos



Fuente: Elaboración propia

Construcción¹⁷:

Esta actividad es uno de los pilares para la materialización del Plan de Ejecución del Proyecto (PEP). El gerente del Proyecto con todo su equipo de trabajo de construcción, deberán garantizar que este plan se ejecute eficazmente.

Entre la información de entrada al proceso constructivo está la siguiente:

1. Contrato: Alcance del trabajo o servicio.
2. Términos de referencia con alcance y entregables.
3. Presupuesto.
4. Políticas y anexos contractuales como: HSEQ; Responsabilidad Social-RSC, Seguridad Física; Relaciones Laborales, otras.

¹⁷ Pacific, PRE. Ver Bibliografía

5. Licencias y permisos de trabajo (permisología operacional).
6. Entregables y gestión documental; por Ej. Entrega de Dossier de Construcción, etc.).
7. Plan Detallado de Ejecución – conciliar los PEP del contratista con el PEP del Proyecto, incluye: Plan de Calidad; Plan de Inspección y Ensayos; Plan de Recursos Humanos, Plan de Requerimiento y Suministro de Materiales, Plan de Movilización e instalaciones provisionales, Manejo de Comunicaciones,
8. Planos y diseños Aprobados para Construcción (“AFC”): Dossier de Ingeniería de Detalle -EDD.
9. Organigrama del contratista para la ejecución del proyecto y puntos focales.
10. Trabajos a subcontratar.
11. Acta de Kick Off Meeting.
12. Procedimientos constructivos.
13. Formatos y procedimiento para medición y validación de actas de corte de obra ó entrega parcial.
9. Procedimientos manejo de Comunicaciones enviadas.
10. Procedimientos manejo de Comunicaciones recibidas.
11. Procedimiento para manejo del cambio en Diseño, Compras y Construcción.
12. Formatos y procedimiento para seguimiento y reporte diario de actividades, Actas de reunión de obra, Memorias de obra, etc.
13. Procedimiento y/o Formatos: Inspecciones, informes de HSE, permisos de trabajo y ATS (formato de análisis de trabajo seguro)
14. Monitoreo y auditorias de Aseguramiento de Calidad.
15. Especificaciones para trabajo en jornadas extraordinarias.

Seguimiento de la Construcción

1. El Residente velará por la supervisión de la ejecución de las obras.
2. Diariamente se realizan las siguientes actividades de seguimiento, entre las cuales están:
3. Avance de actividades programadas para el día.
4. Cambios de la Ingeniería.
5. Actividades de seguimiento de cambios.
6. Reportes diarios de avance de obra en sitio.
7. Reuniones de coordinaciones de ejecución de obra multidisciplinarias.
8. Supervisar el Balance de los Recursos Humanos.
9. Revisión y análisis de los Indicadores HSE del proyecto, apoyando las políticas de cero tolerancia al riesgo ambiental y de recursos humanos.
10. Indicadores de cumplimiento de aseguramiento de calidad, No conformidades, Pendientes tipo A y tipo B.

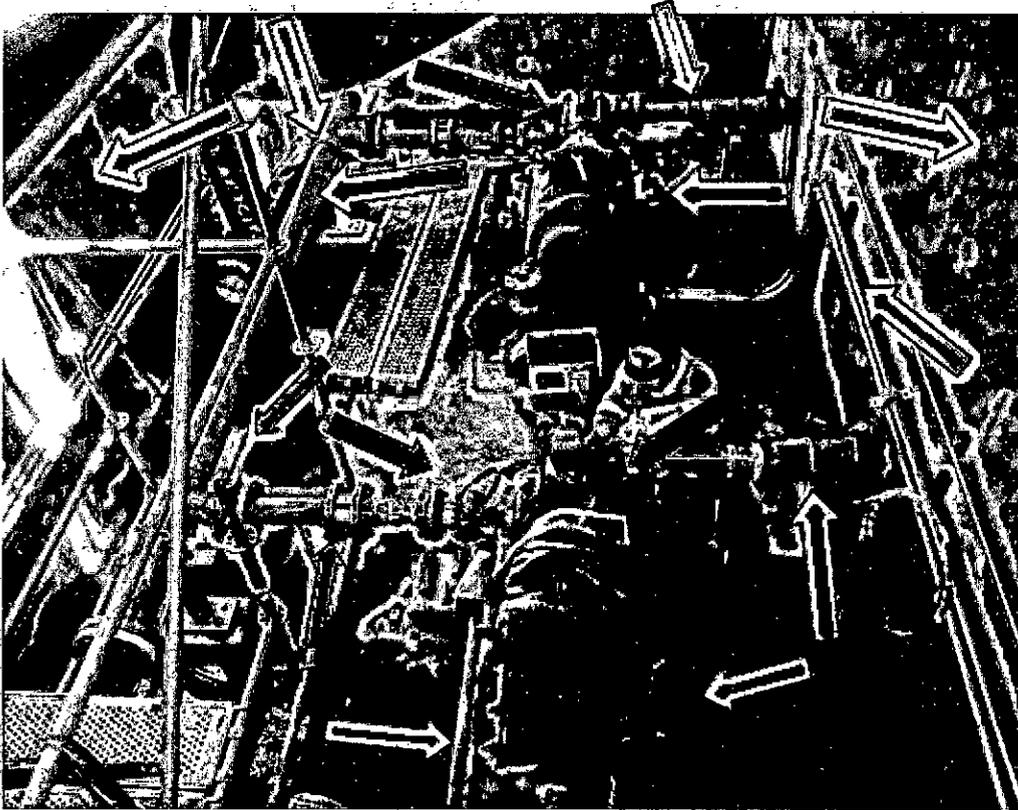
Precomisionamiento, Comisionamiento y Puesta en marcha

Adiestramiento:

1. Durante las fases de Precomisionamiento y Comisionamiento deberán realizarse las actividades de adiestramiento del Equipo de Arranque (y/o grupo de Operaciones y Mantenimiento), contemplando aquellas actividades para la materialización del Plan de Aseguramiento Tecnológico de la Planta.
2. Dentro de las actividades de entrenamiento y formación se deben tener en cuenta los siguientes aspectos:
3. Instructores.

4. Nivel del entrenamiento frente a nivel de los operadores.
5. Entrenamiento interno o externo.
6. Tipos de entrenamiento teórico prácticos en:
 - 6.1 HSE (seguridad Industrial & salud Ocupacional, y Ambiente).
 - 6.2 Entrenamiento externo: de parte del proveedor, referente a especificaciones técnicas, y manuales de operación y de mantenimiento de los equipos.
 - 6.3 Entrenamiento Interno: De parte del grupo de Arranque para el adiestramiento operacional y de mantenimiento.

Figura 15: Foto muestra para lista de pendientes o Punch list



- CIVIL
- MECANICA
- ELECTRICA
- INSTRUMENTACION
- PIPING
- SOLDADURA

Fuente: Área de Precomisionado empresa HATCH, Alpamarca - Volcan

Precommissioning (Precomisionamiento)

Conjunto de actividades de verificación, inspección y ensayos estáticos sin energía y/o de fluidos de proceso, que se realizan previos a la terminación o completamiento mecánico y posteriores a la terminación de la construcción. Corresponde a todas las pruebas estáticas (no de funcionamiento) que se realizan a las instalaciones, equipos, circuitos, subsistemas, sistemas, para lograr la terminación mecánica a satisfacción asegurando que lo construido es concordante con la ingeniería aprobada. Se trabaja sobre los Sistemas en que se divide la Planta en una condición de desenergización de la planta.

Completamiento Mecánico – (Precomisionamiento): Se formaliza con la entrega del Certificado de Completamiento al grupo de Comisionamiento y comprende la certificación de todas las pruebas y chequeos en frío o sin carga, ejecutados por el Contratista de Construcción y validados por el equipo de Precomisionamiento, antes del arranque de un sistema o planta.

Al comienzo de esta fase, la organización de construcción del proyecto aún continúa existiendo y pasa a ser un grupo de soporte al grupo de arranque. Éste último debe comenzar a preparar las instalaciones para el arranque inicial, a medida que las reciba de la organización de construcción, es necesario que exista el acompañamiento del equipo de operaciones, para las actividades de entrenamiento, Precommissioning, Comissioning y Puesta en Marcha.

Dentro de las actividades, inspecciones y pruebas necesarias para confirmar que los elementos apropiados para la seguridad de proceso han sido cubiertos satisfactoriamente y la instalación se encuentra en condiciones seguras de operar están las siguientes:

1. **Check List de Revisión de Ingeniería:** Listado de actividades de Ingeniería que deben revisarse y verificarse en un proceso, para establecer si existe o no existe y si aplica o no aplica, previo a la delimitación de Sistemas y subsistemas.
2. **Listado Maestro de Ingeniería:** Listado definitivo de documentos de ingeniería que soportan un proceso y que son de obligatoria aplicación y

cumplimiento: P&ID. Ingeniería conceptual, Planos generales y de detalle, especificaciones, típicos de montaje, instrucciones, etc.

3. **Certificados de Ejecución:** Son los Certificados que aseguran las actividades de QC del contratista, en cuanto a pruebas en frío (sin energizar, sin fluidos, sin carga) de equipos: Prueba hidrostática de tuberías, Alineación / nivelación de equipos rotativos, aislamiento y continuidad de cables de control, etc.

4. **Listas de Chequeo de Ejecución:** Relación de actividades de alistamiento o completamiento, que deben ser verificadas por el grupo de precomisionamiento, previas al arranque del Sistema.

4.1 Verificaciones exhaustivas de instalación de equipos.

4.2 Inspecciones exhaustivas de instalación de equipos.

4.3 Inspecciones exhaustivas de tuberías, válvulas, etc.

4.4 Inspecciones exhaustivas de instrumentos y válvulas de seguridad.

4.5 Instalación y pruebas de cables.

4.6 Pruebas hidrostáticas.

4.7 Limpieza interior de tuberías y equipos.

4.8 Actividades de secado.

4.9 Reinstalaciones.

4.10 Verificaciones no energizadas.

4.11 Comprobación de aislamientos.

4.12 Pruebas de hermeticidad.

4.13 Pruebas de soldadura.

4.14 Pruebas de megohmetro.

4.15 Alineamiento de los equipos.

4.16 Rotación y rodaje inicial de motores.

4.18 Inspección de recipientes.

4.18 Secado y Purgado y Limpieza de sistemas (Lavado de sistemas y limpieza química interior y/o exterior).

4.20 Calibración de instrumentos.

4.21 Comprobación de equipos de seguridad (detectores, contra incendios, primeros auxilios, etc.).

4.22 Carga inicial de aceite y químicos.

Documentos de ingeniería que son elementos de entrada para el proceso de certificación:

1. Filosofía de operación y control
2. PFD: Diagramas de flujo de proceso
3. P&ID: Diagramas de tubería e instrumentación, incluye en 3D
4. Diagramas unifilares
5. Diagramas de lazos de control
6. Listado de tubería
7. Listado de cables potencia
8. Listado de cables de control
9. Listado de instrumentos
10. Listado de señales
11. Listado de equipos mecánicos
12. Listado de equipos eléctricos
13. Hoja de datos equipos mecánicos
14. Hoja de datos equipos eléctricos
15. Hoja de dato Instrumentos

Como actividades generales a tener en cuenta para el Plan de Precommissioning, están:

1. Lista de cierre de los contratos de construcción.
2. Documentación de toda la construcción.
3. Entrega de los documentos del proyecto al grupo de operaciones (planos, catálogos mecánicos, manuales de operación y mantenimiento, etc.)
4. Actas de Finalización de Obra.
5. Puntos pendientes de construcción (no relacionados con la operación). Punch list cerrado en puntos A
6. Lista de materiales sobrantes.
7. Plan preliminar de arranque.
8. Acta de Terminación Mecánica.

Comisionamiento

Corresponde al conjunto de actividades de inspección y ensayo dinámicos, con energía y/o fluidos de proceso, realizadas con el fin de asegurar las condiciones necesarias para la puesta en marcha. También se conoce como "Pruebas Pre-operacionales" y hacen referencia a todas las pruebas dinámicas (de funcionamiento) que se realizaran después de obtener el "Certificado de Terminación Mecánica", que incluyen las verificaciones y tests con los sistemas ya en condición energizada, tanto desde el punto de vista eléctrico como del ingreso de fluidos a presión, conduciendo a la planta a la condición de Lista para Puesta en Marcha.

Dentro de las inspecciones del Commissioning están:

1. Energización de equipos.
2. Acción y Pruebas de todos los instrumentos y lazos de control (sistemas).
3. Entrada / circulación de servicios auxiliares dentro de la planta.
4. Pruebas de Motores sin carga.
5. Pruebas de presión y estanqueidad (detección y corrección de fugas).
6. Pruebas de rodaje y funcionamiento de equipos rotatorios.
7. Calibración de instrumentos; pruebas de válvulas de control, verificación de todos los enclavamientos de control, sistemas de alarma y de paro de emergencia.
8. Pruebas y ensayos de las operaciones de arranque, parada y emergencia verificando la validez de los procedimientos.
9. Carga inicial de materiales.
10. Verificación de Venteos/Drenajes.
11. Verificación de válvulas de bloqueo.
12. Verificación y comprobación de equipos dinámicos (bombas, compresores, sopladores, etc.).
13. Preparación de repuestos para el arranque.
14. Preparación de herramientas especiales.
15. Alineamiento final de equipos y/o sistemas, para operación.

Puesta en Marcha

Es el conjunto de actividades que aseguran el correcto arranque inicial de las instalaciones, la integridad de las mismas y el ajuste de sus componentes a los parámetros de Seguridad, Operación y Diseño y al Test Run final de la Planta.

Dentro de las actividades de la Puesta en Marcha están:

1. Introducción de carga, relleno de líneas, niveles en recipientes
2. Arranque de bombas y circulación de fluidos
3. Ajuste de condiciones de operación de Presión (P) Y temperatura (T) a caudal bajo.
4. Subida de carga hasta valor de diseño.
5. Definición de Pruebas de Funcionamiento (Performance Test)

Entregables de Puesta en marcha:

1. Estrategia de Arranque y Puesta en Marcha
2. Revisión del Estado de Preparación Operacional
3. Revisión de Seguridad antes del Arranque
4. Lista de Verificación para Autorización de Arranque
5. Procedimientos de "Commissioning" y Arranque
6. Transferencia a Operaciones - Aceptación Provisional
7. Transferencia a Operaciones - Aceptación Definitiva: Dossier y Handover Certificate (certificado de entrega), de los sistemas a Operaciones
8. Sistema de Control y Seguimiento del Commissioning

OPERACIONES:

Filosofía de Operación

CAPACITACIÓN

1. Capacitación Familiarización con la Planta
2. Coordinación de Capacitación de Vendedores
3. Facilidades y Equipos de Adiestramiento
4. Capacitación en Procedimientos Operacionales

E). Gestión de los Costos: Procesos involucrados en planificar, estimar, presupuestar y controlar los costos de modo que se complete el proyecto dentro del presupuesto aprobado. (Presupuesto aprobado)

Este ítem se desarrollara en el capítulo V Evaluación Técnico económica, de este informe, según esquema planteado para este tipo de informes, por la facultad de Mecánica

F). Gestión de la Calidad:

Son los procesos involucrados que permiten planificar, dar seguimiento, controlar y garantizar que se cumpla con los requisitos de calidad del proyecto. (Plan de calidad aprobado)

Normas a aplicar:

1. ASME B31.3, 2010 Código para tuberías de Proceso
2. ASME IX 2013, Estándar de Calificación para Procedimientos de Soldadura, soldadores y operadores
3. AWS.D1.1 2010, Código de soldadura en estructuras
4. API 650, Código para fabricación de tanques
5. SSPC, Estándar para protección superficial, pinturas
6. ISO 9001, Norma de Requisitos para el Sistema de Gestión de la Calidad
7. OHSAS 18001, Normas de Gestión de la seguridad en el trabajo
8. ISO 14001, Norma de Gestión ambiental
9. D.S. N° 002-2008-MINAM, estándar ambiental para calidad de agua

D.S. N° 031 2010-SA, reglamento de calidad de agua para consumo humano

10. PMI-PMBOK, Instituto de Gerenciamiento de Proyectos, con su guía.

Significados:

AICS American Institute of Steel Construction

ANSI American National Standards Institute

ASME American Society of Mechanical Engineers

ASTM American Society for Testing and Materials

API American Petroleum Institute

AWS American Welding Society

IACS International Association of Classification Societies

ISO International Standards Organization

NEMA National Electrical Manufacturers Association

NFPA National Fire Protection Association

NEC National Electric Code

PMI: (Project Management Institute).

PMBOK Del PMI: Guide to the Project Management Body of Knowledge

El Plan de Calidad¹⁸ permite asegurar y controlar los siguientes aspectos, entre otros:

- 1. Generalidades**, temas a considerar.
- 2. Alcance**, propósito específico y resultado esperado.
- 3. Elemento de entrada del plan de calidad:**

¹⁸ Referencia: Norma Internacional ISO 10005: Directrices para los Planes de la Calidad.

Las Entradas y Salidas del Proceso, en: ingeniería, (especificaciones técnicas y Dossiers de Ingeniería de Detalle (EDD), Fabricantes / Proveedores (Dossier), Construcción (Dossier DC), Precomisionamiento (Dossier Precom), y Comisionamiento (Dossier Com).

Los requisitos de HSE - seguridad

La Evaluación de Riesgos, para el caso específico.

4. Objetivos de calidad

5. Responsabilidades de la dirección: Las autoridades, criterios de aceptación y responsables para el proceso y para la adecuada emisión, revisión, aprobación y validación del diseño, cambios, y de los entregables. (Matriz de Autoridades).

6. Control de documentos y datos: La calidad y/o el sistema de control y aprobación de los documentos, registros y entregables: QA y QC

7. Control de registros: Igual al anterior.

8. Recursos: La Organización, roles y responsabilidades para que sean competentes y suficientes; Involucrados (Interfaces internas y con terceras partes), Especificaciones técnicas para Fabricantes / Proveedores.

9. Requisitos: El establecimiento de Requisitos Regulatorios y requerimientos técnicos y su respectiva verificación y cumplimiento. Uso de Códigos, Estándares, normas, vigentes.

10. Comunicación con el cliente: Canales y métodos de comunicación con el cliente, y registros, proceso de quejas y reclamos. Matriz de comunicaciones.

11. Diseño y desarrollo: Procesos para revisar, verificar y validar el diseño.

12. Compras: métodos de selección y certificación de marcas y vendedores y de verificación de productos comprados.

13. Producción y prestación del servicio: Procesos y Procedimientos definidos para el desarrollo de las actividades y la evidencia de su desempeño.

14. Identificación y trazabilidad: identificación de los requisitos de trazabilidad contractuales, legales y reglamentarios; entregables generados, requisitos y métodos para la identificación del estado de inspección / prueba de los productos.

15. Propiedad del cliente: Requisitos para el manejo de productos suministrados por el cliente.

16. Preservación del producto: requisitos para manipulación, almacenamiento, embalaje y entrega, y responsables.

17. Control del producto no conforme: tratamiento y disposición.

18. Seguimiento y medición:

El seguimiento y medición a ser aplicado a procesos y productos, las etapas en las cuales deberían aplicarse, las características de calidad a las que se va a hacer seguimiento y medición, los procedimientos y criterios de aceptación y liberación - Plan de Inspección y Ensayos, entre otros.

19. Auditorias: Plan de Auditoría. Reporte de No Conformidades.

CONTENIDO BÁSICO DE DOSSIER DE CONSTRUCCIÓN.

1. Procedimientos Constructivos y Plan de Calidad
2. Ingeniería: Planos Preliminares de Construcción:
3. Red Lines, (planos modificados en planta, con rojo)
4. Cambios cerrados
5. As Built. (Planos finales, tal como se construyeron, los que no se modificaron llevaran el sello de no modificado)
6. Plan de Inspección y Ensayos
7. Registros de Pruebas y Ensayos

8. Certificados de calibración y calidad de equipos e Instrumentos
9. Aseguramiento:
 - Formatos de control y matrices de todas las disciplinas
 - NCR Cerrados
 - Listado de pendientes cerrados
10. Registro Fotográfico
11. Dossiers de Materiales y Equipos si fueron elaborados por terceros

DOSSIER DE PRECOM:

1. Certificado de completamiento de los sistemas/subsistemas.
2. P&ID's marcados con los límites del Sistema / Subsistema
3. Certificados de Pre-Comisionamiento por Disciplina
4. Listados de Pendientes Tipo A y B.
5. Planos Red Line
6. Reportes de Cambios de Ing. NCR's y Control de Cambios Cerrados

DOSSIER DE COMISIONADO, ARRANQUE Y PUESTA EN MARCHA:

Procedimientos arranque de equipos:

1. Manuales de Operación y Estrategia de Mantenimiento
2. Registros de Pruebas (Conectividad, Aislamientos, etc. y "Seteos" Eléctricos y de Instrumentación
3. Certificados de: Sub-sistemas, de Sistemas, de Entrenamiento, certificación de operadores y registro de Control / Mitigación de riesgos
4. Archivo maestro de toda la construcción y ejecutado.

Nota: toda la documentación en físico y escaneado o en electrónico deberá entregarse al cliente.

F). Gestión de los Recursos Humanos: Procesos involucrados en la planificación, adquisición, desarrollo y gestión del equipo del proyecto. (Personal calificado aceptado)

G). Gestión de las Comunicaciones: Identifica los procesos involucrados en garantizar que la generación, recopilación, distribución, almacenamiento y destino final de la información del proyecto sean adecuados y oportunos. (Procedimientos de Comunicación, Trámite Documental TDC)

H). Gestión del Riesgo: Procesos involucrados en la identificación, análisis y control de los riesgos para el proyecto. (Control de riesgos)

En etapa constructiva es indispensable contar con el IPER C (Matriz de análisis de todos los riesgos y solución) y el formato diario de ATS (análisis de trabajo seguro)

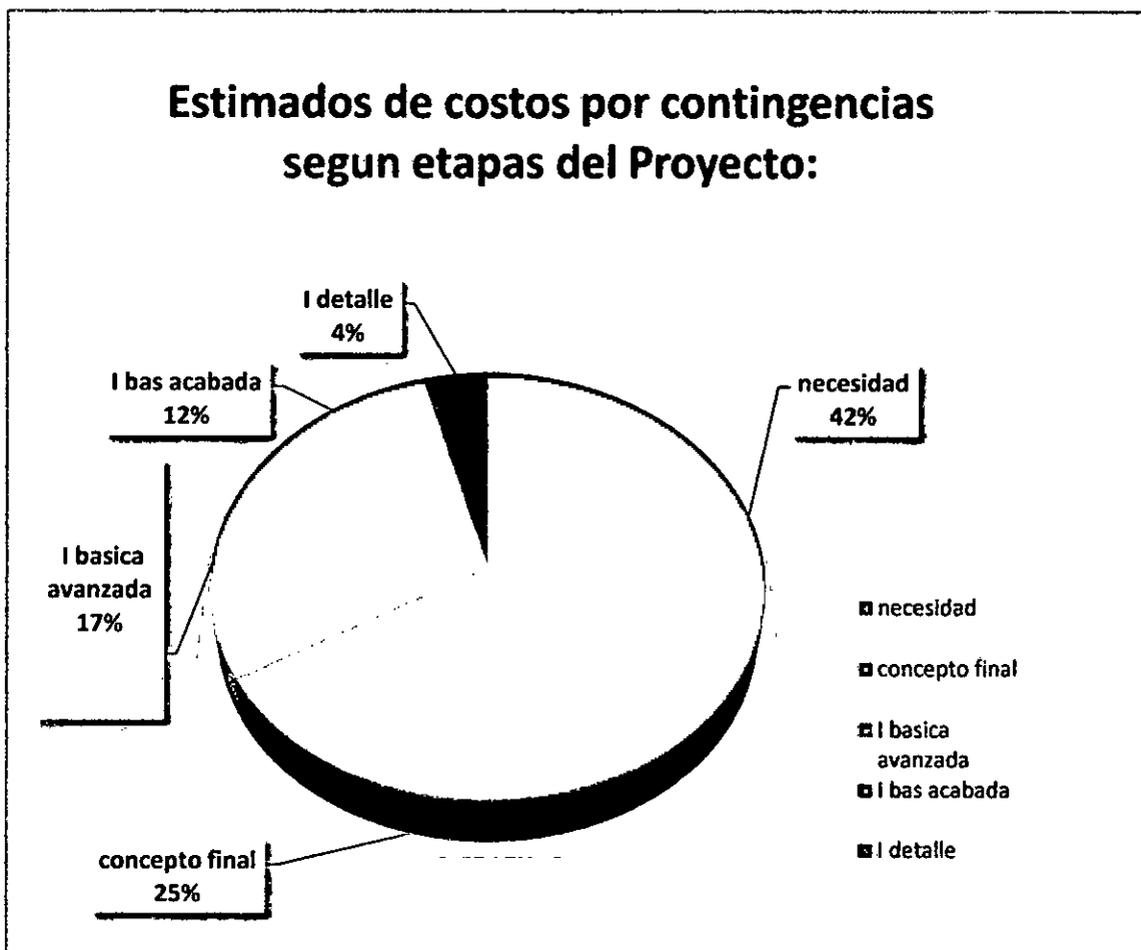
I). Gestión de las Adquisiciones: Procesos involucrados en la compra o adquisición de productos, servicios o resultados para el proyecto. (Cronograma de Compras)

V. EVALUACIÓN TÉCNICO ECONOMICA

5.1. Introducción

Los estimados de costos en Proyectos, van disminuyendo en función del avance o fase donde se encuentran¹⁹

Figura 16: Estimados de contingencias según etapas de un proyecto



Fuente: elaboración propia, en base a información de Pacific PRE.

¹⁹ Pacific, PRE, página 88

Tabla 6: Rangos de precisión de costos según etapas de un proyecto

Clase de Estimado	V	IV	III	II	I
Objetivo	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Planificación ▪ Estudios de Factibilidad Técnico-Económica ▪ Financiamiento para Ing. Conceptual 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Selección entre varios proyectos y alternativas ▪ Financiamiento para Ing. Básica 	<ul style="list-style-type: none"> • Propuestas tentativas al presupuesto de Inversiones ▪ Financiamiento para Ing. de Detalle y para compra de equipos y materiales LTE. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Propuestas firmes al presupuesto de inversiones ▪ Financiamiento para Ingeniería, Procura, Construcción y arranque del Proyecto 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Análisis de contratistas ▪ Control de ejecución de construcción del Proyecto
Etapas del Proyecto	Determinación de la necesidad	Ing. Conceptual 100% terminada	60% de la Ing. Básica terminada	Ing. Básica 100% terminada	Ing. de Detalle en etapa de finalización
Información Requerida	Definición "Draft(borrador)" del proyecto y de sus componentes	Proceso de Parámetros claves de diseño de plantas y equipos mayores	Especificaciones de diseño de equipos críticos, diagramas de flujo, instrumentación y control	Especificaciones de proceso y de los equipos principales, planos de distribución de planta, etc.	Planos detallados, cómputos métricos de materiales, planificación y estrategias de contratación.
Método de Estimación	Datos históricos o académicos de curvas de costo de proyectos en el área	Factorizado y curvas de costo de proyectos análogos	Factorizado y cotizaciones firmes de equipos de largo tiempo de entrega	Principalmente detallado, cotizaciones firmes de equipos críticos	Principalmente detallado, precios unitarios, partidas normalizadas
Rango de Precisión	-50% +100%	-30% +50%	-20% +30%	-15% +20%	-10% +15%
Confiabilidad	100%	100%	100%	100%	100%
Contingencia	50%	30%	20%	15%	5%

Fuente: Pacific PRE, Bibliografía

5.2. Evaluación Técnico Económica

Los costos para este tipo de proyecto, varían en un rango amplio en función de los siguientes factores:

1. Calidad del agua de alimentación o de la fuente, ejemplo de los acuíferos de suelo o subsuelo, los TDS están en 500 ppm, mientras que las aguas marinas están en 35,000 ppm. Nuestro caso se da en alimentación Barren que está en 3,250 ppm
2. Calidad y cantidad del agua solicitada o demandada, según clase u objetivo, que harán variar los componentes de la planta como tipos de membranas y bombas. Nuestro caso estará en Clase III (PH sobre 9) y en 500m³/h
3. Las condiciones físicos ambientales del lugar a instalarse la planta. Nuestro caso se dará a 4000 msnm en Cajamarca.
4. Los costos operativos posteriores, como energía, insumos y mantenimiento

En esta evaluación de costos nos enfocaremos en la decisión más acertada para decidir el proyecto, y para ello enfocaremos los costos desde el punto de vista de INVERSION; para ello veremos costos CAPEX y costos OPEX

Costos CAPEX y OPEX

CAPEX es la abreviatura de la expresión Inglés Capital Expenditure (en español, capex o gastos de capital) y es la cantidad de dinero gastado en la adquisición (o mejora) de los bienes de capital de una empresa en particular. El CAPEX es por lo tanto la cantidad de inversiones en equipos e instalaciones con el fin de mantener la producción de un producto o servicio o para mantener funcionando un negocio o un sistema particular.

Por el contrario, el OPEX, se refiere a los costos asociados con el mantenimiento de equipos y gastos de consumibles y otros gastos de funcionamiento necesarios para la producción y el funcionamiento del negocio o del sistema, es decir

operativos. Por ejemplo, la compra de una máquina es CAPEX, mientras que el costo de mantenimiento es OPEX.

Costos Capex o Inversión, para una planta RO de 500 m³/h:

Tabla 7: Costos de Inversión para una planta RO 500, CAPEX

COSTOS CAPEX (Mill. dol. / %)	MILLONES DOL.	%
Costos directos (equipos 8/40, materiales 1/4, Instalación 3/15)	12	59
Costos indirectos (Ingeniería 3, supervisión 0.5, patentes 1, envío 0.5)	5	24
Utilidad	1	5
Contingencias probabilidad 15%(cd+ci)	2.5	12
TOTAL CAPEX	20.5	100

Mayo 2016, Perú 1 dol.= 3.3 soles

Fuente: elaboración propia.

Tabla 8: Costos operativos de una planta RO 500

COSTOS OPEX (Dol / %)	DOL / m³	%
Costos fijos (personal		
0.054/18, insumos	0.09	30
0.02/6, otros 0.02 /6		
Costos variables		
(energía /37, reactivos		
/7, membranas /2,	0.15	50
mantenimiento /3		
Gastos generales más		
utilidad /20	0.06	20
TOTAL OPEX	0.3 Dol / m³	100

Fuente: Elaboración propia

Costos de Plantas alternativas en mina: AWTP y EWTP, Plantas de aguas acidas y en exceso:

CAPEX AWTP o EWTP: 16.4 millones de dol, es decir 20% menor que una RO

OPEX para AWTP o EWTP: 0.9 dol/m³, es decir 3 veces lo de una RO

Por lo tanto en términos de decisión, para selección de la alternativa más económica son las plantas RO por su menor costo operativo

VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES:

1- En el presente informe se ha cumplido con describir y mejorar el proceso de montaje de plantas de tratamiento de agua utilizando la tecnología de Osmosis Inversa, en base a los conceptos teóricos analizados, operatividad de la planta, gestión para el montaje y entrenamiento del personal para su uso posterior, contenidos esenciales de este informe y se aplicaron las normas exigidas para este tipo de proyectos electromecánicos que se señalan a continuación.

2- Se identificaron y aplicaron las siguientes normas: ASME B31.3 para fabricaciones y montajes en plantas químicas, ISO 9001 para calidad, ISO 14001 para medio ambiente, OHSAS 18001 para seguridad, PMI-PMBOK para la gestión del proyecto, los DS 002.2008-MINAM y 031 2010-SA del MINAM Ministerio de Ambiente y saludperuano. Ver pág. 68 y 69 y anexo 6 de este informe.

3- Se aplicaron las fases de ejecución de Proyectos según PMI-PMBOK. Ver fig 15. En el análisis de la fase de ejecución de este tipo de proyectos se distinguen 3 puntos críticos:

3.1- La ingeniería de detalle tiene un peso mayor en todo el proceso de montaje. Esto involucra una sólida experiencia de los diseñadores en plantas y el uso de dibujos en 3D o Smartplant (esquemas inteligentes de planta en movimiento) Ver fallas en diseños Ver anexos 9 10 y 11

3.2- La logística de las partes de la planta, incluye el justo a tiempo para cumplir cronogramas. Anexo 17 , observación de equipos.

3.3- La calidad de los insumos, para el aseguramiento de calidad y control de fabricaciones, montajes y pruebas respectivas. Ver anexo 16 NCR.

4- Al cuantificar la eficiencia de este método de Osmosis Inversa para tratar y purificar el agua contaminada por residuos mineros y/o biológicos se encontró:

4.1- La disminución significativa de los elementos contaminantes promedios en el producto final, agua permeada o purificada (98%) y mejora de su PH (18%) y conductividad (90%). Ver Tabla 3.

4.2-El costo para consumo de agua es\$ 0.3 dol. el m³ vía Osmosis inversa comparado a \$ 0.9 el m³ vía plantas antiguas AW-EWTP o \$ 0.7 m³ si se potabiliza. Un horro del 60% en costo operativo promedio. Ver costos.

5- Queda para la comunidad universitaria este informe que amerita mayores investigaciones como los cálculos de presiones osmóticas según aguas a tratar; la investigación del diseño de membranas semipermeables de amplio espectro

aplicativo, la alternativa económica de sustituir los elementos inoxidables que involucran casi toda la planta de Osmosis Inversa por elementos plásticos de PVC; los software de control automático de motores y válvulas en función de la composición química de los flujos de soluciones.

RECOMENDACIONES

Las recomendaciones para el montaje de una Planta de Osmosis Inversa o ROII, de 500 m³ / h, se clasificaron en función de la gestión para su montaje según los contenidos del PMI:

1. Gestión de la Integración del Proyecto: En el Proceso inicial, deberán centralizarse las recomendaciones y sugerencias de los interesados (skateholders), cliente, usuarios e ingeniería para que se revisen los diseños a ejecutar, como es el caso de:

1.1. Posicionamiento de personas para el mantenimiento de equipos como válvulas e instrumentos en altura, colocar escaleras y plataformas fijas.

1.2 Distribución de Planta, para el ingreso de equipos logísticos como químicos hacia la planta RO II incluido techo a esta zona, accesos o caminos techados en caso de lluvias para circular e inspeccionar la planta, rediseño de tecla para facilitar la extracción de las tapas del pre filtros incluidos su techado.

1.3 Revisar cálculos varios como estructuras superiores de bombas de alta presión (375psig) y soportes de tolvas de químicos. Ver anexos 9 al 12

Figura 17: Fotos de falla estructural en RO II



Fuente: elaboración propia

1.4 El tanque de Calentamiento para el lavado de planta deberá ser fabricado en acero inoxidable, pues el existente en plástico con fibra de vidrio no soporta los recalentamientos propios de la exigencia de la planta.

1.5 El piso de la planta deberá rediseñarse en términos anticorrosivos es decir se recomienda colocarle sobre el concreto una protección antiácidos con fibra de vidrio o mejor para efectos de no ser corroído el concreto

1.6 Considerar la presión variable en el proceso de funcionamiento de la planta, por variación de concentraciones químicas de los flujos y por tanto la presión de salida de los productos finales como permeado (agua pura) y concentrado (agua con impurezas) será también variable. Esto para cada planta RO, si se juntasen con otras RO, considerar tuberías independientes hacia un solo destino final.

Figura 18: Planta RO II en Mayo del 2016



Pre filtros con tecla, tanque de calentamiento cambiado a inoxidable, piso de concreto corroído.

Fuente: elaboración propia

2. Gestión del tiempo:

2.1 Es necesario que desde la etapa de concurso se sinceren los tiempos para el cronograma del constructor de todo el montaje de la planta. Para nuestro caso se planteó 6 meses, se terminó en 12 meses, por lo tanto el tiempo prudencial para esta capacidad de planta es de 9 meses. Esto para no afectar la seguridad y costos del Proyecto.

2.2 Si bien los proyectos bajo la modalidad FAST TRACK²⁰ (vía rápida), son permitidos o sea traslapar secuencias como construir sin culminar la ingeniería a detalle será evaluado si los costos de venta del producto final será mayor a las modificaciones y costos adicionales que esto ocasiona.

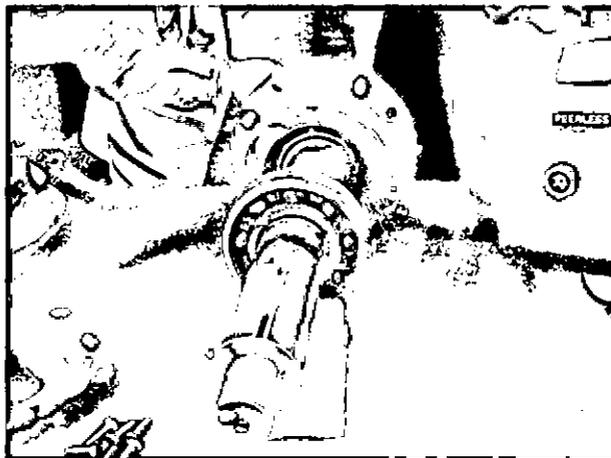
3. Gestión de Costos

Si bien los % de imprevistos según la experiencia del proyectista y control de proyectos, y se estiman en 15%, son claves:

3.1 El control Logístico, o entrega a tiempo de equipos e insumos

3.2 El almacenaje de equipos móviles como motores deberán tener su formato de control para giros y microclima según recomendación de fabricantes Ver anexo 15

Figura 19: Foto de daño de rodamientos por almacenaje inadecuado



Fuente: elaboración propia, en taller de Pampa larga

Daños en rodamientos por mal almacenaje de motobombas

²⁰ Proyecto FAST TRACK, Pacific PRE, página 84 o PMBOK

Falta de engrasado, giro periódico y falta de microclima antihumedad.

3.3 Los 2 formatos de reporte diario y reporte de inspección en terreno son las pruebas para controlar estos costos. Ver anexos 7 y 8

3.4 Los objetivos y alcances por cada área, constructor, supervisión, deberán difundirse con claridad a sus integrantes, por efecto de costos, para diferenciar los adicionales en el proyecto.

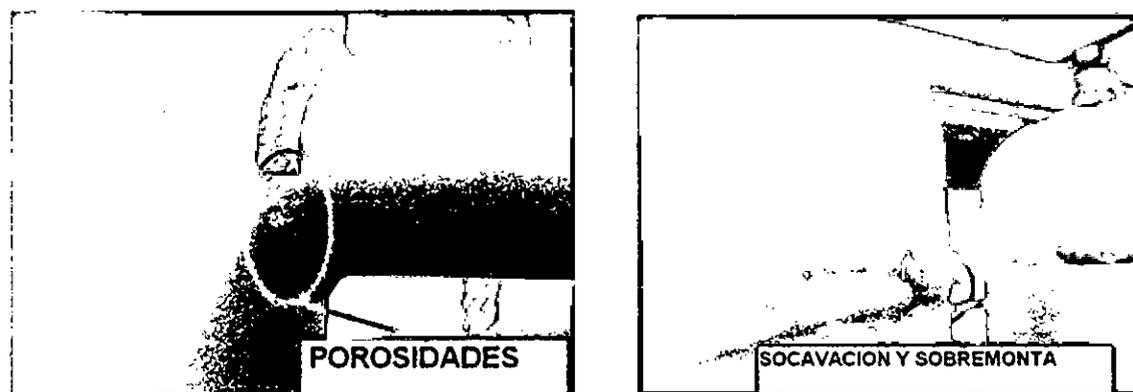
4. Gestión de la calidad:

4.1- El personal calificado de calidad deberá estar presente antes del inicio del proyecto, sustentando el plan de calidad y pre armando el Dossier, especialmente en control de equipos que llegan o prefabricaciones, donde se deberá ser muy exigente en las protecciones o procesos anticorrosivos.

4.2- El Dossier de Calidad se arma antes de las inspecciones y luego de las inspecciones y visado se escanean los documentos

4.3- Todas las fabricaciones fuera de la zona de planta o por terceros deberán tener el VB del usuario según exigencias de normas a aplicar, durante y antes que salgan de fabrica

Figura 20: Fotos de defectos en soldadura inoxidable en RO II



Fuente: Elaboración en equipo HWPT-MY

Defectos de soldadura en contenedores de membranas fabricados en China.

Ver anexo 16

5. Gestión de RRHH

La calidad de las personas está por encima de la calidad de los productos, y esto está relacionado en parte con la formación y conocimientos de los involucrados o RRHH en todas sus áreas, por lo que es necesario la inversión en horas en forma constante mínimo 2 horas a la semana en cuanto a temas relacionados al quehacer diario. Ver anexo 17, informe de entrega final RO II

6. Gestión de comunicaciones

Es parte de la Gestión inicial tener el procedimiento de comunicaciones para todos los interesados, incluido vía oficina de Control documentario TDC de cada una de las partes, como cliente y constructores.

7. Gestión de riesgos

7.1 La seguridad no solo es física vía respeto de norma OHSAS 18001, o ambiental ISO 14001, sino en toda la gestión del proyecto en sus diferentes fases según lo planteado por el PMI o norma de la American National Estándar ANSI/PMI 99-001-2008.

6.7.2 Los riesgos de no considerar valores éticos en el corto plazo, se traducen a largo plazo en costos desfavorables por la pérdida de oportunidades que genera la desconfianza entre interesados mina-comunidad.

8. Gestión de las adquisiciones

8.1. Las adquisiciones que se dan en la fase inicial del proyecto, deberán estar fechadas antes del inicio de la construcción y deberán ser de conocimiento del constructor para prevenir los tiempos muertos de espera de lo adquirido o suministrado.

8.2 El almacenaje de los equipos deberá cumplirse según lo señalado por el proveedor, sobre todo el control de la corrosión de piezas y equipos, desde su traslado marino si fuera el caso o necesidad de microclima en almacén para bajar los efectos corrosivos del ambiente. Ver anexo 15, almacenaj

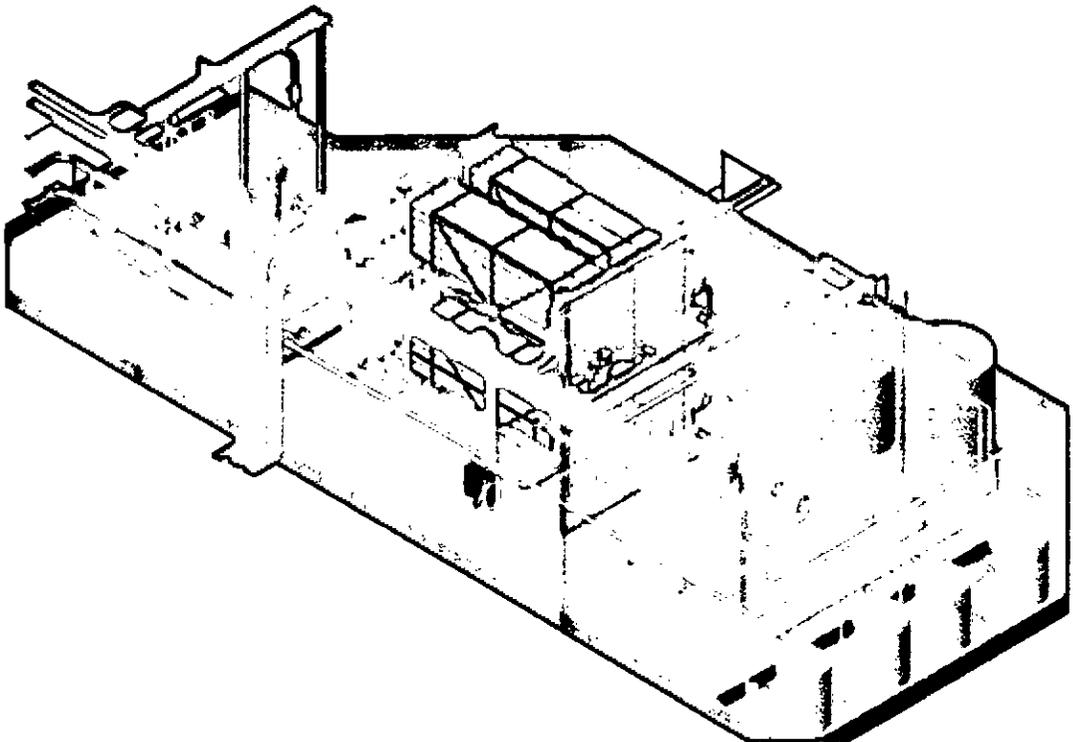
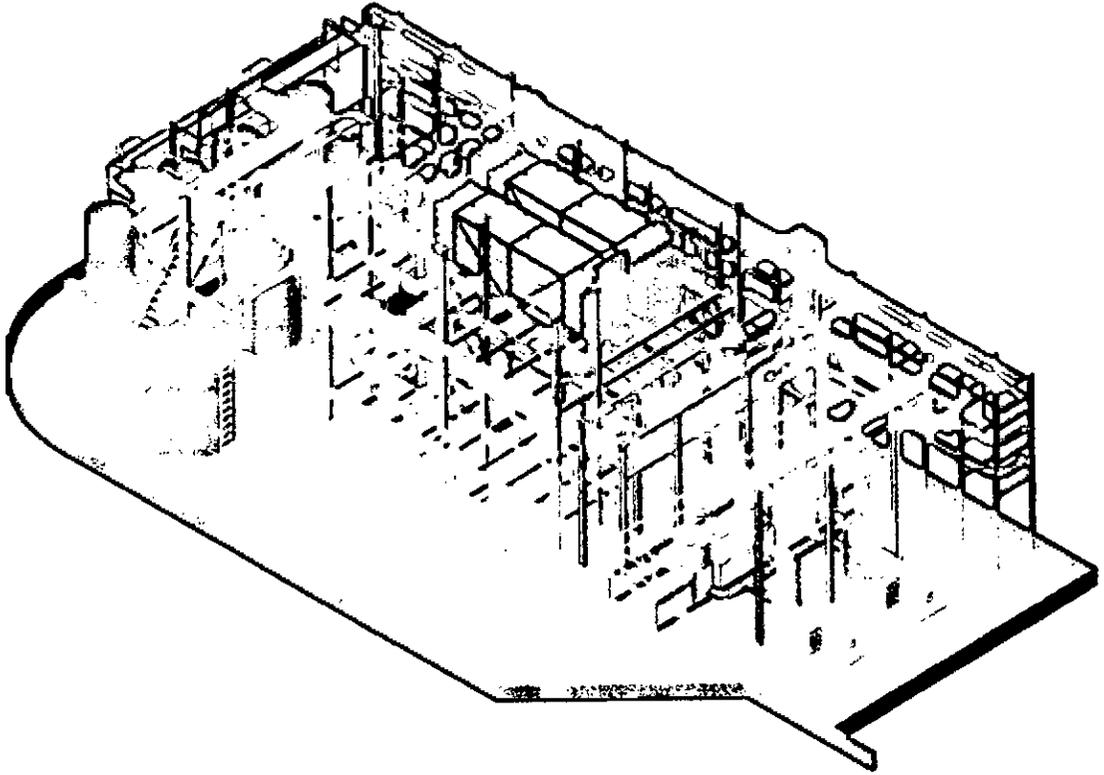
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. **Baca Urbina Gabriel**, Fundamentos de Ingeniería Económica, 5ta edición. Editorial Mac Grawn Hill – México 2010
2. **Gieck Kurt**, Manual de Formulas Técnicas, Alemania, editorial mexicana Alfa omega, 2003
3. **Harrison Western Tecnología de Procesos HWTP**, Manual de Operación de Planta EMS 500m³ / h, Colorado USA, edición Agosto 2009
4. **HWPT**, Diseño del Proceso RO, consideraciones., 2010
5. **HWPT**, Informe, Barrick Alto Chicama 07.01.10
6. **Hein - Arena**, Fundamentos de Química, editorial Cengage Learning, México 12va edición, 2010
7. **Inspectq Ingeniería Ltda.** Manual del inspector, Bogotá Colombia 2010
8. **Lumbreras editores**, Química, tomos 1 y 2, 5ta edición, Lima Perú 2012
9. **Maynard Huanca Córdova**, Tesis de Maestría en recursos hídricos, UNAM, Lima 2013
10. **Ministerio de salud**, Reglamento de calidad del agua para consumo humano DS N° 031 2010- SA, Lima Perú 2011
11. **Pacific Rubiales Energy PRE**, Procedimiento de Gestión Integral del Proceso de Proyectos de Instalaciones de Superficie, código P-PROY-001, versión 4, de, Colombia, Noviembre 2012.
12. **PMI / PMBOK**: Project Management Institute / "A Guide to the Project Management Body of Knowledge". Cuarta edición, Pennsylvania EEUU. 2008

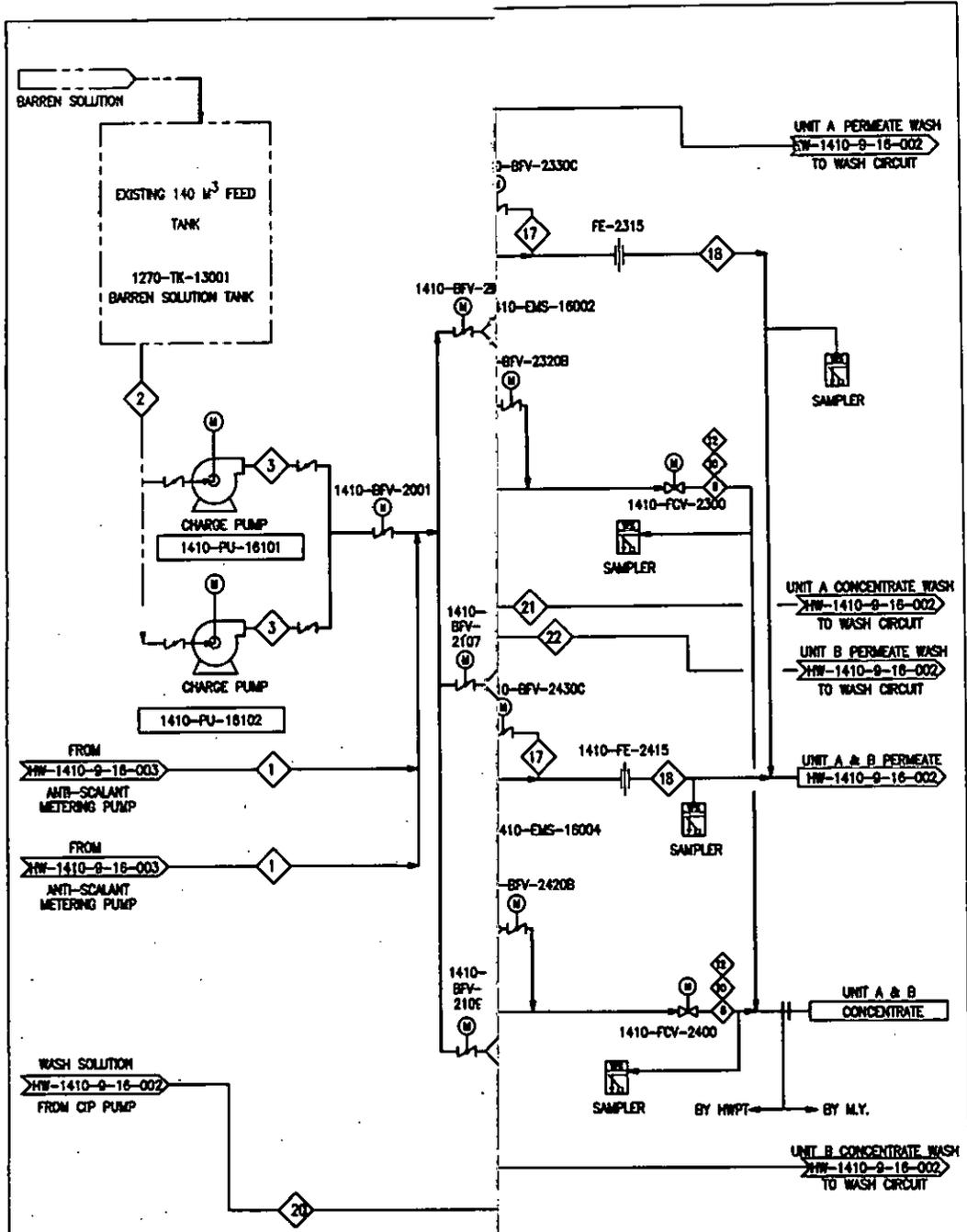
VIII. ANEXOS Y PLANOS

Anexo 1: Vistas de planta RO II, de sur a norte y norte a sur	88
Anexo 2: Plano general de RO II.....	89
Anexo 3: plano de ubicación de equipos e instrumentos	90
Anexo 4: Primeros resultados de análisis químico en RO II.....	91
Anexo 5: Primeros resultados de análisis químico en RO II, continuación.....	92
Anexo 6: LMP, agua de clase 3	96
Anexo 7: Formato de reporte diario.....	98
Anexo 8: Formato de reporte de inspección de campo.....	99
Anexo 9: Deformaciones estructurales por alta presión.....	100
Anexo 10: Plano con refuerzo estructural en tuberías de ingreso.....	101
Anexo 11: Calculo de refuerzo estructural RO II.....	102
Anexo 12: foto de falla estructural en tuberías de ingreso	102
Anexo 13: Tabla de perfiles H y C.....	103
Anexo 14: Calculo de perfil C para tolva de químicos.....	104
Anexo 15: Formato para almacenaje de equipos móviles.....	105
Anexo 16: NCR, por mal soldadura de inoxidable.....	109
Anexo 17: Informe final RO II.....	113

Anexo 1: Vistas de planta RO II, de sur a norte y norte a sur



Fuente: Harrison Wéstern – HWPT, ver lista de partes en Figura 8 de este informe



LINE FLAG	1	2	3	4	5	6
FLOW, ml/H	2.8	714	357	357	357	35
FLOW, GPM	0.01	3143	1572	1572	1572	157
PRESSURE, kPa	700	69	345	345	276	27
PRESSURE, PSIG	100	10	65	50	40	
TEMPERATURE, °C	10	10	10	10	10	
TEMPERATURE, °F	50	50	50	50	50	
pH	7	9.7	9.7	9.7	9.7	
TDS, mg/L	-	2375	2375	2375	2375	23
SG	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	

LEGEND	
	EXISTING OR BY OTHERS
	PRIMARY LINES
	BARREN SOLUTION
	CONCENTRATE
	PERMEATE
	SECONDARY LINES
	CONCENTRATE WASH
	PERMEATE WASH
	PIPE
	INSTRUMENT LINES
	ELECTRICAL
	SERVICE & DRAIN LINE

RO PHASE II PLANT PAMPA LARGA / AFE No. 08310040

HW PROCESS TECHNOLOGIES, INC.
1200 GULF COAST, LAROCK, CALIFORNIA 92520 TEL: 951-651-0270 FAX: 951-651-0488

PRELIMINARY
 PFD
 500M³/HR EMS SYSTEM

2008

10-06-101	NONE	HW-1410-9-16-001	
-----------	------	------------------	--

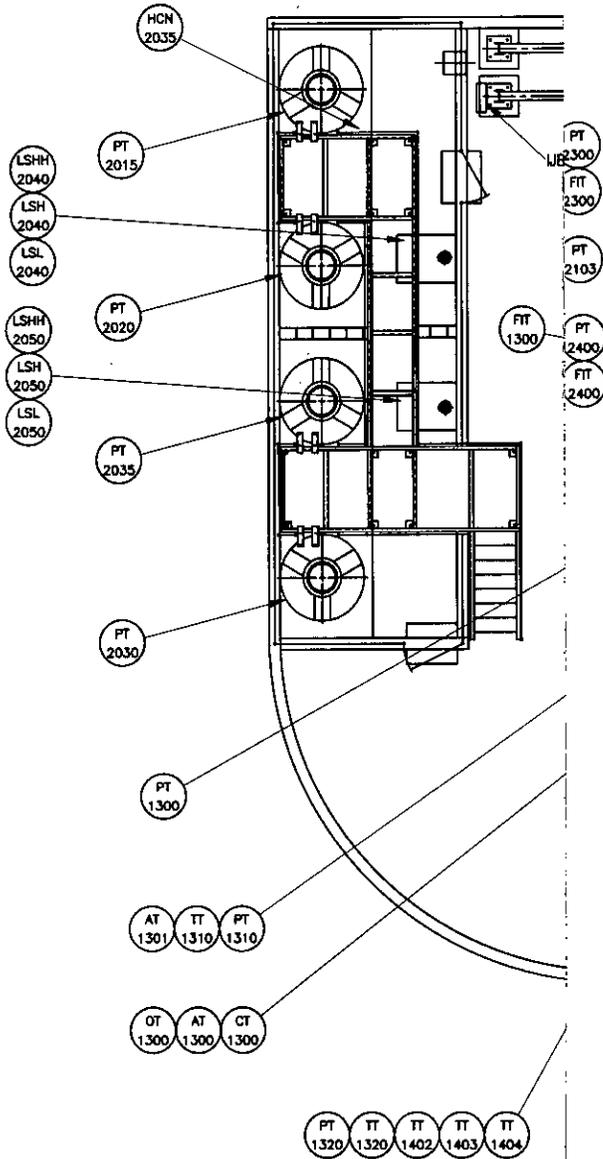
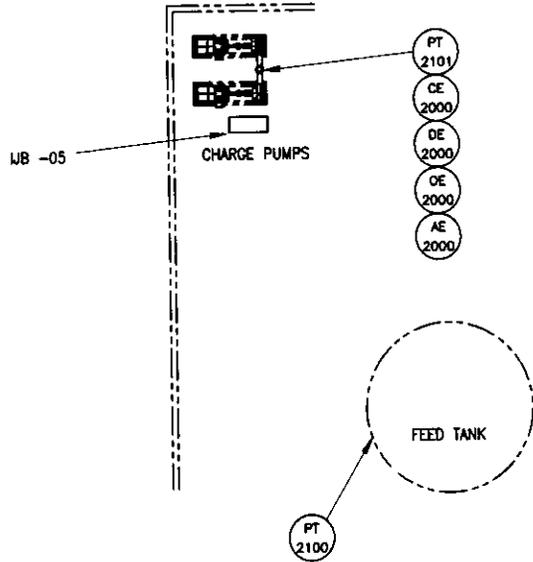
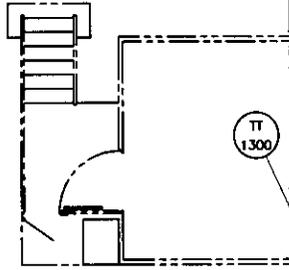


CONFIDENTIALITY NOTICE

This drawing and the information it contains are the property of HW Technology, Inc. (HWPT). All processes, drawings, manuals, know-how of HWPT are confidential and proprietary to HWPT. This and information may not be copied, fully reproduced, divulged in any manner whatsoever without the express written consent of HWPT. HWPT has other legally enforceable rights in the information. Engineering System (EMS™) is the registered trademark of HWPT. The process and equipment identified herein are protected by U.S. Patent Nos. 6,335,175B1; 6,165,344; 6,156,186; 6,733,431; 5,476,581; 5,310, and Peru Patent 3198. Other US and Foreign Patents are Pending.

ANEXO 2: PLANO GENERAL RO II

(PLANO DE UBICACION DE EQUIPOS
 E INSTRUMENTOS)
 FUENTE: HWPT



RO PHASE II PLANT PAMPA LARGA / AFE No. 08310040

HW PROCESS TECHNOLOGIES, INC.

1200 QUAIL STREET, LAKEWOOD, COLORADO 80215 TEL: 303-254-0273 FAX: 303-237-0088

ISSUE NO.

INSTRUMENT LOCATION
PLAN



PLANT
TREATMENT 2008

PROJECT NUMBER

10-08-301

SCALE

NONE

DRAWING NUMBER

HW-1410-7-16-050

REVISION

CONFIDENTIALITY NOTICE

This drawing and the information it contains are the property of HW Process Technologies, Inc. ("HWPT"). All processes, drawings, manuals, reports and know-how of HWPT are confidential and proprietary to HWPT. These drawings and information may not be copied, digitally reproduced, divulged, traced or used in any manner whatsoever without the express written consent of HWPT. HWPT has other legally enforceable rights in the information. Engineered Membrane System (EMS™) is the registered trademark of HWPT. The processes, technology and equipment identified herein are protected by U.S. Patent Nos.: 5,961,833; 6,335,175B1; 6,165,344; 6,156,186; 5,733,431; 5,476,591; 5,310,486; 5,116,511, and Peru Patent 3198. Other US and Foreign Patents are Pending.

ANEXO 3

PLANO DE UBICACION DE EQUIPOS
E INSTRUMENTOS
FUENTE HWPT

Anexo 4: Primeros resultados de análisis químico en RO II

INFORME	LAB	STATION	DATE	Sulfatos	Al T	Sb T	As T	Ba T	Ba T	Cd T	Ca T	Cr T
				(mg/L)	mg/L	mg/L						
			LMP*	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1011241700	QA OC	Barren	24/11/2010	1.420	0.153	0.009	0.159	0.024	<0.002	<0.002	342.111	<0.002
1011241700	QA OC	Concentrado	24/11/2010	3.890	0.278	0.028	0.568	0.068	<0.002	<0.002	1176.067	<0.002
1011241700	QA OC	Permeado	24/11/2010	7	0.019	<0.002	<0.003	0.002	<0.002	<0.002	1.103	<0.002
1011260930	QA OC	BARREN	25/11/2010	1.240	0.145	0.008	0.200	0.028	<0.002	<0.002	435.000	<0.002
1011260930	QA OC	ONCENTRAD	25/11/2010	3.810	0.287	0.024	0.843	0.073	<0.002	<0.002	1316.557	0.002
1011260930	QA OC	PERMEADO	25/11/2010	3	0.030	<0.002	<0.003	0.003	<0.002	<0.002	1.491	<0.002
1011271830	QA OC	BARREN	27/11/2010	1.310	0.124	0.005	0.104	0.023	<0.002	<0.002	439.556	<0.002
1011271830	QA OC	ONCENTRAD	27/11/2010	4.160	0.208	0.018	0.319	0.077	<0.002	<0.002	1408.859	0.002
1011271830	QA OC	PERMEADO	27/11/2010	5	0.023	<0.002	<0.003	<0.002	<0.002	<0.002	1.085	<0.002
1011280540	QA OC	BARREN	28/11/2010	1.260	0.077	0.004	0.097	0.023	<0.002	<0.002	440.000	<0.002
1011280540	QA OC	ONCENTRAD	28/11/2010	3.830	0.254	0.015	0.324	0.080	<0.002	<0.002	1364.444	0.004
1011280540	QA OC	PERMEADO	28/11/2010	5	0.011	<0.002	<0.003	0.003	<0.002	<0.002	1.604	0.008
1011281800	QA OC	BARREN	28/11/2010	1.330	0.165	0.009	0.180	0.024	<0.002	<0.002	418.859	0.002
1011281800	QA OC	ONCENTRAD	28/11/2010	3.910	0.182	0.019	0.505	0.080	<0.002	<0.002	1264.444	0.005
1011281800	QA OC	PERMEADO	28/11/2010	6	0.006	<0.002	<0.003	<0.002	<0.002	<0.002	1.788	<0.002
1011280530	QA OC	BARREN	29/11/2010	1.230	0.062	0.005	0.165	0.023	<0.002	<0.002	401.778	0.002
1011280530	QA OC	ONCENTRAD	29/11/2010	4.030	0.229	0.023	0.692	0.089	<0.002	<0.002	1376.567	0.003
1011280530	QA OC	PERMEADO	29/11/2010	3	0.008	<0.002	<0.003	0.002	<0.002	<0.002	1.622	0.011
1011291710	QA OC	BARREN	29/11/2010	-	0.097	0.007	0.147	0.024	<0.002	<0.002	415.859	<0.002
1011291710	QA OC	ONCENTRAD	29/11/2010	-	0.213	0.022	0.461	0.077	<0.002	<0.002	1311.111	0.002
1011291710	QA OC	PERMEADO	29/11/2010	-	<0.005	<0.002	<0.003	<0.002	<0.002	<0.002	1.122	<0.002
	QA OC	BARREN	30/11/2010	1.240	0.106	0.008	0.183	0.03	<0.002	<0.002	403.222	<0.002
	QA OC	ONCENTRAD	30/11/2010	4.030	0.258	0.027	0.675	0.077	<0.002	<0.002	1182.222	<0.002
	QA OC	BARREN	30/11/2010	3	<0.005	<0.002	<0.003	<0.002	<0.002	<0.002	<0.3	<0.002
	QA OC	BARREN	30/11/2010	1.210	0.097	0.007	0.154	0.025	<0.002	<0.002	389.111	<0.002
	QA OC	ONCENTRAD	30/11/2010	3.660	0.308	0.026	0.615	0.075	<0.002	<0.002	1143.333	<0.002
	QA OC	PERMEADO	30/11/2010	4	<0.005	<0.002	<0.003	<0.002	<0.002	<0.002	<0.3	<0.002
	QA OC	BARREN	01/12/2010	1.210	0.101	0.005	0.183	0.027	<0.002	<0.002	396.556	<0.002
	QA OC	ONCENTRAD	01/12/2010	4.180	0.283	0.029	0.748	0.084	<0.002	<0.002	1344.444	<0.002
	QA OC	PERMEADO	01/12/2010	6	<0.005	<0.002	<0.003	0.005	<0.002	<0.002	<0.3	<0.002

Co T	Cu T	Fe T	Pb T	Mg T	Mn T	Mg T	Mo T	Ni T	K T	Se T	Ag T	Na T	Ti T
mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
-	-	-	0.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0.253	4.594	7.731	0.002	1.248	0.044	0.027	0.695	0.046	5.171	0.121	0.014	322.778	0.006
0.804	13.822	7.738	0.003	3.874	0.105	0.073	2.102	0.148	26.022	0.426	0.038	872.333	0.004
<0.002	0.027	8.140	<0.002	<0.2	0.010	<0.00050	0.035	<0.002	<0.2	<0.005	0.002	35.778	0.008
0.247	3.554	<0.3	0.002	1.810	0.068	-	0.673	0.050	29.256	0.135	0.010	343.444	0.003
0.748	10.386	<0.3	<0.002	5.592	0.198	-	1.642	0.163	88.600	0.481	0.028	821.111	0.003
<0.002	0.017	<0.3	<0.002	<0.2	<0.002	-	0.022	<0.002	2.740	<0.005	<0.002	45.003	0.003
0.269	1.787	<0.3	<0.002	3.207	0.173	-	0.409	0.047	16.300	0.136	0.017	361.333	0.004
0.755	5.440	<0.3	<0.002	6.546	0.540	-	1.428	0.137	93.067	0.365	0.036	1121.111	0.003
<0.002	0.008	<0.3	<0.002	<0.2	<0.002	-	0.009	<0.002	<0.2	<0.003	<0.002	40.387	0.003
0.235	1.818	<0.3	<0.002	2.467	0.173	-	0.356	0.044	30.544	0.190	0.011	440.222	0.002
0.671	5.606	<0.3	0.004	7.278	0.494	-	1.303	0.130	81.244	0.378	0.032	1176.067	0.002
<0.002	0.009	0.521	<0.002	<0.2	0.002	-	0.013	<0.002	5.190	0.006	<0.002	27.356	<0.002
0.201	1.750	0.559	0.002	1.459	0.064	-	0.472	0.038	28.233	0.104	0.012	440.222	<0.002
0.666	7.733	2.894	<0.002	6.257	0.287	-	1.694	0.129	88.711	0.412	0.035	1187.778	0.002
<0.002	0.012	<0.3	<0.002	<0.2	<0.002	-	0.017	<0.002	5.160	<0.005	<0.002	56.611	0.002
0.206	2.881	0.369	<0.002	1.521	0.065	-	0.479	0.043	28.811	0.113	0.008	385.111	<0.002
0.738	11.200	<0.3	<0.002	7.040	0.247	-	1.416	0.146	89.644	0.465	0.025	1315.556	0.002
<0.002	0.033	0.465	<0.002	<0.2	0.003	-	0.019	<0.002	3.976	0.009	<0.002	37.478	<0.002
0.211	3.108	<0.3	<0.002	1.982	0.076	-	0.625	0.044	30.067	0.191	0.007	439.111	0.003
0.711	10.150	<0.3	<0.002	7.707	0.217	-	1.420	0.148	80.322	0.349	0.021	1268.859	0.002
<0.002	0.013	<0.3	<0.002	<0.2	<0.002	-	0.015	<0.002	2.213	<0.005	<0.002	44.667	0.002
0.231	3.042	<0.3	<0.002	2.233	0.071	0.00578	0.595	0.048	13.366	0.129	0.025	472	0.003
0.842	8.452	<0.3	0.003	7.222	0.261	0.0142	1.013	0.161	64.478	0.504	0.069	1263.333	0.004
<0.002	0.014	<0.3	<0.002	<0.2	<0.002	<0.00050	0.008	<0.002	<0.2	<0.005	0.003	30.467	0.003
0.234	3.626	<0.3	<0.002	2.196	0.07	0.00729	0.535	0.048	13.278	0.112	0.008	428.556	0.003
0.783	11.8	<0.3	<0.002	7.107	0.234	<0.00050	0.987	0.161	59.511	0.436	0.023	1214.444	0.002
<0.002	0.015	<0.3	<0.002	<0.2	<0.002	0.0106	0.006	<0.002	<0.2	<0.005	<0.002	38.556	0.003
0.249	4.071	<0.3	<0.002	2.176	0.065	EP	0.811	0.051	12.2	0.121	0.011	458.556	0.002
0.921	14.189	<0.3	<0.002	7.826	0.237	EP	1.23	0.186	67.433	0.491	0.032	1478.859	0.002
<0.002	0.02	<0.3	<0.002	<0.2	<0.002	EP	0.003	<0.002	<0.2	<0.005	<0.002	62.322	0.003

Fuente: Laboratorio químico de Minera Yanacocha

Anexo 5: Primeros resultados de análisis químico en RO II, continuación

VT	Zn T	TDS
mg/L	mg/L	mg/L
-	3	
<0.002	6,123	
<0.002	18,389	
<0.002	0,037	
0,002	5,880	2574
0,004	17,800	7690
<0.002	0,031	108
<0.002	8,339	2646
0,003	24,578	7930
<0.002	0,051	128
0,002	8,988	2302
0,005	25,211	7520
<0.002	0,032	256
0,002	11,778	2.606
0,004	32,667	8.670
<0.002	0,050	38
<0.002	9,676	2456
0,004	37,478	8350
<0.002	0,042	208
0,002	8,241	
0,003	26,467	
<0.002	0,030	
<0.002	38,522	2528
0,005	102,356	7130
<0.002	0,102	<10.0
<0.002	9,372	2440
<0.002	24,322	6870
<0.002	0,022	272
<0.002	8,304	
<0.002	29,422	
<0.002	0,04	

B
C
P
B
C
P

Fuente: Laboratorio químico de Minera Yanacocha

Para agua de consumo humano

Anexo 6: LMP, agua de clase 1

(1de 3 páginas)

LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICOS

Parámetros	Unidad de medida	Límite máximo permisible
1. Bacterias Coliformes Totales.	UFC/100 mL a 35°C	0 (*)
2. E. Coli	UFC/100 mL a 44,5°C	0 (*)
3. Bacterias Coliformes Termotolerantes o Fecales.	UFC/100 mL a 44,5°C	0 (*)
4. Bacterias Heterotróficas	UFC/mL a 35°C	500
5. Huevos y larvas de Helmintos, quistes y ooquistes de protozoarios patógenos.	N° org/L	0
6. Virus	UFC / mL	0
7. Organismos de vida libre, como algas, protozoarios, copépodos, rotíferos, nemátodos en todos sus estadios evolutivos	N° org/L	0

UFC = Unidad formadora de colonias

(*) En caso de analizar por la técnica del NMP por tubos múltiples = < 1,8 /100 ml

Fuente: Estándar Nacional del agua DS 002-2008- MINAM. Ministerio de Ambiente

Anexo 6: LMP, agua de clase 1, continuación

LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE PARÁMETROS DE CALIDAD ORGANOLÉPTICA

Parámetros	Unidad de medida	Límite máximo permisible
1. Olor	--	Aceptable
2. Sabor	--	Aceptable
3. Color	UCV escala Pt/Co	15
4. Turbiedad	UNT	5
5. pH	Valor de pH	6,5 a 8,5
6. Conductividad (25°C)	µmho/cm	1 500
7. Sólidos totales disueltos	mg L ⁻¹	1 000
8. Cloruros	mg Cl ⁻ L ⁻¹	250
9. Sulfatos	mg SO ₄ ²⁻ L ⁻¹	250
10. Dureza total	mg CaCO ₃ L ⁻¹	500
11. Amoníaco	mg N L ⁻¹	1,5
12. Hierro	mg Fe L ⁻¹	0,3
13. Manganeso	mg Mn L ⁻¹	0,4
14. Aluminio	mg Al L ⁻¹	0,2
15. Cobre	mg Cu L ⁻¹	2,0
16. Zinc	mg Zn L ⁻¹	3,0
17. Sodio	mg Na L ⁻¹	200

UCV = Unidad de color verdadero

UNT = Unidad nefelométrica de turbiedad

(2 de 3 páginas)

Fuente: Estándar Nacional del agua DS 002-2008- MINAM. Ministerio de Ambiente

Anexo 6: LMP, agua de clase 1, continuación

, pág. 3 de 3

(3 de 3 páginas)

**LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE
PARÁMETROS RADIATIVOS**

Parámetros	Unidad de medida	Límite máximo permisible
1. Dosis de referencia total (nota 1)	mSv/año	0,1
2. Actividad global α	Bq/L	0,5
3. Actividad global β	Bq/L	1,0

Nota 1: Si la actividad global α de una muestra es mayor a 0,5 Bq/L o la actividad global β es mayor a 1 Bq/L, se deberán determinar las concentraciones de los distintos radionúclidos y calcular la dosis de referencia total; si ésta es mayor a 0,1 mSv/año se deberán examinar medidas correctivas; si es menor a 0,1 mSv/año el agua se puede seguir utilizando para el consumo.

Fuente: Estándar Nacional del agua DS 002-2008- MINAM. Ministerio de Ambiente

Anexo 6: LMP, agua de clase 3

Para riego de vegetales y bebida de animales,

CATEGORÍA 3: RIEGO DE VEGETALES Y BEBIDAS DE ANIMALES

PARÁMETROS PARA RIEGO DE VEGETALES DE TALLO BAJO Y TALLO ALTO		
PARÁMETROS	UNIDAD	VALOR
Fisicoquímicos		
Bicarbonatos	mg/L	370
Calcio	mg/L	200
Carbonatos	mg/L	5
Cloruros	mg/L	100-700
Conductividad	(uS/cm)	<2 000
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	15
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	40
Fluoruros	mg/L	1
Fosfatos - P	mg/L	1
Nitratos (NO ₃ -N)	mg/L	10
Nitritos (NO ₂ -N)	mg/L	0,06
Oxígeno Disuelto	mg/L	> =4
pH	Unidad de pH	6,5 - 8,5
Sodio	mg/L	200
Sulfatos	mg/L	300
Sulfuros	mg/L	0,05
Inorgánicos		
Aluminio	mg/L	5
Arsénico	mg/L	0,05
Bario total	mg/L	0,7
Boro	mg/L	0,5-6
Cadmio	mg/L	0,005
Cianuro Wad	mg/L	0,1

SDT <5

Fuente: DS 002-2008 MINAM. Ministerio de Ambiente

(1 de 2 páginas)

Anexo 6: LMP, agua de clase 3, continuación

Cobalto	mg/L	0,05
Cobre	mg/L	0,2
Cromo (6+)	mg/L	0,1
Hierro	mg/L	1
Litio	mg/L	2,5
Magnesio	mg/L	150
Manganeso	mg/L	0,2
Mercurio	mg/L	0,001
Niquel	mg/L	0,2
Plata	mg/L	0,05
Plomo	mg/L	0,05
Selenio	mg/L	0,05
Zinc	mg/L	2
Orgánicos		
Aceites y Grasas	mg/L	1
Fenoles	mg/L	0,001
S.A.A.M. (detergentes)	mg/L	1
Plaguicidas		
Aldicarb	ug/L	1
Aldrin (CAS 309-00-2)	ug/L	0,004
Ciordano (CAS 57-74-9)	ug/L	0,3
DDT	ug/L	0,001
Dieldrin (N° CAS 72-20-8)	ug/L	0,7
Endrin	ug/L	0,004

Fuente: DS 002-2008 MINAM. Ministerio de Ambiente

(2 de 2 páginas)

Anexo 7: Formato de reporte diario

Formato N°:
Rev : 0

Desarrollo y Proyectos

REPORTE DIARIO

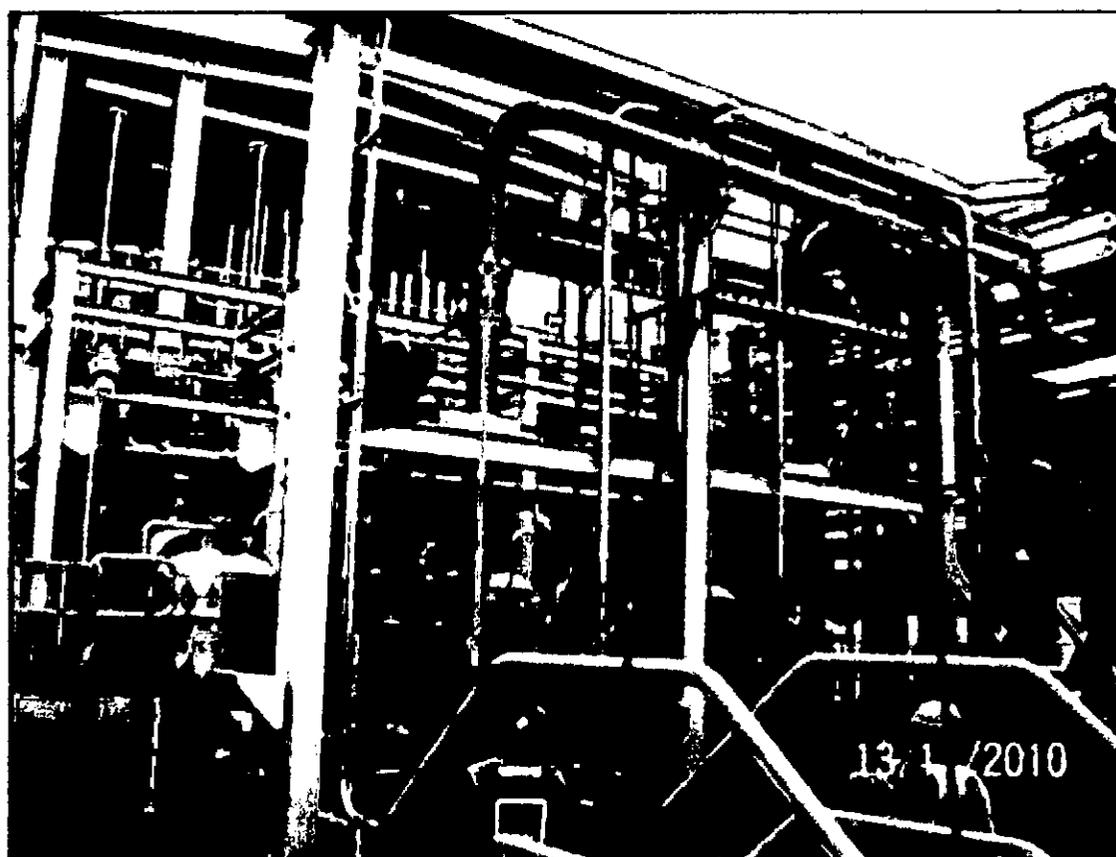
Proyecto: _____
 Contrato: _____
 Contratista: _____

Fecha: _____

TURNO (Día / Noche):		HORARIO DE TRABAJO: De: _____ A: _____		CLIMA:			
MANO DE OBRA	CANT / DÍA		TOTAL HH SITIO	EQUIPOS	N°	TOTAL HM INOPER.	TOTAL HM OPER.
	SITIO	DESCANSO					
DIRECTA				EQUIPOS			
Capataz							
Operario							
Oficial							
Peón							
INDIRECTA							
Gerente de Proyecto							
Personal de Ingeniería							
Planeamiento y Control							
Control de Calidad							
Seguridad							
Medio Ambiente							
Supervisores							
Administrativo							
Topógrafos							
Choferes							
TOTAL	0	0	0	TOTAL	0	0	0
DESCRIPCIÓN DE TRABAJOS REALIZADOS ESTE DÍA, (+FOTOS)							
NOTAS POR EL CONTRATISTA (Atrasos, Interrupciones, Desviaciones, Trabajos Extra, Temas relevantes del día de trabajo, fotos)							
FIRMA CONTRATISTA				CARGO			
RESPUESTA DE LA SUPERVISIÓN:							
FIRMA SUPERVISIÓN				CARGO			

Fuente: formato de uso en diversas minas. Estándar Yanacocha.

Anexo 9: Deformaciones estructurales por alta presión.



↑ Deformaciones detectadas en puesta en marcha: en zona inferior en tubería de rebose, zona superior en soporte de tubería de alimentación A, Y zona superior en soporte de tubería de alimentación B

↑ Fuerza actuante debido a la presión del flujo circulante desde bombas de alta, $F=1.5 P \times A$ (P= presión interna en tubería 375 psig, A=área transversal de tubería de alimentación 14", 1.5 factor de pruebas ASME)

Fuente: trabajo en equipo, MY, SSK, HWPT

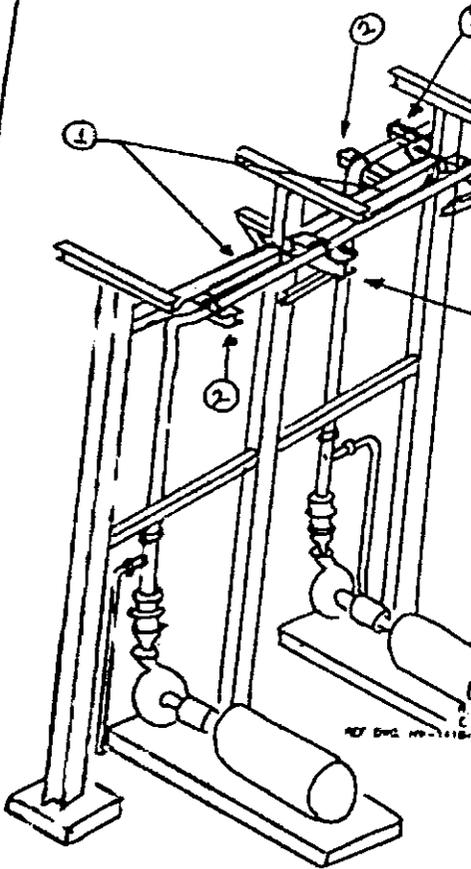


OTAS:

SE INSTALARON VIGAS W8X24
HORIZONTALES SOLDADAS A
LAS COLUMNAS EXISTENTES

SE COLOCARON BOLAÑIZOS DE W8X24
CERCA A LOS CODOS DE
DES CARGA DE LINEAS

SE CAMBIARON LOS SOPORTES (2 UNDS.)
AFECTADOS POR NUEVOS
W8X24 CON REFUERZOS
EN LAS ALAS.



ESQUEMA DE REFORZAMI
ESTRUCTURAL

VºBº

02-12-21

SSK MONTAJES E INSTALACIONES S.A.C
OFICINA TECNICA

NOTAS
1. SE DEBE PINTAR A UN COLOR
UNIFORME
2. SE DEBE PINTAR
EN TODAS LAS PARTES
EXTERIORES Y EN LAS
INTERIORES DE LOS
TUBOS Y ACCESORIOS

CONSTRUCTION

RJ PHASE II PLANT PAMPA AREA / AFERMA OBJECTS

HW PROCESS TECHNOLOGIES, INC.

PIPING PLAN
LOWER LEVEL PIPING
120110



CONFIDENTIALITY NOTICE

This drawing and the information it contains are the property of HW Process Technologies, Inc. All processes, drawings, materials, methods, equipment, and information are confidential and proprietary to HWPT. These drawings and information shall not be copied, reproduced, divulged, or otherwise made available to any third party without the written consent of HWPT. HWPT shall retain all rights in the information. Engineering System (ES) is the registered trademark of HWPT. The project was designed and drawn and produced by U.S. Patent No. 5,819,179; 6,481,366; 6,751,186; 6,752,431; 6,752,581; 6,752,648; and Patent Pending 6,752,649. All other trademarks are the property of their respective owners.

na

1

2003

ANEXO 10
PLANO CON REFUERZO ESTRUCTURAL EN
TUBERIAS DE INGRESO
FUENTE: HWPT

Anexo 11: Calculo de refuerzo estructural RO II

Esfuerzo actuante: flexión
F= 1500 kg



$$\sigma_{f. \text{ Actuante}} = \frac{M_{xe}}{I} = M/S \leq \sigma_{f. \text{ permitido}} \quad 21$$

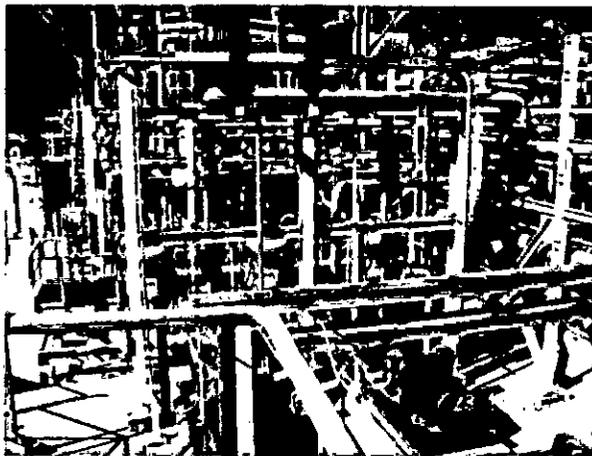
Por lo tanto: $S \geq M / \sigma_{f. \text{ permitido}}$ módulo de sección S

$$S \geq 1500 \text{kg} \times 0.25 \text{m} / 100 \text{ N/mm}^2$$

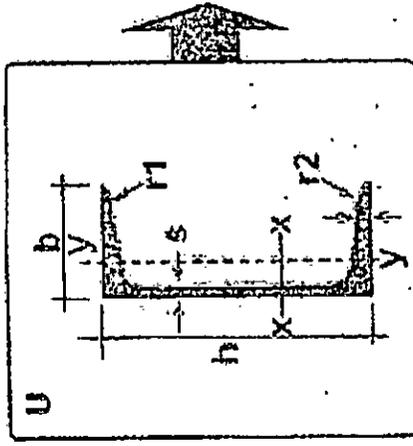
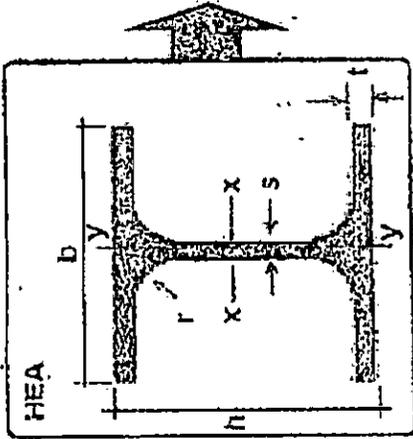
$$S \geq 147 \text{ cm}^3$$

Para este módulo de sección resistente S o W en eje x según tabla de anexo 12 Siguiente, se selecciona una viga H 140, o de medidas 133x140mm o mayor. Se recomendó en campo colocar doble soporte en cada línea, aplicando un factor de seguridad de 2, y un amarre con viga vertical al primer soporte.

Anexo 12: foto de falla estructural en tuberías de ingreso



Fuente: elaboración propia



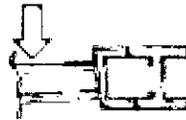
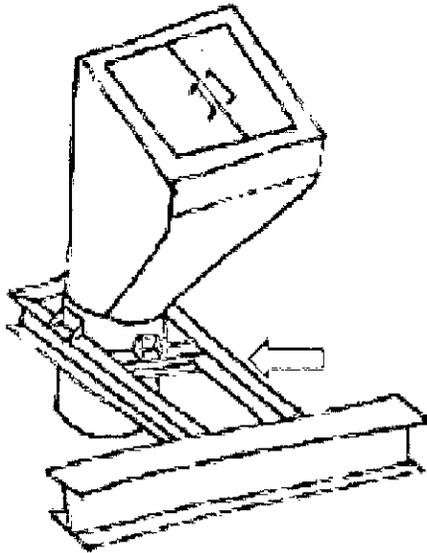
PERFILES TIPO EUROPEO ALA ANCHA HEA											
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS											
h	b	Dimensiones		t	Y	ÁREA	PESO	MOMENTO DE INERCIA			Módulo de sección
		mm	cm					cm ⁴	cm ⁴	cm ⁴	
HEA 100	98	180	6,0	12	5,0	21,2	18,7	3,08	13,1	72,8	28,8
HEA 120	114	120	5,0	12	5,0	25,2	18,9	0,00	2,31	120,2	38,3
HEA 140	133	140	5,5	12	5,5	31,4	24,7	10,30	3,80	150,0	52,2
HEA 160	152	160	6,0	15	3,0	39,2	30,4	15,0	6,0	200,0	78,0
HEA 180	171	180	6,5	15	3,5	45,2	33,4	25,10	9,5	250,0	103,0
HEA 200	190	200	6,5	18	6,0	53,2	42,0	35,50	13,9	300,0	134,0
HEA 220	210	220	7,0	18	6,0	64,3	50,5	54,10	19,0	350,0	170,0
HEA 240	230	240	7,5	21	7,0	76,2	62,3	77,60	27,0	400,0	210,0
HEA 260	250	250	7,5	23	8,0	88,2	80,2	104,00	37,0	450,0	250,0
HEA 280	270	280	8,0	24	9,0	101,3	97,4	139,00	47,0	500,0	300,0
HEA 300	300	300	8,5	27	10,0	118,7	113,0	185,00	63,0	550,0	350,0
HEA 320	310	300	8,5	27	13,0	131,0	127,5	230,00	80,0	600,0	400,0
HEA 340	330	300	9,5	27	13,0	153,2	159,0	280,00	100,0	650,0	450,0
HEA 360	350	300	10,0	27	14,0	174,0	182,0	330,00	120,0	700,0	500,0
HEA 400	390	300	11,0	27	19,0	250,0	250,0	490,00	180,0	800,0	570,0

PERFILES TIPO EUROPEO ALA ANCHA HEA												
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS												
h	b	Dimensiones		t	Y	ÁREA	PESO	MOMENTO DE INERCIA			Módulo de sección	
		mm	cm					cm ⁴	cm ⁴	cm ⁴		cm ³
C 40x5	78,7	207	4,5	8,9	6,1	2,3	7,20	6,10	0,00	8,32	10,0	3,4
C 45x7	101,6	207	4,5	7,5	7,1	2,8	10,50	8,04	1,810	13,90	17,1	4,75
C 50x7	127,0	207	5,1	8,7	7,8	3,2	15,40	12,20	2,710	20,40	20,5	6,15
C 50x11,5	127,0	207	5,1	9,0	8,1	3,5	21,70	17,40	4,140	28,40	32,0	9,00
C 60x8	139,7	207	5,1	11,1	8,1	3,5	22,80	22,00	2,700	35,70	38,0	10,50
C 60x10	139,7	207	5,1	12,7	8,7	4,3	30,00	30,50	5,300	46,00	50,0	14,00
C 60x13	139,7	207	5,1	12,7	9,1	4,3	30,00	34,50	6,700	51,00	54,0	15,00
C 75x8	165,1	207	5,1	13,2	9,1	4,3	30,00	41,50	8,700	60,00	64,0	18,00
C 75x10	165,1	207	5,1	15,2	10,1	5,1	39,50	51,50	14,400	78,00	82,0	23,00
C 100	130	50	6,0	8,9	6,5	4,50	19,50	16,50	200,00	20,50	41,0	9,40
C 150	160	85	7,50	10,5	10,1	5,50	24,00	19,50	350,00	35,00	70,0	15,50
C 200	200	78	8,50	11,5	11,5	6,00	32,00	26,00	1,000,00	100,00	200,0	47,00
C 250	250	60	10,00	12,0	14,0	7,50	48,00	37,00	1,800,00	180,00	360,0	81,00
C 300	300	50	12,00	14,0	16,0	9,00	65,00	48,00	2,800,00	280,00	560,0	125,00

Anexo 13: Tabla de perfiles H y C

Fuente: Manual Inspeq Ingeniería, Bogotá Colombia 2010

Anexo 14: Calculo de perfil C para tolva de químicos

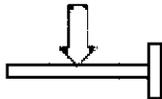


DISEÑO DEL CANAL SOPORTE A USAR, PARA TOLVAS DE QUÍMICOS:

Carga a soportar: tolva+ carga de químico=75+25=100kg.

Distancia: 0.5 m

Esfuerzo actuante: flexión



$$\sigma_{f. actuante} = \frac{Mxe}{I} = M/S \leq \sigma_{f. permitido} \quad 1$$

Por lo tanto: $S \geq M / \sigma_{f. permitido}$

$$S \geq 100\text{kg} \times 0.5 \text{ m} / 100\text{N/mm}^2$$

$$S \geq 5 \times 10^2 \text{ Nmm} / 100\text{Nmm}^2$$

$$S \geq 5 \text{ cm}^3, \text{ módulo de sección resistente}$$

Por tablas de perfiles C en eje X, sería suficiente un canal de 2"x1", pero aplicando un factor de seguridad de 4, se recomienda usar un perfil C de 3"x1.5"

¹ Manual de fórmulas de Kurt Giegk, ver bibliografía

Fuente: Elaboración propia

Anexo 15: Formato para almacenaje de equipos móviles

**PEERLES PUMP COMPANY
INDIANAPOLIS IN 46207-7026**



ALMACENAJE DE MOTOBOMBAS PEERLES

ALMACENAJE ESTANDAR Y DE LARGO PLAZO:	OK	OBSERVACION
1- Empaque estándar: los preservantes están dentro de la vida Útil desde la fecha de envío (3 meses)		Fecha de recepción: Fecha de inspección:
2- Condición ambiental para considerar <u>almacenaje controlado</u>: T sup.- T rocío > 5.5°C y HR < 50% , sin polvo		
3- Almacenamiento considerado sin control menor a 6 meses: La inspección se da periódicamente, semanal, revisando Preservantes, y protección interna		
4- En inspección periódica se recubre con: inhibidores de agua (VPCI 368-021, Rust Ban 392), grasas en capas(Rust Ban 326), inhibidores de vapor(shell vpi 260), recubrimiento preventivo de oxido (Rust Ban 373)		

**PROTECCIÓN CONTRA HUMEDAD
EN ALMACENAJE SIN CONTROL:**

1-Sellado con cinta todas las tuberías roscadas y con bridas. Se colocó 4.5 kg de desecante de absorción de humedad o 2.5 kg de inhibidor de vapor en cristales, cerca al centro de la bomba.		
2- Si bomba es armada, se colocó 0.5 kg mas de inhibidor en descarga		
3- Se instaló un indicador de humedad cerca del perímetro de la bomba		
4- Se sello el equipo con cubierta de polietileno negro de mas de 6 mils .Sellado con cinta y se hizo agujero de ventilación de 1/2"		

**PEERLES PUMP COMPANY
INDIANAPOLIS IN 46207-7026**



HW Process Technologies, Inc.

5- El equipo está protegido bajo techo o container (shed shelter)		
---	--	--

MOTOR Y CAJA DE ENGRANAJES:

1- Se giró equipo manualmente para lubricar cojinetes, al menos una vez al mes		
2- Se encendió el equipo por unos 5 minutos a 10, para lubricación interna		
3- Luego del funcionamiento, se reemplazó y selló la tapa de escape del motor, y los tapones respectivos		
4- Se usó aire limpio y seco o Nitrógeno a 100psi, para la limpieza del sistema neumático, si este estuviese integrado al arranque.		
5- Se cambiaron aceite y filtro antes de los 6 meses		
6- Se usaron tapones desecantes y bolsas, en caso de no usar calentadores de bobinado de los motores, los que deberían de estar 5.5°C por encima del aire circundante.		
7- Se llenaron los reservorios de aceite de los cojinetes, con aceite de turbina inhibidor para alto grado de corrosión y oxidación		
8- Se recubrió el eje del motor y las superficies de la brida con preservante anticorrosivo (Ashland Tectyl 502-C o igual)		
9- Se retiraron los tapones de drenaje de condensación del motor, si los tiene e insertaron tapones de gel de sílice desecantes en las aberturas.		
10- El motor está cubierto o en lo posible embolsado en plástico transparente grueso, sellándolo luego de colocarle el indicador de humedad a su lado, y colocarle varias bolsas de gel de sílice.		
11- Se giró el motor manualmente, varias rpm, al menos una vez al mes.		
12- Si la HR es alta se aplicó barniz anti hongos del tipo GEORGE N° 1137 sellador o igual.		

**PEERLES PUMP COMPANY
INDIANAPOLIS IN 46207-7026**

Fuente: Elaboración propia, 2 de 4 páginas



13- Se verificó periódicamente la resistencia del aislamiento del Motor usando ohmiómetro de abertura manual sobre los 500v, según norma IEEE 43. Prueba de resistencia del aislamiento de rotación AC.		
14- Si el aislamiento no cumple la norma anterior, se secó el motor con aire caliente, calentadores de bandas, o lámparas de calor		
15- Antes de puesta en marcha se tienen registros de 1 - Condición de almacenaje 2 - Lecturas de ohmiómetro 3 - Mantenimiento efectuado		
16 - Antes de la puesta en marcha, en su lugar final se drenó todos los aceites y se cambiaron, así como el agua antirefrigerante.		

BOMBAS CENTRIFUGAS HORIZONTALES:

1 Se retiró y descartó el empaque de la caja de carga, si la bomba es del tipo de empaque. Se roció las cajas interiores de bomba con preservante antióxido.		
2- Después de drenar la bomba se cubrió la succión y descarga, las bridas con empaque de caucho, clausurando estas aberturas con bridas de metal y un mínimo de 4 pernos. Se tapó también la caja de carga con cinta no higroscópica. Si sobra la estopa del empaque en eje de bomba, se aseguró en su posición o se cableo.		
3- Se recubrió todas las superficies maquinadas con antioxidantes destilados de petróleo.		
4- Las superficies pintadas expuestas están secas, limpias y sin grasa u otros contaminantes		
5- La bomba está con cubierta resistente a la intemperie, con papel térmico o plástico		
6- Se giró el eje de la bomba entre 4 a 6 semanas, manualmente		
7- Antes de poner en funcionamiento la bomba se extrajó todas las cubiertas y recubrimientos protectores.		

**PEERLES PUMP COMPANY
INDIANAPOLIS IN 46207-7026**



HW Process Technologies, Inc.

8- Se llenaron los recipientes de cojinetes (Series 8175, 8196, 8796) Con aceite de turbina anticorrosión.		
9- Se giró el eje de la bomba al menos una vez por semana, para recubrir los cojinetes, retardando su corrosión.		
10- En las series 8196 se aseguró que la rotación sea horaria para evitar que el impulsor se desconecte del eje		
11- Se siguió los procedimientos de de almacenaje de largo plazo, cuando el tiempo entre el envío y puesta en marcha supera los 3 meses.		

OK: SI—V, NO—X, NO APLICA: NA

NOTAS ESPECIALES:

- 1- La compra de "los protectores de almacenaje de largo plazo", esta disponible antes del envío de la bomba, para extender su vida útil.
- 2- Esta compra no prolonga la garantía del equipo.
- 3- La política de garantía es de 20 meses desde la puesta en marcha o 18 meses desde el envío, el que ocurra primero. La garantía es válida solo si el equipo ha sido almacenado o manipulado correctamente. Si no es así esta puede restablecerse solo después que un representante de la fábrica inspeccione el equipo antes de la puesta en marcha. Los gastos para el representante serán puestos en lista de acuerdo con el programa más reciente para el ingeniero de mantenimiento de campo. Cualquier reparación o repuestos debe ser facturada al cliente a precios vigentes en el momento de envío de estas reparaciones

Adaptación de la traducción al español: Juan M. Torres Ruiz – HARWEST – 16.02.10

Fuente: Elaboración propia, (4 de 4 páginas)



HW Process Technologies, Inc.

Continuación NCR

TIPO DE DEFECTOS DE SOLDADURA

1/3

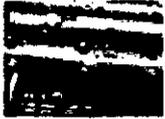
DESCRIPCION	DEFECTOS	FOTO	RECOMENDACION	OBSERVACION
DEFECTOS TIPICOS EN MANIFOLDOS EHS	1-SOCAVACION (undercut) Y FALTA DE LLENADO (UNDERFILL)		RELLENAR SOLDADURA	SALIDAS DE 1" DE MANGUERAS DE PERMEADO. PRESION ES DE 5 PSI
	2-POROSIDAD (PORES)		ABRIR SECTOR DE PORO Y RELLENAR	PRESIONES DE 5 PSI EN PERMEADO
	3-FALTA DE LLENADO (UNDERFILL)		 ESTOS CAPS TIENEN ADEMAS OTRAS FALLAS JUNTAS, SOBREMONTAS, SOCAVACIONES, CRATER, SALPICADURAS. SE RECOMIENDA HACER 2 PRUEBAS NDT (RAYOS)	SON 12 CAPS DE ALTA PRESION 300 LB PROMEDIO 6 DE LA UNIDAD A Y 6 DE LA UNIDAD B
	4-FALTA DE FUSION INTERNA (LACK OF FUSION)		SE HIZO PRUEBA DE SOLDADURA INTERIOR CON CERAMICA DE RISTOLA TIG CORTA Y SE PUEDE RELLENAR INTERIORMENTE SIN DIFICULTAD	PARA RECEPCION DE PERMEADO LA PRESION ES DE 5 PSI NOTA: VER PRESIONES EN PLANO HW-1410-6-16-001 REV 1

CONTEO Y UBICACION DE JUNTAS				
DESCRIPCION EQUIPO - ZONA	DEFECTOS	FOTOS	PULGADAS DIAMETRO	OBSERVACIONES
1- UNIDAD EMS B 1.1 . MANIFOLDS DE ENTRADA, 6 CAPS SUPERIORES. PARTE SUR	FALTA DE LLENADO SOCAVACIONES, SOBREMONTAS CRATER, SALPICADURAS		6 CAPS DE 6 : 36"Ø	HACER 2 PRUEBAS PREVIAS NDT, RAYOS, A LOS MAS CRITICOS, AL PRIMER Y TERCER CAP DESDE LA DERECHA, DESDE EL SUR
1.2 MANIFOLDS DISTRIBUIDORES DE MANGUERAS DE PERMEADO DE 1"	SOCAVACIONES		24 JUNTAS DE 1" 24"Ø	SON RELLENO, NO SON JUNTAS NUEVAS, EL TIEMPO REAL DE EJECUCION SE REDUCE A LA 3ª PARTE DE UNA JUNTA NUEVA.
1.3 MANIFOLDS DE DISTRIBUCION DE ALIMENTACION BARREN Y RECEPTORES DE PERMEADO DE 1"	POROS		3 JUNTAS DE 1" 3"Ø	LOS POROS SON AISLADOS Y PUNTALES, POR LO QUE SU REPARACION ES LOCAL ESMERILANDO Y SOLDANDO ENCIMA, EL TIEMPO DEBE SER LA MITAD DE UNA JUNTA NUEVA
1.4 LADO NORTE EN MANIFOLD DE 4" VERTICALES E INFERIORES	POROS Y FALTA DE FUSION INTERIOR EN 7 COLECTORES INFERIORES DE 4" DE DIAM.		4 POROS EN JUNTAS DE 4" 4"Ø 7 JUNTAS INTERIORES DE 4" INFERIOR: 28"Ø	USAR PISTOLA DE TIG CORTA PARA LAS JUNTAS INTERIORES EN TUB. DE 4" NOTA: USAR PLANOS PYD HW-1410-8-16-012 AL 014

Antonio Luis

CONTEO DE DEFECTOS DE SOLDADURA 2/3

Fuente: elaboración propia, NCR, Anexo 16, 3 de 4 páginas

<p>2- UNIDAD EMS A</p> <p>2.1 LADO NORTE MANIFOLDS MONTADOS Y SIN MONTAR</p>	<p>-SOCAVACIONES Y POROS EN SALIDAS DE PERMEADO</p> <p>-FALTA DE FUSION EN INTERIOR DE 9 BOCAS DE PESCADO CON TUBERIAS DE 4"</p>			<p>-SOCAVACIONES EN TODAS LAS JUNTAS DE 1.5" DE 4 MANIFOLDS: 72"Ø</p> <p>-8 BOCAS DE PESCADO DE 4"Ø: 32"Ø</p> <p>-8 POROS: 13"Ø</p>	
<p>2.2 LADO SUR 6 CAPS DE 6"</p>	<p>-LOS CAPS TIENEN ACUMULACION DE FALLAS</p> <p>- LOS MANIFOLDS DE SALIDAS DE PERMEADO CON SOCAVACIONES</p>			<p>-6 CAPS DE 6"Ø: 38"Ø</p> <p>-6 BOCA DE PESCADO DE 4"Ø DE DIAM: 24"Ø</p> <p>-3 MANIFOLDS CON SALIDAS DE 12 MANQUERAS DE PERMEADO: 54"Ø</p>	<p>A 2 CAP TOMARLE RAYOS PREVIAMENTE.</p>
<p>3- FLAUTAS DE MUESTREO 2 DE 1.5" DIAM,</p>	<p>FALTA DE RELLENO</p>			<p>-12"Ø</p>	<p>NOTA : DE REFERENCIA USAR PYD HW-1410-9-16-009</p>
<p>4-FILTROS</p>	<p>-MAL ACABADO EN CODO DE FILTRO 1410-FL-16101</p> <p>- HI LOW EN TUBERIA INFERIOR DE FILTRO 1410-FL-16102</p>			<p>LAS TUBERIAS SON DE 10" Y SCH 40, ESPESOR DE PARED DE 9MM</p>	<p>SE RECOMIENDA ULTRASONIDO A CADA JUNTA.</p> <p>PRESION DE TRABAJO : 60 PSI</p> <p>VER PFD: HW.1410-9-16-001</p>

CANTRO DE DEFECTOS DE SOLDADURA

Anexo 17: Informe final RO II

INFORME: 15.12.10

**PARA: RUBEN ZAVALA
PRE COMISION MYSRL**

**DE: JUAN TORRES RUIZ
HWPT**

ASUNTO: PRUEBA DE RENDIMIENTO DE RO II, NCR

FECHA: 15 DE DIC. 2010

Al respecto informo:

I) PRUEBA DE RENDIMIENTO

- 1- La prueba de rendimiento de las unidades A Y B por separado a un flujo de 225 m³/h cada una a solicitud de MYSRL. Se reinició el Mierc. 24 de Nov., a las 12m. y se culmino Satisfactoriamente el día Viernes 12 de Diciembre a las 10am.

Quedando como resultados:

Parámetros	Unidad A	Unidad B
Horas totales	186	180
Horas paradas	4	9.7(8.3MY)
Horas de parada por lavado	3	0.6 la.lin., 1.4 pp
Alimentación Barren m ³	64775	62780
Concentrado m ³	18818	18752
Permeado m ³	45957	44028
Promedio de Permeado m ³ /h PP	241.8	244.7
- Alimentación m ³ /h	350	350
- Flujo de permeado(x0.7rec) al 100% FP. Planteado 97%	245	245
- Rendim. perm.: PP/FP	241.8/245=98.7%	244.7/245=99.8%

- 2- El monitoreo en campo del PH y la conductividad (us/cm) estuvieron en los valores permisibles. Ver muestra siguiente.

Fuente: Informe final ROII. Elaboración en equipo HWPT, (Anexo 17,1 de 8 páginas)

B

ENTRADA

Permeado

Concentrado

ETAPA
Precisons

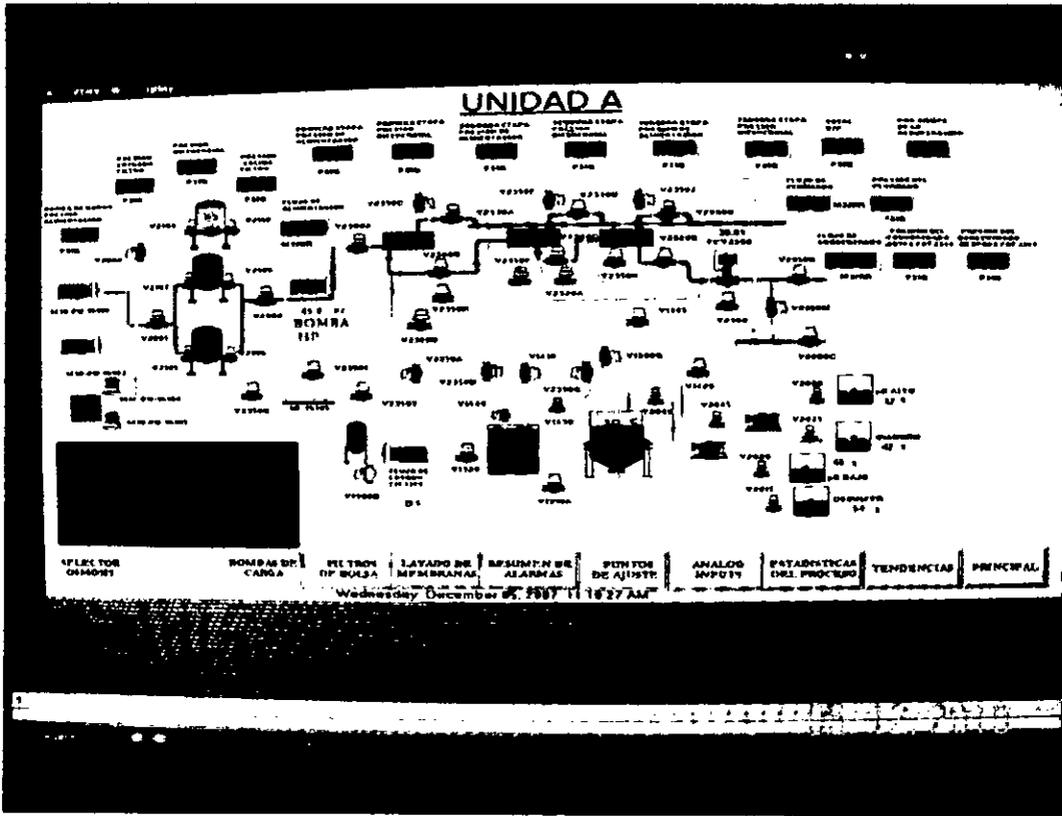
DATE	TIME	1 2 3 4 5					6 7 8 9				10 11 12 13				14 15 16			17	RECOVERY	DP
		(1) FEED					(2) PERMEATE				(3) CONCENTRATE				FEED STAGES					
		Temp.	Feed Flow	Pressure	Conduct.	pH	Flow	Pressure	Conduct.	pH	Flow	Pressure	Conduct.	pH	(4) First	(5) Second	(6) Third			
Month	24-hr clock	°C	m ³ /hr	PSI	µs/cm	m ³ /hr	PSI	µs/cm		m ³ /hr	PSI	uS		PSI	PSI	PSI		DP		
NOVEMBER																				
25-Nov-10	19.00	11.4	350	240	3202	6.5	245	11	303.9	9.55	104.9	164	8003	6.5	238	214	196	70,00%	75	
25-Nov-10	21.00	10.5	351	245	3230	7	244.8	11	315	9.5	104.9	170	7970	7	245	220	203	69.9	75	
25-Nov-10	12.00	10.8	350.2	254	3241	7.3	245.7	11	320.6	9.6	104.5	178	7938	8.03	254	228	211	70,00%	75	

Toma de muestras y registro

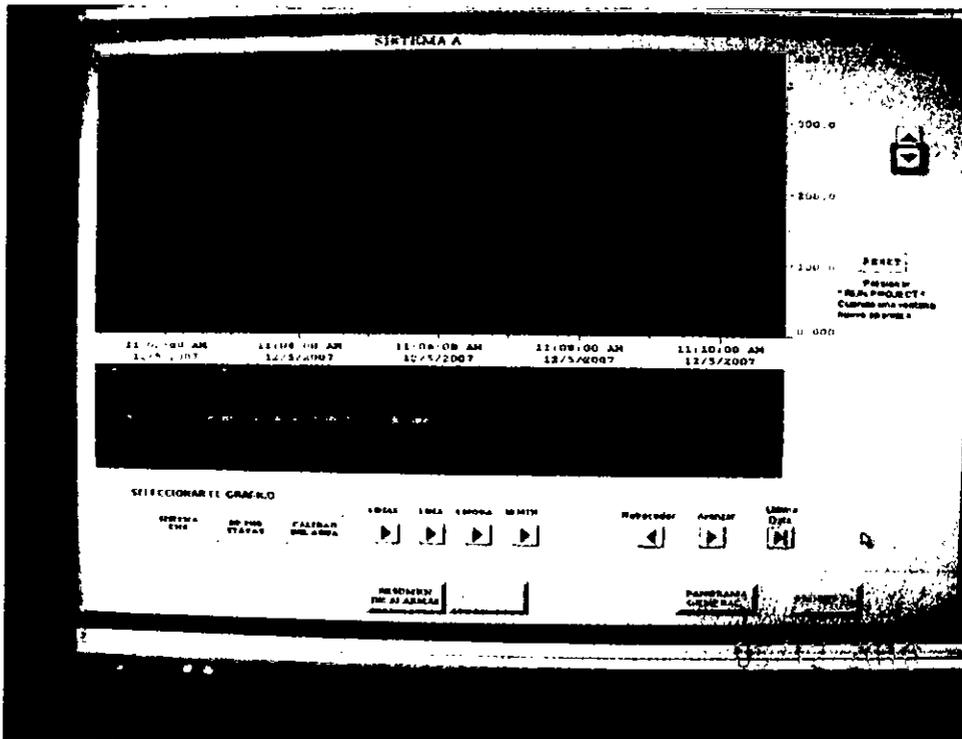


Tabla de muestras de campo en RO II. Fuente: Informe final RO II. Trabajo en equipo HWPT (Anexo 17, 2 de 8 páginas)

3- MONITOR EN SALA DE CONTROL: unidades A y B funcionando, flujos y presiones.

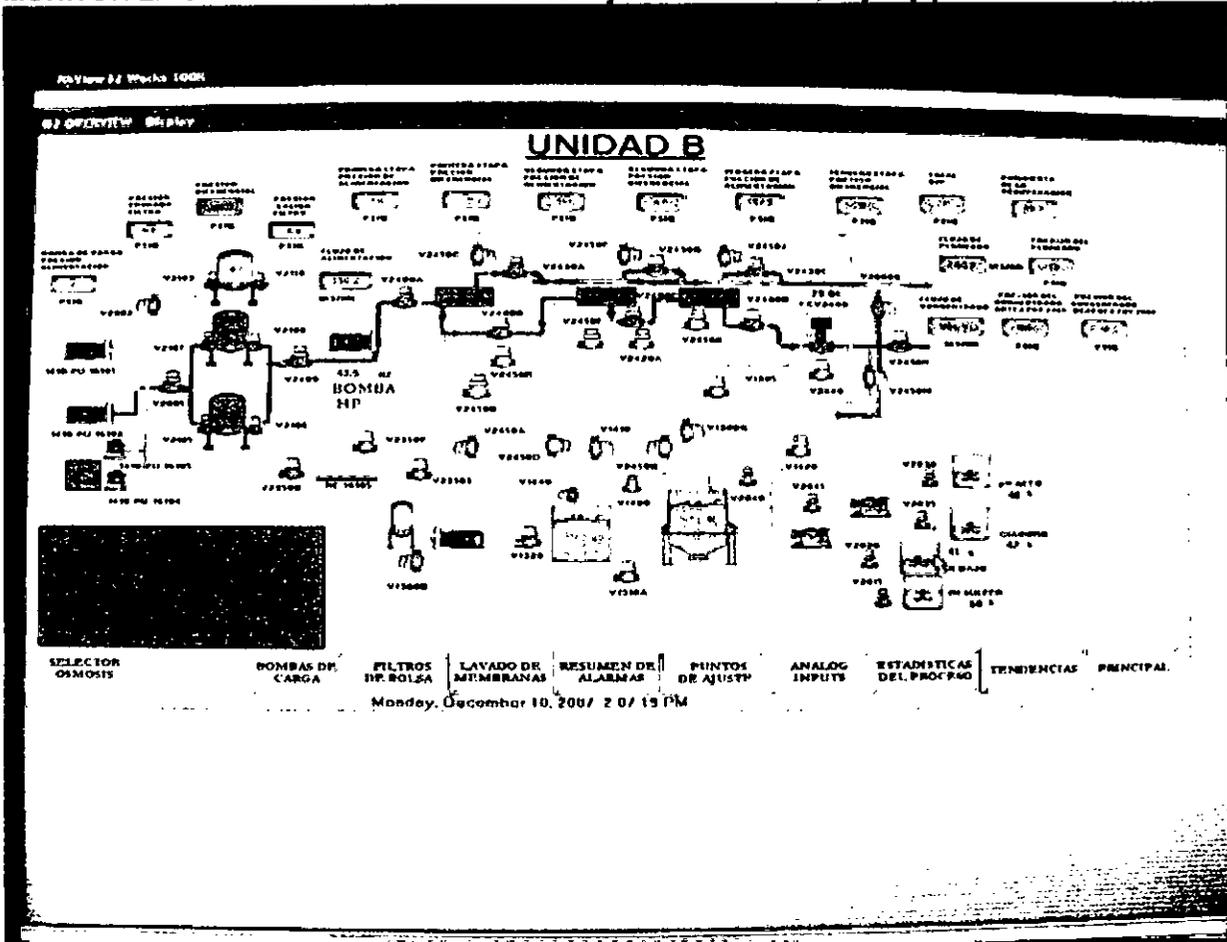


LAS UNIDADES DE FLUJO ESTAN EN M³/H, Y PRESIONES EN PSI, solo en pantalla de tendencias el flujo esta en gal/min



Fuente: Informe final de RO II. Trabajo en equipo HWPT (Anexo 17, 3 de 8 páginas)

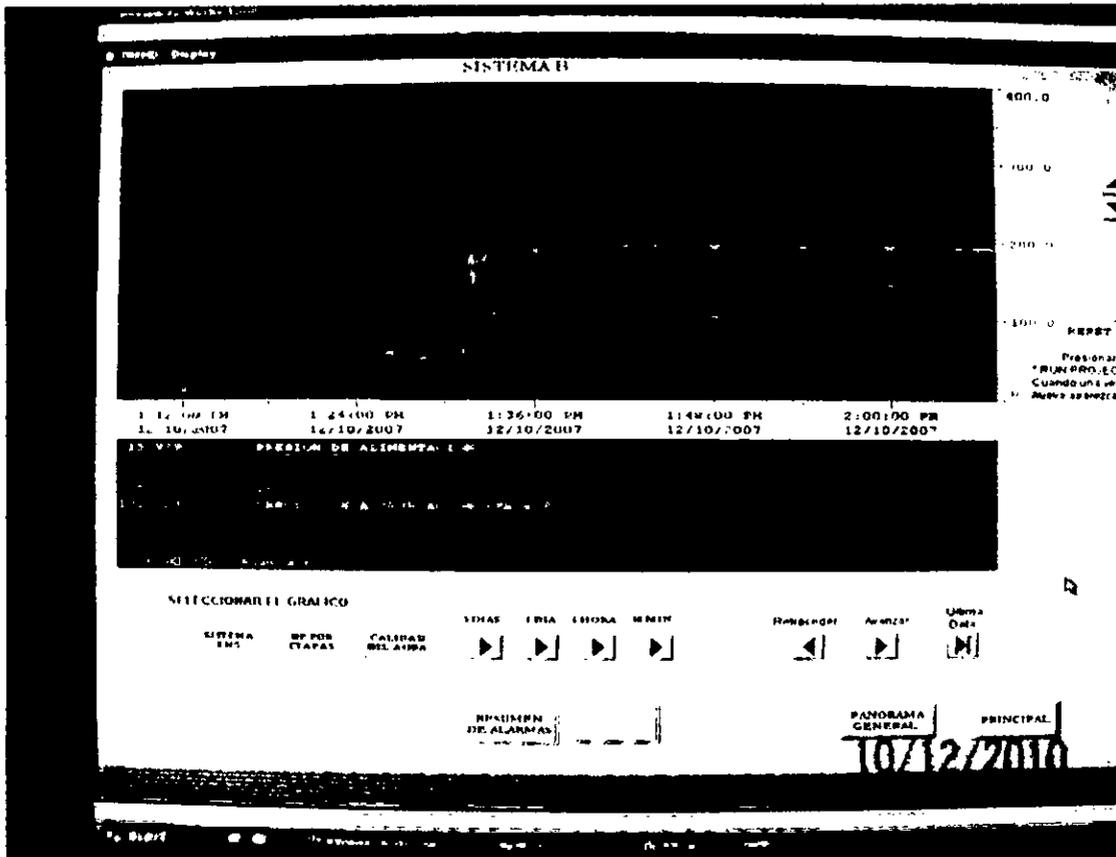
MONITOR EN SALA DE CONTROL: unidades A y B funcionando, flujos y presiones



EL HISTORICO DE TODOS LOS PARAMETROS POR HORAS Y DIAS ESTA EN LA MEMORIA DEL CPU DE CONTROL.

Fuente: Informe final de RO II. Trabajo en equipo HWPT (Anexo 17, 4 de 8 páginas)

Figura 21: pantalla RO en parada e inicio de producción



Fuente: elaboración propia -HWPT

II) ENTRENAMIENTO

- Se entregaron 19 manuales de operación del RO II, 18 a PL.Pampalarga, 1 a precomision, de los cuales 9 fueron de HWPT y 10 de MYSRL
- Tuvimos 5 reuniones con 15 participantes en total, sin interrumpir sus labores de operación de planta. Ver adjunto aparte, la relación de participantes y consultas hechas.
- Algunas recomendaciones del Ing. Gary, para el ROII:
 1. Las soluciones químicas en el proceso de lavado se pueden usar de 2 a 3 veces
 2. El tiempo de lavado cuando las membranas están nuevas es de 25 min., a mayor desgaste mayor tiempo como en el ROI que es de 45min.
 3. El calentador del tanque de lavado ha sido reemplazado por otro en línea, el HE 16105. Cuando se lava con PH bajo, se hace un lavado químico y no es esencial el calentamiento. Cuando se lava con PH alto, el lavado es más físico, y el calentamiento o temperatura si es importante. Cuando se usa cianuro tampoco es esencial la temperatura.
 4. Si no hubiera agua en tk. de lavado, en forma opcional se puede enjuagar con Barren pero tan solo 2 minutos

Como la experiencia es madre de la ciencia, el ítem 3 está en consulta con las experiencias en el RO I, (Ing. Sabina Alva-procesos) y las evaluaciones que se harían con el ROII en cuanto a los beneficios económicos al calentar para lavar, y disminuir la frecuencia de lavado.

Fuente: Informe final de RO II. Trabajo en equipo HWPT (Anexo 17, 5 de 8 páginas)

III) NCR Y OTROS

1- JUNTA DE EXPANSIÓN DE ALTA

Se ha presentado el esquema de sujeción definitiva de esta junta con fecha del 12 de Diciembre del 2010, y a la fecha al menos tenemos la aprobación verbal de ingeniería Yanacocha a la propuesta. Se recomendó que la ejecución la hiciera SSK Por tener el personal y material disponible a esa fecha.

La deformación se da principalmente en la unidad A, se adjunta instrucción de campo ya ejecutada y que permite el trabajo temporal de dicha unidad.

Las 2 unidades necesitan asegurar dichas juntas.

El diseño original es de HWPT, la revisión entiendo es de MYSRL

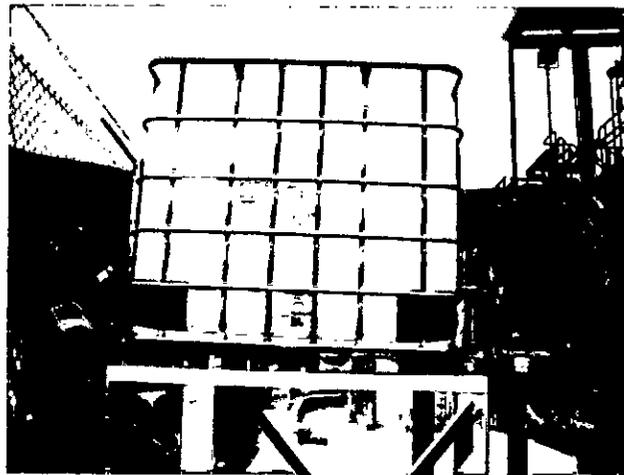
Ver adjunto de esquema de solución en revisión 1

2- BOMBAS ANTIESCALANTE

Las 2 bombas se encuentran funcionando, luego de la intervención del Ing. Gary en cuanto faltaba el ajuste hidráulico, y el cambio de aceite respectivo.

Esta propuesta de bomba fue hecha por HWPT hace 2 años, en todo caso como en todo proyecto es conveniente escuchar las propuestas de los usuarios finales que son los operadores de planta.

Figura 22: anti incrustante Nalco



Fuente: elaboración propia-HWPT

Señalización diaria de funcionamiento de bombas y consumo de antiescalante 3) -VIBRACION EN RODAMIENTOS EN BOMBAS DE ALTA-SULZER 16003

Este NCR lo hemos recibido el día 15 de Diciembre, un día antes de culminar nuestra presencia en mina, y les apoyaremos hasta los últimos minutos que podamos participar.

Como información al respecto puedo manifestarles que:

- En Febrero 2010 cuando aún teníamos pase de visita y no se firmaba el contrato ON SHORE pudimos evaluar cómo estaban las Bombas de Barren Peerles, y recomendamos el mantenimiento y giro periódico de las bombas que no se había hecho desde Agosto 2009. Cuando solicitamos intervenir en las Bombas Sulzer MYSRL, nos pidió no hacerlo por temas de garantía.

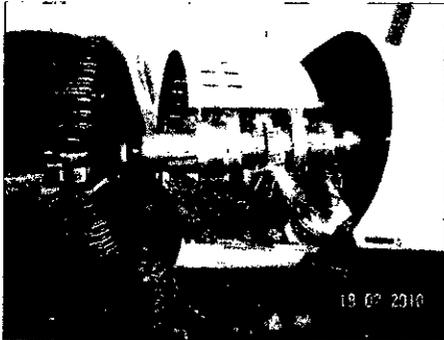
Las bombas se abrieron de su caja y se montaron en Abril del 2010; y se evaluó su vibración aproximadamente en Octubre del 2010

-Entiendo que los problemas son para resolverse y este no nos es ajeno aun no estemos en el proyecto.

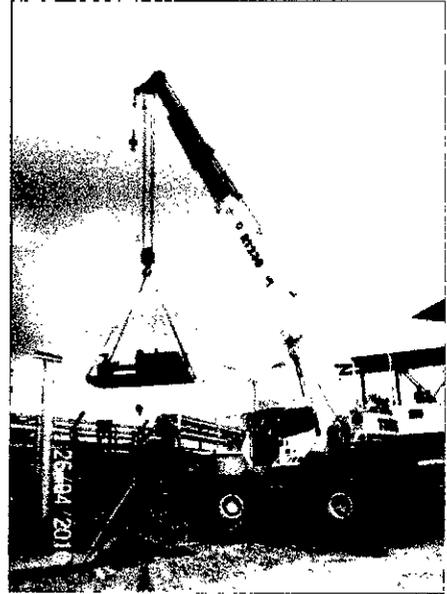
Fuente: Informe final de RO II. Trabajo en equipo HWPT (Anexo 17, 6 de 8 páginas)

Figura 24: Montaje de bombas de alta

Figura 23: oxido en ejes de bombas RO



Fecha de inspección de bombas Peerles



Fecha de montaje de bombas Sulzer

Fuente: elaboración propia-HWPT

From: Juan M. Torres-Ruiz
Sent: Wed 10/03/2010 11:41
To: omar.mariluz@newmont.com
Cc: william.melendez@newmont.com; Oscar Osoros
Subject: apoyo en montaje de bombas-visita

Buenas

Es necesario que a las bombas montadas y las que vienen se les haga un mantenimiento externo previo, se le coloque preservantes a zonas maquinadas expuestas y se les selle o cubra lo mejor posible, no pueden estar expuestas a la lluvia o humedad antes de su puesta en marcha. Les adjunto el formato de mantenimiento que recomiendo quincenal, y es conveniente disponer la visita del que suscribe para compartir información al respecto

juan torres r
Ing. de terreno
HW-Tecnología de Procesos
Celular 01 996055327
mail:jtorres@harwest.com
www.Harwest.com

Fuente: Informe final de RO II. Trabajo en equipo HWPT (Anexo 17, 7 de 8 páginas)

IV) OTROS

1- LUMINARIAS DEL ROII

Estas ya se encuentran en MYSRL, la compra la hizo MYSRL a solicitud nuestra HWPT
La Orden de compra de MYSRL es 072872

2- PERNOS INOX

Los últimos 100 pernos Inox fueron entregados a almacén y al sr Cesar Ortiz de SSK

3- DAILYS REPORT

A continuación de los cálculos estructurales de la junta de expansión y este informe regularizo los dailys faltantes de esta semana.

Atentamente y a su servicio

Juan M. Torres Ruiz

**Ing. de terreno HWPT
HW-Tecnología de Procesos
Celular 01 996055327
mail:jtorres@harwest.com
www.Harwest.com**

Fuente: informe final, elaboración en equipo HWPT, (Anexo 17, 8 de 8 páginas.)

RESUMEN

Ante las dificultades presentadas a nivel nacional y global por la mayor demanda poblacional de agua potable para consumo humano o para uso agrícola o veterinario, y ante la presencia de aguas acidas o con minerales en asientos mineros y aguas salubres o agua de mar en abundancia; se presenta la alternativa tecnológica del uso de el concepto, procedimientos y plantas usando la tecnología de Osmosis Inversa o en ingles Reverse Osmosis, con sus siglas RO

El propósito de este Informe es exponer esta tecnología a travez del montaje de una planta estándar de RO de 500 m³/hora en una planta minera, cuyos residuos acidos o mineralizados necesitan separarse y devolver a los afluentes o ríos agua de clase III o para uso agrícola y consumo de animales. Para el caso de una mina que usa lixiviación se puede recuperar el cianuro usado y concentrados mineros que son residuos del proceso de RO para devolverlos al proceso minero o seguir reutilizandolos o reprocesándolos, disminuyendo aun mas los costos de producción.

Para este caso concreto de este tipo de plantas es posible conseguir agua de clase I o potable para consumo humano, mas de lo que solicitan según los resultados químicos obtenidos, ver tabla 3, es mas los costos de producción u operación de agua usando RO llegan a ser la tercera parte de una planta de agua tradicional ver tabla 9.

Israel llegara al 100% de uso de agua desalinizando el agua de mar por RO, Chile esta sin problemas comunales con sus minas en la zona norte, y Perú a la fecha ha desidido implementar mas de 20 plantas RO en toda su costa, para empezar.

ABSTRACT

Faced the difficulties presented at the national and global level by the greater population demand of drinking water for human consumption or for agricultural or veterinary use, and in the presence of acid waters or with minerals in mining seats and salubrious waters or seawater in abundance; the technological alternative of the use of the concept, procedures and plants using Reverse Osmosis technology or in English Reverse Osmosis, with its initials RO.

The purpose of this Report is to expose this technology through the assembly of a standard RO plant of 500 m³ / hour in a mining plant, whose acid or mineralized waste needs to be separated and return to the tributaries or rivers class III water or for use agricultural and animal consumption. In the case of a mine that uses leaching, it is possible to recover the used cyanide and mining concentrates that are waste from the RO process to return them to the mining process or continue reusing or reprocessing them, further lowering the production costs.

For this specific case of this type of plants it is possible to get water of class I or potable for human consumption, more than what they request according to the obtained chemical results, see table 3, it is more the costs of production or operation of water using RO arrive to be the third part of a traditional water plant see table 9.

Israel will reach 100% water use by desalinating sea water by RO, Chile is without communal problems with its mines in the northern zone, and Peru to date has decided to implement more than 20 RO plants in all its coast, to begin with .