

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTÍN DE
AREQUIPA**

**FACULTAD DE INGENIERIA DE PRODUCCIÓN Y SERVICIOS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA**



TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

**“CÁLCULO Y MONTAJE DEL SISTEMA DE IMPULSIÓN
DE AGUA TRATADA DESDE TK 2937 PTARI A TKS
2932/2934/2935 LAVADERO DE CAMIONES MINEROS
ENMARCADO DENTRO DEL PROYECTO DE
REUBICACIÓN DE FACILIDADES SUR - FASE 1 PARA LA
EMPRESA SMCV”**

**PRESENTADO POR EL BACHILLER
LENER HUMBERTO MAYTA SANCHO**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO MECÁNICO**

**AREQUIPA – PERÚ
2020**

DEDICATORIA

A mis padres, que fueron mi modelo de persona a seguir y que me impulsan a ser el mejor profesional.

AGRADECIMIENTO

Agradecimiento infinito a Dios por darme los dones profesionales, ayudarme a ser buena persona, por acompañarme día a día y guiar mí camino e impulsarme a cumplir con mi objetivo.

A mis progenitores, quienes son mi modelo, mi motor y apoyo, que a través de su amor, enseñanza, paciencia y buenos valores, aportan en mi futuro profesional.

Y a mi alma mater, mi querida Universidad, a todas las autoridades, por verme enseñanzas y experiencias que aportaron con mis aspiraciones profesionales, gracias por su aporte y permitirme culminar en el desarrollo de esta investigación.

RESUMEN

En el desarrollo del presente informe en el área de metal mecánica, se realizó los cálculos de ingeniería para las operaciones de bombeo desde la planta PTARI TK 2937 hasta los tanques TK 2932/2934/2935 (lavaderos de camiones mineros), Se aplicaron criterios de diseño, cálculos y montaje, las condiciones de funcionamiento, y las dimensiones de los sistemas de impulsión de agua tratada.

Se dimensionó las capacidades de las bombas y las líneas de conducción del agua tratada que van a ser impulsadas desde las bombas C2-5790-PW-2917 y C2-5790-PW-2918 TK 2937 las cuales se ubican de forma adyacente de la PTARI, hasta los tanques de los lavaderos de volquetes, tractores y equipo semipesado.

Se realizó una memoria de cálculo para el dimensionamiento de los sistemas de tuberías, accesorios y montaje.

La distribución de agua tratada que va a los lavaderos hacia los lavaderos se conducirá por una sola tubería troncal de HDPE que realiza la repartición a todos los lavaderos.

PALABRAS CLAVE: Sistema de impulsión de agua tratada, NPSH, caudal, presión atmosférica, temperatura, viscosidad rugosidad, peso específico, tuberías, bomba centrífuga.

ABSTRACT

In the development of this report in the area of mechanical metal, engineering calculations were performed for the pumping operations from the PTARI TK 2937 plant to the TK 2932/2934/2935 tanks (mining truck laundries). Design, calculations and assembly, operating conditions, and dimensions of the treated water delivery systems.

The capacities of the pumps and the lines of the treated water that are going to be driven from the pumps C2-5790-PW-2917 and C2-5790-PW-2918 TK 2937 were dimensioned, which are located adjacent to the PTARI, to the tanks of the dump trucks, tractors and light heavy equipment.

A calculation memory was made for the dimensioning of the piping, accessories and assembly systems.

The distribution of treated water that goes to the laundries towards the laundries will be conducted by a single HDPE trunk pipe that distributes to all laundries.

INDICE

ÍNDICE DE TABLAS	xii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xv
1. Datos referentes a la empresa	3
1.1. Ubicación del proyecto.....	5
1.2. Ubicación geográfica del proyecto.....	5
1.3. Definición del problema.	6
1.4. Justificación.	6
1.5. Objetivos.....	7
1.5.1. Objetivo general.....	7
1.5.2. Objetivos específicos.	7
1.6. Alcances y límites del proyecto.	8
1.6.1. Alcances.	8
1.6.2. Límites del proyecto.....	9
1.7. Normativas aplicadas en el proceso.	10
1.7.1. Norma API.	10
1.7.2. Norma AWS.	10
1.7.3. Norma ISO 9000.....	10
1.7.4. Norma ISO 14000.....	10
1.7.5. Sistema de tuberías.	10
1.7.6. Norma O.S. 090.	10
1.7.7. R.M. N° 273-2013-VIVIENDA. SUNASS (2015).....	10
1.7.8. R.J. N° 224-2013-ANA.....	10
1.7.9. LEY N° 28611. Ley general del ambiente.	10
1.7.10. Decreto Supremo N.° 010-2010-MINAM.....	11
1.7.11. Código ASME B31.3-2008.	12
1.7.12. Reglamento Nacional de Edificaciones, DS N° 011-2006-VIVIENDA.	13
2. MARCO TEÓRICO.....	14
2.1. Marco conceptual.	14
2.1.1. Altura de aspiración (Ha).	14
2.1.2. Altura de impulsión (Hi).	14
2.1.3. Altura manométrica total (Hm).....	15
2.1.4. Caudal (Q).	15
2.1.5. Bomba centrífuga horizontal.	15
2.1.6. Densidad.....	16

2.1.7.	Documentos del Proyecto.....	17
2.1.8.	Influencia del peso específico.....	17
2.1.9.	Laboratorio de Ensayos.....	17
2.1.10.	LOM.....	17
2.1.11.	Norma ISO 9001.....	18
2.1.12.	Norma ISO 14000.....	18
2.1.13.	NPSH.....	19
2.1.14.	Obra.....	20
2.1.15.	Plan de Trabajo o Plan de Gestión.....	20
2.1.16.	Planos y Especificaciones del Proyecto.....	20
2.1.17.	Planos As-Built.....	21
2.1.18.	Planos Blue Stake.....	21
2.1.19.	Pérdidas de carga (Δh).....	21
2.1.20.	Peso específico (γ).....	22
2.1.21.	Presión de vacío.....	22
2.1.22.	Presiones negativas en las tuberías.....	22
2.1.23.	Presión atmosférica (Pa).....	23
2.1.24.	Presión relativa o efectiva (Pr).....	23
2.1.25.	Presión absoluta (Pabs).....	23
2.1.26.	Presión de vapor (tensión de vapor) (Tv).....	23
2.1.27.	Prueba hidrostática: (Ph).....	23
2.1.28.	Tubería.....	23
2.1.29.	Tubo flexible.....	24
2.1.30.	Tubo rígido.....	24
2.1.31.	Unión.....	24
2.1.32.	Válvulas.....	24
2.2.	Fundamentos teóricos.....	24
2.2.1.	Planta de tratamiento de aguas residuales industriales (PTARI).....	24
2.2.2.	Cálculos hidráulicos de presión.....	25
2.2.3.	Pérdidas de carga.....	26
2.2.4.	Dimensionamiento y cálculo de la estación de bombeo.....	29
2.2.5.	Consideraciones de diseño del tanque de bombeo.....	30
2.2.6.	Cálculo y selección de tuberías.....	31
2.2.7.	Presión dinámica.....	31
2.2.8.	Presión interna de la tubería.....	34
2.2.9.	Resistencia de tuberías a la presión interna que ejerce.....	37

2.2.10.	Válvulas.....	38
2.2.11.	Tubería HDPE.	41
2.2.12.	Procesos de tratamiento de aguas residuales de mina.	44
2.2.13.	PTARI.	47
2.3.	Conceptos generales de procesos de construcción de metal mecánica.....	49
2.3.1.	Trazado.....	49
2.3.2.	Corte de materiales	49
2.3.3.	Perforado de materiales.....	50
2.3.4.	Biselado.....	51
2.3.5.	Conceptos de soldadura.....	54
2.4.	Técnicas de Planeación del proyecto.....	74
2.4.1.	Cronogramas de obra.	74
2.5.	Estructura de Descomposición del Trabajo (EDT).....	80
2.5.1.	Actividades y secuencia del Proyecto.	80
2.5.2.	Estimación de recursos y actividades.....	81
2.5.3.	Técnicas de planificación elaboración de presupuestos.	81
2.6.	Montaje de Tuberías.....	85
2.6.1.	Inspección final del levantamiento topográfico.....	85
2.6.2.	Instalación de Soportería.	90
2.6.3.	Verificación de niveles topográficos.....	93
2.6.4.	Cálculo y selección de pernos para uniones bridadas	93
2.7.	Pruebas hidrostáticas.	95
2.8.	Recubrimiento del sistema de impulsión.	97
2.8.1.	Equipos.....	97
2.8.2.	Materiales e insumos.....	97
2.8.3.	Fases del proceso de recubrimiento de tuberías y accesorios.....	98
2.8.4.	Procedimientos en limpieza y pintura de tuberías	100
2.8.5.	Prueba de adherencia de pintura en tubería.	101
2.8.6.	Esquema de colores de pintado.....	101
2.8.7.	Selección del sistema de pintura exterior y cálculo de pintura.	102
2.8.8.	Proceso de recubrimiento.	104
2.8.9.	Clasificación de recubrimientos.....	106
2.8.10.	Procedimiento de aplicación de pintura.	107
2.9.	Seguridad y Protección del Medio Ambiente en Obra.	108
2.10.	Recursos humanos empleados.....	109
2.11.	Suministro de aportes.	109

2.11.1.	Infraestructura, servicios, entre otros.....	109
2.11.2.	Materiales.....	109
2.11.3.	Equipos.....	110
2.12.	Evaluación económica del proyecto.....	110
2.13.	Montaje de la línea con HDPE.....	111
3.	DESARROLLO del PROYECTO.....	113
3.1.	Área del proyecto y perfil.....	113
3.2.	Alcances.....	113
3.3.	Diseño de la línea de conducción de agua tratada.....	113
3.3.1.	Diseño y trazado.....	114
3.3.2.	Diseño del proyecto.....	115
3.3.3.	Estructuras complementarias.....	120
3.3.4.	Dimensionamiento.....	120
3.3.5.	Diseño de la línea de impulsión.....	124
3.3.6.	Bases de cálculo del sistema de impulsión.....	125
3.4.	Cálculos de la impulsión desde PTARI hasta el tanque de lavaderos.....	136
3.4.1.	Cálculo del agua tratada.....	136
3.4.2.	Información ambiental de la zona en estudio.....	137
3.5.	Datos de la sección de bombeo hasta los tanques de los lavaderos de volquetes, tractores y semipesado.....	137
3.5.1.	Cotas.....	137
3.5.2.	Potencia mecánica.....	138
3.5.3.	Potencia eléctrica.....	139
3.5.4.	Elementos del sistema de impulsión:.....	139
3.5.5.	Determinación de cálculos de los elementos del sistema de bombeo.....	141
3.5.6.	Resultados.....	142
3.6.	Memoria de cálculo de impulsión del agua tratada desde las bombas C2- 5790-PW-2917/2918 desde PTARI hasta el tanque de lavadero de tractores.....	142
3.6.1.	Cálculo de las características del agua tratada.....	143
3.6.2.	Información ambiental de la zona en estudio.....	143
3.6.3.	Información del agua tratada.....	143
3.6.4.	Cotas.....	144
3.6.5.	Elementos:.....	144
3.6.6.	Determinación de cálculos de los elementos del sistema de bombeo.....	146
3.6.7.	Resultados.....	146
3.7.	Cálculo de impulsión del agua tratada PTARI A lavadero de volquetes.....	147

3.7.1.	Cálculo del agua tratada.	147
3.7.2.	Parámetros ambientales de la zona en estudio.	147
3.7.3.	Información del agua tratada.	148
3.7.4.	Cotas.	148
3.7.5.	Elementos y accesorios.	148
3.7.6.	Determinación de cálculos de los elementos del sistema de bombeo.	150
3.7.7.	Resultados.	150
3.8.	Memoria de cálculo de impulsión desde las bombas de PTARI hasta el tanque de lavadero de semipesado.	151
3.8.1.	Cálculo del agua tratada.	151
3.8.2.	Parámetros ambientales de la zona en estudio.	151
3.8.3.	Información del agua tratada.	152
3.8.4.	Cotas.	152
3.8.5.	Elementos:	152
3.8.6.	Determinación de cálculos de los elementos del sistema de bombeo.	153
3.8.7.	Resultados.	154
3.9.	Consolidado de memoria de cálculo de impulsión de agua tratada.	155
3.10.	Metrados del sistema de impulsión de agua para lavadero de equipo minero.	157
3.11.	Puntos de operación.	166
3.11.1.	Puntos de Operación de los 3 sistemas en conjunto.	166
3.11.2.	Puntos de operación en Lavadero de Tractores.	168
3.11.3.	Puntos de operación en el Lavadero de Volquetes.	170
3.11.4.	Puntos de operación en el Lavadero de Semipesado.	171
3.11.5.	Resumen de los Sistemas de bombeo.	173
3.12.	Selección de la Bomba centrífuga.	174
3.13.	Montaje de línea y bombas de impulsión de conducción PTARI – lavaderos.	180
3.13.1.	Transporte y manipuleo de tuberías, accesorios y bombas.	180
3.13.2.	Operación de Izaje de carga de tuberías, accesorios y equipo.	181
3.14.	Instalación de bombas.	188
3.15.	Instalación de tuberías.	190
3.15.1.	Soldadura de Tuberías al arco eléctrico.	193
3.15.2.	Soldadura de bridas con tubo en ángulo interior.	196
3.15.3.	Registro de Calificación de procedimiento (PQR).	201
3.15.4.	Elección del electrodo.	205
3.16.	Prueba hidrostática en tuberías de agua residual industrial.	206
3.17.	Torque de Pernos y Espárragos.	210

3.18. Montaje de línea metal mecánica:	211
3.19. Selección del sistema de pintura exterior y cálculo de pintura.	212
3.19.1. Tipos de recubrimiento	212
3.19.2. Recubrimiento con polímeros orgánicos.	213
3.19.3. Cálculo de pintura.	214
3.19.4. Tag numbers de líneas y válvulas	215
3.20. Dossier del sistema de impulsión de agua tratada.	216
3.20.1. Obras eléctricas, Caseta eléctrica PTARI.	216
3.20.2. Dossier de fabricación de tuberías – PTARI.	216
3.21. Análisis económico.	219
3.21.1. Presupuesto de obra (PV).	220
3.21.2. Ejecución de obra valorizada (EV):	224
3.21.3. Diagrama de Gantt	229
3.21.4. Curva “S”	230
4. RESULTADOS OBTENIDOS POSTERIORES A LA IMPLEMENTACION.....	232
4.1. EVALUACIÓN	232
4.2. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	232

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Definiciones de los tipos de soldadura de filete.	58
Tabla 2. Preparación de caras para soldadura de ranura.....	59
Tabla 3. Clasificación AWS de los electrodos.....	64
Tabla 4. Designación de electrodos: Norma AWS 5.5-96.....	65
Tabla 5. Dimensiones mínimas en la soldadura de filete.	71
Tabla 6. Equidistancia de soportería de tuberías.....	91
Tabla 7. Dimensiones de la abrazadera U-Bolt.....	91
Tabla 8. Dimensiones de bridas 150-300 600 LB 16.5-1961 (1).....	94
Tabla 9. Dimensiones de bridas 150-300 600 LB 16.5 1961 (2).	94
Tabla 10. Dimensiones de bridas 150-300 600 LB 16.5 1961 (3).	95
Tabla 11. Materiales y equipos para pruebas hidrostáticas.	96
Tabla 12. Equipos para el recubrimiento de tuberías y accesorios.	97
Tabla 13. Equipos para el recubrimiento de tubería y accesorios.	98
Tabla 14. Colores de pintado de identificación.....	102
Tabla 15. Formas de aplicación de pintura.....	106
Tabla 16. Tipos de pinturas de acuerdo al tipo de resinas	107
Tabla 17. Recubrimientos de pintura.	107
Tabla 18. Diseño de tuberías HDPE - Norma ISO 12162	111
Tabla 19. Valores mínimos de C para tuberías HDPE.	112
Tabla 20. Número de Reynolds.	128
Tabla 21. Coeficiente de fricción.....	128
Tabla 22. Pérdidas de energía por fricción succión.....	130
Tabla 23. Pérdidas de carga en accesorios.....	131
Tabla 24. Tabla de valores K de accesorios	132
Tabla 25. Cálculos de pérdidas menores de succión (hms).	132
Tabla 26. Cálculo de pérdida de succión total (Hs).	133
Tabla 27. Determinación de NSPH disponible de carga.	134
Tabla 28. Determinación del NSPH disponible de succión.....	134
Tabla 29. Valores de tensión de vapor y densidad de agua.	135
Tabla 30. Parámetros de agua tratada de bombeo.....	136
Tabla 31. Parámetros medio ambientales.....	137
Tabla 32. Caudales y factores de seguridad en lavadero de tractores, volquetes y semi pesado.	137
Tabla 33. Cotas tramo primario.	138
Tabla 34. Impulsión agua de PTARI a lavaderos de camiones mineros.	140
Tabla 35. Impulsión agua de PTARI a lavaderos de camiones mineros.	141
Tabla 36. Cálculos del sistema de bombeo: PTARI a lavaderos (1).	141
Tabla 37. Cálculo del sistema de bombeo. De PTARI a lavaderos (2)	142
Tabla 38. Cálculo de TDH en la línea primaria.	142
Tabla 39. Cálculos de impulsión PTARI a lavadero de tractores.	143
Tabla 40. Parámetros ambientales PTARI – Lavadero de tractores.....	143
Tabla 41. Impulsión de agua tratada PTARI-Lavadero tractores.....	143
Tabla 42. Cotas de nivel de bombeo PTARI - lavadero de tractores.	144
Tabla 43. Impulsión agua de PTARI a tanques de lavaderos de tractores.....	144
Tabla 44. Impulsión de agua de PTARI a tanques de lavaderos de tractores.	145
Tabla 45. Memoria de Cálculo del sistema de bombeo a lavadero de tractores.	146

Tabla 46.	Cálculos de TDH - Línea de tractores.....	146
Tabla 47.	Cálculo de impulsos de agua a lavadero de volquetes.	147
Tabla 48.	Parámetros ambientales PTARI - Lavadero de volquetes.....	147
Tabla 49.	Impulsión de agua tratada PTARI - lavadero de volquetes.....	148
Tabla 50.	Cotas de nivel de bombeo PTARI - lavadero de volquetes.....	148
Tabla 51.	Impulsión agua de PTARI a tanques de lavaderos de volquetes.	149
Tabla 52.	Elementos de cálculo del sistema de bombeo.	150
Tabla 53.	Cálculo del TDH: Línea primaria a lavadero de volquetes.	150
Tabla 54.	Memoria de cálculo PTARI – lavadero semipesado.....	151
Tabla 55.	Parámetros ambientales PTARI – Lavadero de semipesado.....	151
Tabla 56.	Impulsión de agua tratada PTARI-Lavadero semipesado.....	152
Tabla 57.	Cotas de nivel de bombeo PTARI- lavadero semipesados.....	152
Tabla 58.	Impulsión agua de PTARI a tanques de lavaderos de semipesados.....	152
Tabla 59.	Elementos de cálculo en la conducción a lavadero de semipesado.	153
Tabla 60.	Cálculo de: Línea primaria a lavadero de semipesados.	154
Tabla 61.	Memoria de cálculo de la línea de impulsión de PTARI a lavaderos.	155
Tabla 62.	Memoria de cálculo de la línea de impulsión de PTARI a lavaderos.	156
Tabla 63.	Metrados de tuberías y accesorios. Lavadero equipo minero (1).	158
Tabla 64.	Metrados de tuberías y accesorios. Lavadero equipo minero (2).	159
Tabla 65.	Metrados de tuberías y accesorios. Lavadero equipo minero (2).	160
Tabla 66.	Metrados de tuberías y accesorios. Lavadero equipo minero (3).	161
Tabla 67.	Metrados de tuberías y accesorios. Lavadero equipo minero (4).	162
Tabla 68.	Metrados de tuberías y accesorios. Lavadero equipo minero (5).	163
Tabla 69.	Metrados de tuberías y accesorios. Lavadero equipo minero (6).	164
Tabla 70.	Memoria Metrados de tuberías y accesorios. Lavadero equipo minero (7).	165
Tabla 71.	Memoria Metrados de tuberías y accesorios. Lavadero equipo minero (8).	166
Tabla 72.	Bombas en paralelo y curva de la bomba.....	167
Tabla 73.	Regulación de caudal y altura.....	167
Tabla 74.	Bombas en paralelo y curva de la bomba.....	168
Tabla 75.	Regulación de caudal y altura.....	169
Tabla 76.	Puntos de operación lavadero de volquetes.....	170
Tabla 77.	Regulación de caudal y altura.....	170
Tabla 78.	Puntos de operación en lavadero de semipesado.....	171
Tabla 79.	Regulación de caudal y altura.....	172
Tabla 80.	Curva lavadero de semipesado	173
Tabla 81.	Comportamiento hidráulico.....	179
Tabla 82.	Caudal y alturas de impulsión.	180
Tabla 83.	Normas internacionales para equipo de izaje.	181
Tabla 84.	Accesorios de izaje de carga.	182
Tabla 85.	Componentes de la máquina levanta carga.	183
Tabla 86.	Peso nominal en kg. Por metro de tubería de HDPE/PEAD.	185
Tabla 87.	Peso de tubería de acero por diámetro y espesor de pared.	185
Tabla 88.	Tabla de carga de equipo.....	186
Tabla 89.	Dimensiones de tuberías Schedule ASTM acero inoxidable.....	193
Tabla 90.	Tabla de bridas normalizadas.....	198
Tabla 91.	Características del proceso de soldadura.....	202
Tabla 92.	Metales de aporte (QW-404).....	202
Tabla 93.	Posición (QW-405).....	203

Tabla 94. Características eléctricas (QW-409).	203
Tabla 95. Técnicas (QW-410).	203
Tabla 96. Ensayos de dobles guiado (QW-170).	204
Tabla 97. Ensayo de tensión (QW-150).	205
Tabla 98. Tipos y aplicaciones de electrodos.	205
Tabla 99. Prueba hidrostática de tuberías.	208
Tabla 100. Datos de los equipos.	209
Tabla 101. Rangos de torque de pernos.....	210
Tabla 102. Torque de espárragos de uniones bridadas.....	210
Tabla 103. Secuencia para enumerar espárragos en el sentido horario.	211
Tabla 104. <i>Tolerancias dimensionales de la tubería de acero al carbono sin costura.</i>	211
Tabla 105. Componentes químicos (%).	212
Tabla 106. Dossier de montaje y líneas de tubería de acero.	216
Tabla 107. Dossier de fabricación de tuberías.	217
Tabla 108. Inspección de fabricación de línea.....	217
Tabla 109. Inspección de fabricación de línea.....	218
Tabla 110. Consolidado del presupuesto valorizado.....	228
Tabla 111. Comparativo incremental de sobre tiempo y sobre costos.	228
Tabla 112. Costos del proyecto por semana.	231

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Organigrama de la empresa PRODISE.	4
Figura 2. Unidad minera Cerro Verde.....	5
Figura 3. Altura de aspiración.	14
Figura 4. Bomba centrífuga: Componentes y sentido de movimiento.	16
Figura 5. Daños por cavitación en los rodets y alaves.....	19
Figura 6. Ecuación de Bernoulli en escurrimiento kte y variado.....	32
Figura 7. Escurrimiento uniforme en tuberías a presión.	33
Figura 8. Requerimientos debidos a la presión.....	34
Figura 9. Espesores de tubos por normativa ANSI (mm).....	36
Figura 10. Diámetros internos de tuberías der acuerdo norma ANSI (mm).....	37
Figura 11. Diseño válvulas reductoras de presión.	38
Figura 12. Válvula mariposa en PVC y hierro fundido.....	39
Figura 13. Válvula de compuerta.....	40
Figura 14. Tanque C2-5790-TK-2937 PTARI.	48
Figura 15. Tanque C2-5790-TK-2937 PTARI.	49
Figura 16. Fase del procedimiento de perforación de piezas en metal mecánica.	51
Figura 17. Biselado de tuberías	51
Figura 18. Biseladora.....	53
Figura 19. Sistema Carro PIPE aplicado en la zona de montaje.....	53
Figura 20. Unión de borde: Tipo de unión de soldadura.	55
Figura 21. Unión de empalme: Tipo de unión de soldadura.....	55
Figura 22. Unión en T: Tipo de unión de soldadura	56
Figura 23. Unión Superpuesta: Tipo de unión de soldadura.	56
Figura 24. Unión en esquina: Tipo de unión de soldadura.....	56
Figura 25. Tipos de soldadura de filete.	57
Figura 26. Soldaduras	59
Figura 27. Gráficos de preparación de bordes para soldadura con ranura.....	60
Figura 28. Partes de un cordón de soldadura.....	61
Figura 29. Soldadura a tope.....	61
Figura 30. Clasificación de cordones de soldadura.....	62
Figura 31. Procedimiento de inspección visual de soldadura.....	67
Figura 32. Soldadura de arco metálico protegido (SMAW).....	70
Figura 33. Soldadura de arco sumergido (SAW).....	70
Figura 34. Longitud efectiva.	72
Figura 35. Área longitud efectiva de soldadura de filete.....	73
Figura 36. Diagrama de Gantt.	76
Figura 37. Curva de Producción Acumulada.....	77
Figura 38. Dependencia múltiple.....	78
Figura 39. EDT del Proyecto en estudio.	80
Figura 40. Diagrama de proceso de Planificación del Proyecto.	84
Figura 41. Abrazadera standard U-Bolt.	92
Figura 42. Componentes de las uniones bridadas.....	93
Figura 43. Disposición de bridas y pernos (1).....	95
Figura 44. Disposición de bridas y pernos (2).....	95
Figura 45. Curva "S".....	110
Figura 46. Fase del diseño de conducción de agua tratada.....	114

Figura 47.	Plano de diseño de planta PTARI a lavaderos	117
Figura 48.	Cargas estática y dinámica en la línea de conducción.....	118
Figura 49.	Presiones de trabajo en clases de tubería HDPE.....	119
Figura 50.	Diagrama de Equilibrio de presiones dispersas	122
Figura 51.	Diagrama de Perfil de tuberías combinadas.....	123
Figura 52.	Instalación de bombas TK 2937.....	126
Figura 53.	Diagrama de Moody: Pérdidas de energía por fricción	129
Figura 54.	Plano de línea troncal de la línea de impulsión.....	157
Figura 55.	Curvas características de los puntos de operación de los 3 sistemas juntos.	168
Figura 56.	Curvas características de los puntos de operación de Lavadero de Tractores.....	169
Figura 57.	Curvas características de los puntos de operación de lavadero de volquetes.....	171
Figura 58.	Curvas características de los puntos de operación de Lavadero de Semipesado. ..	172
Figura 59.	Curva resumen de la bomba con los 3 sistemas.	173
Figura 60.	Características del motor Toshiba.....	174
Figura 61.	Características de la Bomba hidráulica KSB.....	175
Figura 62.	Tamaño de la bomba y número de revoluciones de bomba centrífuga.	176
Figura 63.	Campos característicos para bomba de 1750 r.p.m.	177
Figura 64.	Diagrama de curvas de altura para eficiencia de bomba.	178
Figura 65.	Eficiencia de trabajo de la bomba (Relación NPSH y caudal).....	178
Figura 66.	Curvas características de potencia de transmisión de motor de bomba.....	179
Figura 67.	Cálculo de izaje de tuberías.	184
Figura 68.	Plan de izaje de tuberías.	186
Figura 69.	Montaje de bombas.	188
Figura 70.	Anclaje e instalación de bombas paralelas.	188
Figura 71.	Disposición final de instalación de spool y bombas centrífugas.....	189
Figura 72.	Instalación de accesorios en el sistema de impulsión.....	189
Figura 73.	Instalación de válvulas en el sistema de impulsión de agua tratada.....	190
Figura 74.	Sistema de calidad en el montaje y armado PRODISE.....	191
Figura 75.	Montaje de tubería HDPE.....	192
Figura 76.	Bridado de líneas HDPE.....	192
Figura 77.	Montaje de bombas, tuberías y accesorios.....	194
Figura 78.	Junta de encaje DIN 2512.....	196
Figura 79.	Junta de encaje DIN 2513.....	197
Figura 80.	Menor de 1.4T ó el grosor del tubo.....	199
Figura 81.	Armado de Spools.....	200
Figura 82.	Soldadura de Spools.....	201
Figura 83.	Inspección de soldadura por tintes penetrantes.....	204
Figura 84.	Diseño de ranura de cupo de ensayo.	204
Figura 85.	Preparación de Spool para pruebas hidrostáticas.	206
Figura 86.	Gráfica de prueba de presión.	209
Figura 87.	Recubrimiento de pintura de Spools.....	215
Figura 88.	Tags de válvulas y líneas.....	215
Figura 89.	Presupuesto valorizado de obra. Fase 6.....	221
Figura 90.	Presupuesto valorizado.....	222
Figura 91.	Presupuesto valorizado (3)	223
Figura 92.	Consolidado del presupuesto valorizado	224
Figura 93.	Ejecución valorizada de obra. Fase 1 a la Fase 5.....	225
Figura 94.	Ejecución valorizada de obra. Fase 1 a la Fase 5 (2).....	226

Figura 95. Ejecución valorizada de obra. Fase 6.	227
Figura 96. Diagrama de Gantt. Ejecución del proyecto.	229
Figura 97. Curva "S"	230

INDICE DE ABREVIATURAS, NOMENCLATURA, SIGLAS Y SÍMBOLOS

A Δ : Pérdidas de carga

AISI : American Iron and Steel Institute.

ASME: American Society of Mechanical Engineers, Section VIII, Div. 1

ASNT : American Society of Non-destructive Testing.

ASTM: American Society for Testing and Materials.

AWS : American Welding Society.

Ha : Altura de aspiración

Hi : Altura de impulsión

Ht : Altura de geométrica total

Hm : Altura manométrica total

NPSH : altura real positiva de succión (*Net Positive Suction Head*).

Pa : Presión atmosférica

Pr : Presión relativa ó efectiva

Pabs : Presión absoluta

γ : Peso específico

Tv : Presión de vapor ó tensión de vapor

Q : Caudal

RNE : Reglamento Nacional de Edificaciones

OSHA: Occupational Safety and Health Administration.

SSPC: The Society for Protective Coatings.

INTRODUCCIÓN

El presente informe de suficiencia tiene de finalidad el de obtener un producto de calidad y adecuado a las exigencias y estándares de agua tratada. Para el desarrollo de este proyecto intervienen diversas áreas de ingeniería, como son las disciplinas mecánica, eléctrica e instrumentación (electromecánicas).

El área de lavado de vehículos mineros genera aguas residuales las cuales fueron recolectadas y conducidas por viaductos hacia PTARI para su tratamiento.

La entidad minera desarrolló ampliaciones de área en la actividad minera, reduciendo las áreas involucradas en el proyecto, motivo por el cual se tuvo que generar el traslado de las instalaciones PTARI y PTAD a otra zona donde cumpla con las condiciones requeridas en las funciones y objetivos, La actividad de traslado, se plasmó en el Proyecto “Reubicación de Facilidades Sur - Fase 1” emitido por la empresa SMCV.

El proyecto desarrollado se encuentra ubicado en la Región y departamento de Arequipa, provincia de Arequipa y distrito de Uchumayo, se encuentra entre las coordenadas 8 167 000 N, 223 000 E y 8 168 750 N, 222 750 E (PSAD 56), al oeste de la nueva planta concentradora de SMCV y por el crecimiento de los tajos Cerro Verde y Santa Rosa según el LOM 2016, que en el año 2018 influye y afectaba a las instalaciones de mantenimiento y almacén mina, así como al crecimiento de la flota de equipos de mina, en ambos casos se enmarca principalmente al aumento en la producción de la operación de SMCV.

La presente actividad se centra en dimensionar las capacidades de las bombas y las líneas de conducción del agua tratada que van a ser impulsadas desde las bombas C2-5790-PW-2917 y C2-5790-PW-2918 TK 2937 las cuales se ubican de forma adyacente de la PTARI, hasta los tanques de los lavaderos de volquetes, tractores y equipo semipesado, así como el montaje de la línea de conducción.

CAPITULO I

ANTECEDENTES

1. DATOS REFERENTES A LA EMPRESA

La empresa PRODISE S.R.L. es una empresa de proyectos de ingeniería y servicios, dedicada al rubro de la minería, realizando estudios y trabajos de diseño de ingeniería, mecanizados y reconstrucción de piezas de maquinaria minera e industrial, montaje de equipos y maquinaria, mantenimiento correctivo, preventivo y predictivo de equipo, diseño, fabricación y montaje de estructuras metálicas, y recuperación de piezas por soldadura. La empresa en este caso, presta servicios a la Sociedad Minera Cerro Verde en las labores de traslado de las plantas PTARI, así como el diseño, cálculos y ejecución de obra de infraestructura de los viaductos y plantas de bombeo de aguas. La empresa PRODISE S.R.L. tiene su domicilio legal en la Car. Vía de Evitamiento Km. 5 sección San José del distrito de Cerro Colorado del departamento de Arequipa. El presente informe detalla las operaciones de bombeo desde TK 2937 hasta los tanques de los lavaderos de maquinaria pesada y equipo semipesado, acciones realizadas con el proyecto de Reubicación de Facilidades del Sur Fase 1 de la empresa minera denominada Sociedad Minera Cerro Verde S.A.A.

Para efectivizar las operaciones de bombeo se aplicaron criterios de diseño, cálculos en la operación, las condiciones de funcionamiento, así como realizar las dimensiones de los sistemas de impulsión de agua tratada desde la PTARI hasta los TK de los lavaderos.

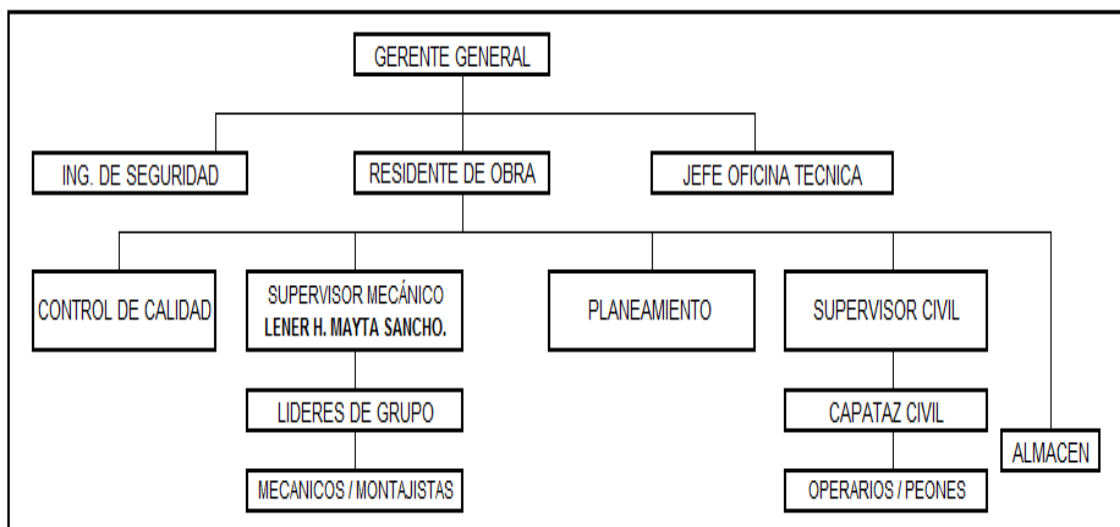
Misión: Brindar servicios con responsabilidad y entrega de productos de calidad, de forma eficiente de acuerdo a los estándares nacionales.

Visión: Ser la empresa de servicios industriales más completa del sector, obteniendo los resultados esperados y la máxima satisfacción de nuestros clientes.

Organigrama de la empresa

Figura 1.

Organigrama de la empresa PRODISE.



Fuente: PRODISE.

Funciones del Cargo: a continuación se describen las funciones del supervisor mecánico dentro del proyecto:

Verificación y lectura de planos de detalle.

Seguimiento a la fabricación y montaje de la línea de succión e impulsión de la parte metal mecánica.

Verificar que los trabajadores cumplan con los procedimientos operativos, de seguridad y calidad del proyecto.

Cálculo y selección de bomba de acuerdo a los requerimientos del proyecto.

Verificación y revisión de la memoria de cálculo de la línea de impulsión de la parte metal mecánica.

1.1. Ubicación del Proyecto.

Los trabajos realizados se encuentran en los dominios de la Sociedad Minera Cerro Verde S.A.A. (SMCV), la cual explota un yacimiento minero de extracción de cobre a tajo abierto, la cual está ubicada en el sur del Perú, en el distrito de Uchumayo, departamento y región de Arequipa.

Geográficamente, la mina Cerro Verde se encuentra a una distancia vía autopista de aproximadamente 1 000 km al Sur de Lima y 30 km al Sudoeste de Arequipa, en los Andes.

1.2. Ubicación geográfica del proyecto.

Departamento: Arequipa

Provincia : Arequipa

Distrito : Uchumayo

Coordenadas: 8 167 000 N, 223 000 E y 8 168 750 N, 222 750 E (PSAD 56).

El proyecto se ubica a una elevación de aproximadamente 2 700 metros sobre el nivel del mar.

Figura 2.

Unidad minera Cerro Verde.



Fuente: Google earth.(2020).

1.3. Definición del problema.

La entidad minera desarrolló ampliaciones de área en la actividad minera, reduciendo las áreas involucradas en el proyecto, motivo por el cual se tuvo que generar el traslado de las instalaciones PTARI y PTAD a otra zona donde cumpla con las condiciones requeridas en las funciones y objetivos, La actividad de traslado, se plasmó en el Proyecto “Reubicación de Facilidades Sur - Fase 1” emitido por la empresa SMCV.

La presente actividad se centra en dimensionar las capacidades de las bombas y las líneas de conducción del agua tratada, y el montaje de toda la línea, que van a ser impulsadas desde las bombas C2-5790-PW-2917 y C2-5790-PW-2918 TK 2937 las cuales se ubican de forma adyacente de la PTARI, hasta los tanques de los lavaderos de volquetes, tractores y equipo semipesado. El proyecto está ubicado en la Región y departamento de Arequipa, provincia de Arequipa y distrito de Uchumayo.

1.4. Justificación.

La reubicación de la planta PTARI, se realiza por el crecimiento de los tajos de nombres Cerro Verde y Santa Rosa según el LOM 2016, los cuales en el año 2018. Debido a su crecimiento de los tajos, éstos comprometerían las zonas de instalaciones de mantenimiento y almacenes, aumento de la flota de equipos de mina, todos estos aspectos enmarcados en un aumento en las operaciones de la mina; por lo que era necesario reubicar y contar con nuevas instalaciones de planta PTARI, y así tener la continuidad de la operación.

La empresa SMCV actualmente explota sus reservas mineras las cuales están compuestas por sulfuros secundarios provenientes del tajo abierto Cerro Verde y Santa Rosa, y mediante la tecnología de lixiviación en pilas obtiene cobre (uno

de los procesos).

El presente informe detalla las operaciones de bombeo desde TK 2937 hasta los tanques de los lavaderos de volquetes, tractores y semi pesado, acciones realizadas con el proyecto de Reubicación de Facilidades del Sur Fase 1.

Para efectivizar las operaciones de bombeo se aplicaron criterios de diseño, cálculos en la operación, las condiciones de funcionamiento, así como realizar las dimensiones de los sistemas de impulsión de agua tratada desde la PTARI hasta los TK de los lavaderos.

1.5. Objetivos.

1.5.1. Objetivo general.

Realizar el cálculo y montaje del sistema de impulsión de agua tratada desde TK 2937 PTARI a TKS 2932/2934/2935 lavadero de camiones mineros enmarcado dentro del proyecto de reubicación de facilidades sur - fase 1 para la empresa SMCV.

1.5.2. Objetivos específicos.

Los objetivos específicos son los siguientes:

- Evaluar, analizar y desarrollar los criterios de diseño del sistema de impulsión de agua tratada en la zona reubicada.
- Desarrollar las bases de cálculo y condiciones operativas del sistema de impulsión de agua tratada.
- Aplicar las bases de cálculo para el dimensionamiento del sistema de impulsión de agua tratada desde PTARI hacia los TK's de los lavaderos.

- Los equipos seleccionados deben poder operar cuando se bombee a un solo lavadero a la vez, respetando los puntos de operación entregados por el cliente.
- Desarrollar el montaje de las líneas de conducción entre PTARI y lavaderos.

1.6. Alcances y límites del proyecto.

1.6.1. Alcances.

El presente informe de suficiencia profesional, describe los trabajos de ingeniería realizados para realizar la memoria de cálculo requeridos para dimensionar las capacidades de las bombas y las líneas de conducción de agua tratada impulsada desde las bombas C2-5790-PW-2917/2918 TK 2937 al costado de la PTARI, considerando que el agua tratada deberá llegar a todos los tanques ubicados en los lavaderos como son los TKs 2932/2934/2935 lavadero de volquetes, lavadero de tractores y lavadero de equipo semipesado respectivamente.

En la empresa Sociedad Minera Cerro Verde S.A.A. está desarrollando la ingeniería de detalle del proyecto “Reubicación de facilidades sur - fase I”. El proyecto objeto del presente informe de suficiencia se encuentra ubicado en el departamento de Arequipa, provincia de Arequipa y distrito de Uchumayo entre las coordenadas 8 167 000 N, 223 000 E y 8 168 750 N, 222750 E (PSAD 56), al oeste de la nueva planta concentradora de SMCV y obedece al crecimiento de los tajos Cerro Verde y Santa Rosa según el LOM 2016 que en el año 2018 afecta las actuales instalaciones de mantenimiento y almacén mina, así como al crecimiento de la flota de equipos de mina, en ambos casos debido principalmente al aumento en la

producción de la operación de SMCV. Por lo que hace que sea necesario reubicar y contar con nuevas instalaciones de planta PTARI, instalaciones de viaductos y plantas de bombeo de agua para lavaderos y así tener la continuidad de la operación.

La empresa PRODISE S.R.L. como empresa de proyectos e ingeniería y servicios, dedicada al rubro de la minería, es la encargada de realizar los estudios, trabajos de diseños de ingeniería, mecanizados, reconstrucción de piezas de maquinaria minera e industrial, montaje de equipos y maquinaria, mantenimiento correctivo, preventivo y predictivo de equipo, La empresa en este caso, presta servicios a la Sociedad Minera Cerro Verde en las labores de traslado de las plantas PTARI, así como el diseño, cálculos y ejecución de obra de infraestructura de los viaductos y plantas de bombeo de aguas.

El presente informe detalla las operaciones de bombeo desde TK 2937 hasta los tanques de los lavaderos de maquinaria pesada y equipo semipesado, acciones realizadas con el proyecto de Reubicación de Facilidades del Sur Fase 1.

Para efectivizar las operaciones de bombeo se aplicaron criterios de diseño, cálculos en la operación, las condiciones de funcionamiento, así como realizar las dimensiones de los sistemas de impulsión de agua tratada desde la PTARI hasta los TK de los lavaderos.

1.6.2. Límites del proyecto.

El presente trabajo se limita a describir las operaciones de bombeo de agua tratadas desde el TK 2937 hasta los tanque de lavaderos de tractores, volquetes y equipo semi pesado.

1.7. Normativas aplicadas en el proceso.

1.7.1. Norma API.

Especificaciones Técnicas de soldadura para tuberías en línea.

1.7.2. Norma AWS.

A5 1: Soldadura en arco, para electrodos recubiertos en acero al carbono.

1.7.3. Norma ISO 9000.

Normas estándares de calidad, tiempos de entrega y nivel de servicio.

1.7.4. Norma ISO 14000.

Norma de protección al medio ambiente.

1.7.5. Sistema de tuberías.

ASME B31.3: Process Piping.

1.7.6. Norma O.S. 090.

Plantas de tratamiento de aguas residuales.

1.7.7. R.M. N° 273-2013-VIVIENDA. SUNASS (2015).

Aprobación del protocolo de monitoreo de la calidad de los efluentes de las PTARI domésticas o municipales.

1.7.8. R.J. N° 224-2013-ANA.

Nuevo reglamento para el otorgamiento de autorizaciones de vertimiento y reúso de aguas residuales tratadas. Disposiciones y modificaciones.

1.7.9. LEY N° 28611. Ley general del ambiente.

El estado promueve el tratamiento de las aguas residuales con fines de reutilización considerando como premisa la obtención de la calidad necesaria de reúso sin afectar la salud humana, el ambiente o las actividades en las que se reutilizan. Además, regula los vertimientos autorizándolas, siempre y cuando el cuerpo receptor lo permita.

1.7.10. Decreto Supremo N.º 010-2010-MINAM.

Límites Máximos Permisibles para la descarga de efluentes líquidos para las actividades minero-metalúrgicas, Artículo 3º, inciso 3.2, en su contexto se refiere a:

Efluente líquido de actividades minero-metalúrgicas: Es cualquier flujo regular o estacional de sustancia líquida descargada a los cuerpos receptores, que proviene de:

1. Excavación o movimiento de tierras realizadas en un terreno con fines de explotaciones mineras y/o sus actividades derivadas ó conexas, lo que también incluye actividades de exploración, explotación, beneficio, transporte o cierre de minas, así como campamentos, sistemas de abastecimiento de aguas o energía, talleres, almacenes , vías de acceso de uso industrial (excepto de uso público) y otros.
2. Cualquier planta de procesamiento de minerales, incluyendo procesos de trituración, molienda, flotación, separación gravimétrica, separación magnética, amalgamación, reducción, tostación, sintetización, fundición, refinación, lixiviación, extracción por solventes, electrodeposición y otros.
3. Cualquier sistema de tratamiento de aguas residuales asociadas con actividades mineras o conexas, incluyendo plantas de tratamiento de efluentes mineros, efluentes industriales y efluentes domésticos.
4. Cualquier depósito de residuos mineros, incluyendo depósitos de relaves, desmontes, escorias y otros.
5. Cualquier infraestructura auxiliar relacionada con el desarrollo de actividades mineras.

6. Y cualquier combinación de los antes mencionados.

Tratamiento de aguas residuales: El tratamiento de aguas residuales se da por procesos físicos, químicos o biológicos, con el fin de eliminar los componentes contaminantes físicos, biológicos o químicos que se encuentran en las aguas residuales, siendo el fin de obtener con el proceso efluentes no dañinos, que se puedan reutilizar; también producto del tratamiento, se produce un residuo biosólido o fango que luego también se reutiliza. Al **tratamiento de las aguas residuales** también se le conoce como **depuración de aguas residuales**. Existen diversos métodos de tratamiento para la **depuración de las aguas residuales** de la actividad minera, por la amplia diversificación en la composición de las aguas residuales de ésta actividad.

1.7.11. Código ASME B31.3-2008.

Referido a tuberías de proceso, código ASME para tuberías a presión, B 31. Es un estándar nacional estadounidense. The American Society of Mechanical Engineers. Donde detalla las condiciones y criterios de diseño, diseño de presión de los componentes de las tuberías, flexibilidad y soporte, sistemas específicos de tuberías, normas para los componentes de las tuberías, fabricación, ensamblaje y montaje de tuberías. También detalla inspecciones, exámenes, pruebas.

1.7.12. Reglamento Nacional de Edificaciones, DS N° 011-2006-VIVIENDA.

D.S. N° 003-2010-MINAM: “Límites Máximos Permisibles para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales”.

Norma OS.090: Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO.

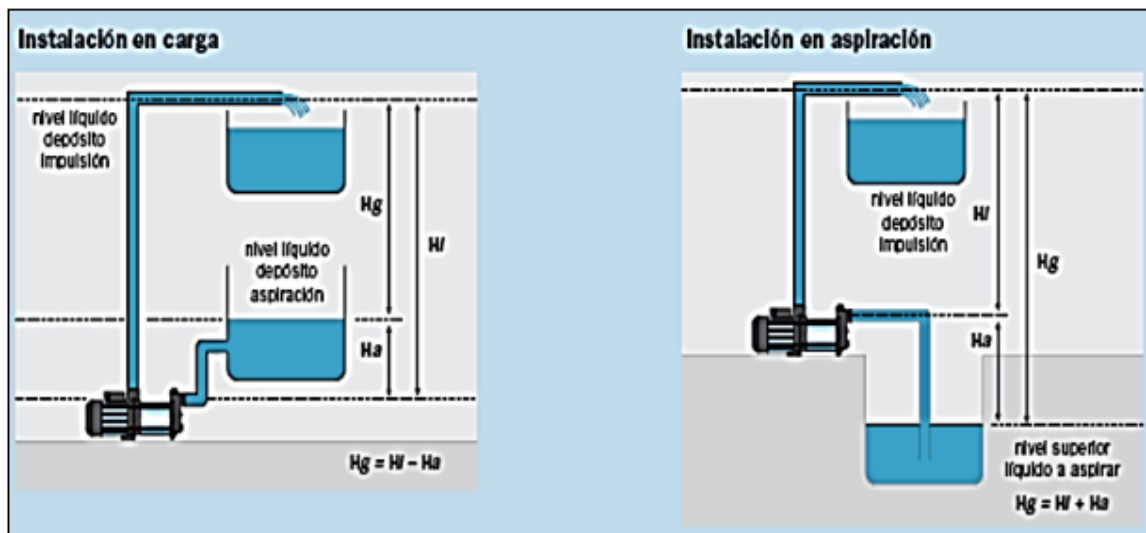
2.1. Marco conceptual.

2.1.1. Altura de aspiración (H_a).

Podemos definir como la altura geométrica medida desde el nivel mínimo del líquido hasta el eje de la bomba (ver figura 3).

Figura 3.

Altura de aspiración.



Fuente: Escuela de negocios Geoi (2017).

2.1.2. Altura de impulsión (H_i).

Podemos definir como la altura geométrica medida desde el eje de la bomba al nivel máximo de elevación (ver figura 1).

Altura geodésica total (H_t):

$$H_t = H_a + H_i$$

2.1.3. Altura manométrica total (Hm).

Es la presión diferencial, la cual es expresada como la altura total que debe de vencer la bomba. Siendo su ecuación:

$$H_m = H_t + \Delta H + (10/\gamma) (P_1 - P_2)$$

P1: Presión en el depósito de impulsión

P2: Presión en el depósito de aspiración

Cuando se realiza el bombeo de un depósito abierto a otro similar y con la misma presión (presión ambiental), sucesos que se dan normalmente, entonces el valor $P_1 - P_2 = 0$.

Si queremos comprobar la capacidad de aspiración de la bomba sin dificultad, es conveniente calcular por separado la altura manométrica de aspiración.

2.1.4. Caudal (Q).

Volumen de un fluido que es elevado por una bomba por unidad de tiempo; el caudal es independiente del peso específico y va a tener variaciones si se bombea líquidos viscosos de viscosidad superior al del agua.

2.1.5. Bomba centrífuga horizontal.

Las bombas son equipos que impulsan o elevan líquidos a diferentes caudales y presiones. Las bombas centrífugas son utilizadas a nivel mundial. Su operación y funcionamiento es: El líquido es conducido hasta el impulsor el cual lanza el fluido hacia la periferia aprovechando la fuerza centrífuga. Las ventajas de este tipo de bombas son que son más económicas, resistentes y que proveen un caudal constante de líquido que puede ser reducido en

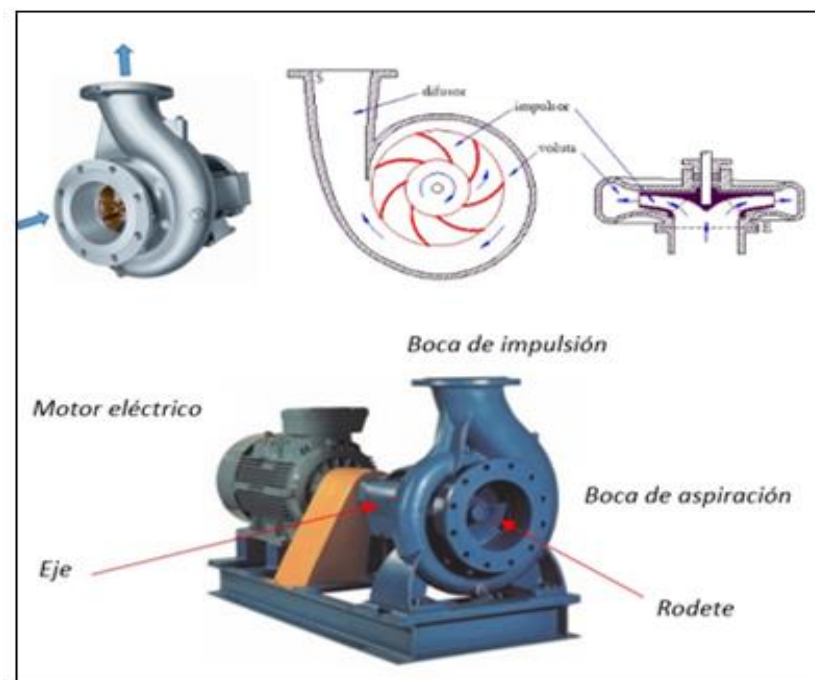
cualquier momento. Su denominación se debe a que en el diseño tanto del eje de la bomba y el motor se ubica a la misma altura.

Las bombas horizontales se encuentran por encima de la línea de succión, por lo que es un tipo de bomba que se coloca en la superficie.

La bomba centrífuga se compone de un impulsor rodete), el cual es accionado por un motor, el cual lo hace girar transmitiendo al líquido la velocidad necesaria para poder adquirir una presión determinada.

En el caso del presente informe el motor impulsor es con fuente de energía eléctrica.

Figura 4.
Bomba centrífuga: Componentes y sentido de movimiento.



Fuente: iagua. (2019).

2.1.6. Densidad.

Es la masa o peso de un cuerpo por unidad de volumen.

2.1.7. Documentos del Proyecto.

Son los documentos de origen del proyecto como el expediente de ingeniería que incluye los planos de construcción, e pesificaciones, detalles constructivos, memorias de cálculo, etc. y los documentos que se generan en el desarrollo de la construcción como el dossier de calidad, informes semanales, mensuales, informes diarios, KPIs, informe final de CQA, valorizaciones, reportes de no conformidad, RFI, etc.

2.1.8. Influencia del peso específico.

El bombeo de fluidos es variable, esto por el peso específico que contengan, como ejemplo de fluidos tenemos: agua, alcohol, ácido sulfúrico etc. El peso específico va a afectar en la presión de descarga y potencia absorbida, estando a una misma altitud.

2.1.9. Laboratorio de Ensayos.

Laboratorio usado para la realización de los ensayos y verificar el cumplimiento de los requerimientos de las especificaciones.

2.1.10. LOM.

Evaluaciones aplicadas para desarrollar del Plan de Vida de la Mina (“LOM”, siglas en inglés). Las determinaciones aplicadas en el LOM tienen un impacto en varias áreas de los estados financieros. También lo afectan en forma crítica el precio futuro estimado del commodity (tanto de corto como de largo plazo).

2.1.11. Norma ISO 9001.

Esta dada por la organización Internacional de Normalización (ISO), la ISO 9000 detalla las formas en la que una organización opera sus estándares de calidad en la producción de bienes y servicios, donde rige la manera de operación de los estándares de calidad, los tiempos de entrega del producto o servicio y el nivel de trabajo o servicio, los cuales van a reflejar la calidad y seriedad en la elaboración de materiales y componentes.

La Norma ISO 9001:2015 se encuentra como la base del Sistema de Gestión de la Calidad - SGC. Es una norma internacional el cual integra todos los componentes de la gestión de la calidad que debe contar una empresa para tener un sistema efectivo de proceso, que apoye a administrar y mejorar la calidad de sus productos o servicios.

La ISO 9000 se compone de 3 normas:

- ISO 9000 - 2005: Sistemas de gestión de la calidad. Principios y vocabulario.
- ISO 9001 – 2008: Sistemas de gestión de la calidad. Requisitos.
- ISO 9004 – 2009: Gestión para el éxito sostenido de una organización. Enfoque de gestión de la calidad.

2.1.12. Norma ISO 14000.

Es una norma ambiental crítica, que cubre todos los aspectos ambientales – agua, aire, suelo, residuos, biodiversidad, servicios ambientales, retos climáticos, etc. Es una norma que apoya a las empresas a gestionar de una forma integral. Sabiendo los álgidos problemas y la necesidad de gestionar los retos ambientales y a la vez encontrar alternativas de solución. La norma incide en el desarrollo sostenible, evitando la contaminación, protección del

medio ambiente de los daños y la degradación.

2.1.13. NPSH.

Traducido al español es la altura real positiva de succión (*Net Positive Suction Head*). Es la presión total mínima que se debe tener a la entrada de la bomba para que no haya fenómenos de cavitación, siendo este un factor característico más relevante de la bomba. En otra definición se puede tomar como la diferencia existente entre la presión del líquido en la zona del eje impulsor y la presión de vapor que ejerce el líquido a la temperatura de bombeo. En la bomba, la zona con menor presión es en la entrada, la boca de aspiración, justo antes de los álabes del impulsor o rodete.

Figura 5.

Daños por cavitación en los rodetes y alaves.



Fuente: Azud. España (2018).

Cuando llega el fluido a los álabes, comienza a aumentar la presión conforme va recorriendo el impulsor hasta el difusor de salida. Por esto la

erosión que causa la cavitación se da en el inicio de los álabes, cuando se empieza a recuperar la presión y las burbujas de vapor explotan.

Se tiene diversos NPSH:

NPSH disp: NPSH disponible o de la instalación

NPSH req: NPSH requerido o de la bomba.

Para que no exista cavitación en un bombeo de líquidos debe mantenerse la siguiente proporción, y al cual se le adiciona 0,5 metros de seguridad:

$$\text{NPSH disp.} \geq \text{NPSH req} + 0,5$$

2.1.14. Obra.

Todas las tareas que deberá realizar el Contratista de acuerdo a lo definido en los documentos, los planos de construcción y las especificaciones del Proyecto.

2.1.15. Plan de Trabajo o Plan de Gestión.

Es el “plan de ejecución de obra” donde se detalla todas las actividades y recursos necesarios para completar satisfactoriamente el Proyecto.

2.1.16. Planos y Especificaciones del Proyecto.

Incluye todos los planos y especificaciones técnicas relacionadas con el proyecto, considerando también las modificaciones al diseño y planos de gabinete aprobados.

2.1.17. Planos As-Built.

También referidos como “Planos de Registro”. Estos planos registran dimensiones, coordenadas, cotas y demás detalles, luego del término de la construcción, previamente aprobados. Los planos As-Built en su revisión final deberán contar con la firma de las partes responsables y su elaboración y gestión es responsabilidad del Contratista. Los Planos As Built incluyen además, todos aquellos sketches, láminas, detalles y otros que desarrolló el Contratista para aprobación y correcta ejecución de sus trabajos, todos deben ser incluidos en láminas adicionales o complementando las láminas de la Ingeniería de Detalle entregada por SMCV.

Los Planos As Built incluyen además, todos aquellos sketches, láminas, detalles y otros que desarrolló el Contratista para aprobación y correcta ejecución de sus trabajos, todos deben ser incluidos en láminas adicionales o complementando las láminas de la Ingeniería de Detalle entregada por SMCV. Incluyen los planos de instalaciones enterradas temporales y definitivas que trabaje el contratista.

2.1.18. Planos Blue Stake.

Plano en formato CAD donde se registra todas las instalaciones enterradas existentes dentro de la propiedad de SMCV.

2.1.19. Pérdidas de carga (Δh).

Se denomina así a la pérdida de altura que se da por los rozamientos que ofrecen al paso del líquido las tuberías, válvulas, filtros, curvas y otros accesorios.

2.1.20. Peso específico (γ).

Se refiere al peso de un cuerpo por unidad de volumen. Peso específico = Densidad x Gravedad.

2.1.21. Presión de vacío.

La presión inferior a la de la presión atmosférica es llamada presión de vacío. Se sabe que la presión atmosférica es de 760 mm de la columna de mercurio a 0 m.s.n.m. Trasladado estos valores en la práctica equivale a 1 kilogramo por centímetro cuadrado ($1 \text{ kg/cm}^2 = 10.33 \text{ m.c.a}$), por lo que presiones absolutas menores a 1 kg/cm^2 se denomina presiones de vacío.

2.1.22. Presiones negativas en las tuberías.

Si en el interior de una tubería la presión empieza a disminuir a menos valores que la presión atmosférica, empieza a generarse el vacío, el agua sigue circulando, en cuanto la presión disminuye el vacío aumenta, aun siendo el agua líquida, de ahí que en un determinado valor de vacío el agua se transforma de líquido a vapor. Este cambio de estado del líquido se da por que la temperatura se eleva o por que la presión disminuye.

Si el líquido se encuentra a 10°C (temperatura habitual de los líquidos bombeados), el cambio de estado líquido a gaseoso se da si la presión absoluta es de 9 mm de columna de mercurio (0,12 m.c.a), cuando la presión de vacío relativo es de -10,21 m.c.a ($0,12 - 10,33$)

La presión manométrica es > 0

Presión manométrica (> 0) = Presión absoluta – Presión atmosférica

La presión de vacío es < 0

Presión de vacío = Presión absoluta – presión atmosférica

2.1.23. Presión atmosférica (Pa).

Es la fuerza ejercida por la atmósfera del medio en que se encuentren por unidad de superficie.

2.1.24. Presión relativa o efectiva (Pr).

Es la medida de la presión estimada en relación a la presión atmosférica. Tenemos que los manómetros estiman y miden presiones positivas y las presiones negativas no miden los vacuómetros.

2.1.25. Presión absoluta (Pabs).

Es aquella presión que se encuentra arriba del cero absoluto (vacío perfecto)

$$Pabs = Pa + Pr$$

2.1.26. Presión de vapor (tensión de vapor) (Tv).

Es aquella presión en donde un líquido, a una temperatura determinada, se encuentra equilibrada con su fase gaseosa (vapor).

2.1.27. Prueba hidrostática: (Ph).

Es la prueba de presión ejercida en tuberías, accesorios y equipos con el fin de determinar su hermeticidad, así confirmando la integridad de estructura mecánica para así ofrecer la garantía de funcionamiento eficiente.

2.1.28. Tubería.

Es la unión conductiva consecutiva de elementos convenientemente unidos, sistema que conforma un conducto cerrado aislado del exterior que conserva

las cualidades esenciales del agua tratada, impidiendo su pérdida y desnaturalización.

2.1.29. Tubo flexible.

Es aquel conducto, donde la capacidad de carga está limitada por los cambios deformativos (arqueamiento, ovalización y/o deformación circunferencial), que es capaz de soportar bajo carga de estado límite última, sin roturas o sin tensión excesiva (comportamiento flexible).

2.1.30. Tubo rígido.

Tubo cuya naturaleza de capacidad de carga está delimitada por las factibilidades de rotura, sin deformación significativa de la sección (comportamiento rígido).

2.1.31. Unión.

Son dispositivos que enlazan de forma fija o flexible dos elementos consecuentes de la tubería.

2.1.32. Válvulas.

Son elementos de control de fluidos, los cuales son instalados entre los tubos, los que tienen la función de regular o interrumpir el caudal de paso o regular la presión.

2.2. Fundamentos teóricos

2.2.1. Planta de tratamiento de aguas residuales industriales (PTARI).

En las actividades productivas de las empresas agrícolas, industriales,

agroindustriales, mineras y de uso doméstico, segregan aguas residuales las cuales pueden ser tóxicas o nocivas al medio ambiente y la salud de los trabajadores y de la población aledaña en general.

Para esto se crean las PTARI, en donde el tratamiento de las aguas residuales es muy variadas, de acuerdo al tipo de contaminación que producen, siendo los tratamientos por precipitación, neutralización, oxidación, química y biológica, por reducción, por filtraciones, por ósmosis entre otros. También se considera en los tratamientos el volumen producido a tratar va a estar directamente proporcional a la producción de la planta.

2.2.2. Cálculos hidráulicos de presión.

Para realizar cálculos de conducciones a presión en régimen permanente se utiliza la ecuación de Bernoulli o ecuación de conservación de la energía. La ecuación básica utilizada en todos los cálculos hidráulicos a presión en régimen permanente es la ecuación de conservación de la energía o ecuación de Bernoulli, la cual la adecuamos a las hipótesis básicas del flujo a presión:

$$H = \text{cte} = Z_1 + \frac{P_1}{\gamma} + \alpha_1 \frac{(v_1)^2}{2g} = Z_2 + \frac{P_2}{\gamma} + \alpha_2 \frac{(v_2)^2}{2g} + \Delta H_{1-2} + \Delta H \gamma$$

Siendo:

Z1: Cota de la solera en la sección transversal y respecto a una cota de referencia.

Pi : Presión relativa en la sección i.

Ai : Coeficiente de distribución de uniforme de la velocidad en la sección transversal i.

V_i : Velocidad media del flujo en la sección transversal i .

ΔH_{1-2} : Fuga de energía inter seccional transversal de i y $i+1$ por el rozamiento a lo largo de la tubería entre ambas secciones. (Perdidas lineales).

ΔH_λ : Fuga de energía inter seccional transversal i y $i+1$ por la presencia de fenómenos focales dados por los cambios en la alineación y sección de la tubería, por la presencia de emboques y desemboques, y por elementos que interfieran o cambien las condiciones del flujo en zonas específicas (válvulas o derivaciones).

2.2.3. Pérdidas de carga.

La pérdida de carga en las tuberías, se define por la pérdida de presión impulsada por la bomba, siendo las causas la fricción de las partículas del agua entre ellas y el rozamiento con las paredes del viaducto.

La pérdida de carga continua es proporcional a la velocidad del que tenga el fluido y el largo de la sección de la tubería que se calcule, y es inversamente proporcional al diámetro de la tubería.

El factor de fricción (f) es adimensional y está en función del número de Reynolds, así como la rugosidad relativa que tenga la tubería, este cálculo muestra la medición de la aspereza de las paredes interiores de la tubería:

$$f = f\left(\frac{Re}{D} K\right)$$

Está determinado que la rugosidad relativa no interviene sobre f en régimen laminar ($Re < 2000$), porque la pérdida de carga se da por el rozamiento entre las partículas del agua y entre capas de las mismas y no de éstas sobre las paredes de la tubería.

La ecuación de Darcy – Weisbach propone la pérdida de carga en función del caudal circulante en una sección circular, la cual está dado por el diámetro y la velocidad media por la fórmula:

$$J = \frac{h_c}{L} = 0.0826 * f * \frac{Q^2}{D^5}$$

Con la fórmula podemos determinar que si se aumenta la velocidad del fluido y/o el aumento del caudal, esto implica que se aumenta la fricción y las pérdidas de carga. La pérdida de carga esta inversamente proporcional al diámetro de la tubería.

a) **Rugosidad absoluta y rugosidad relativa:** Las irregularidades o deformaciones con diversidad de tamaños es el llamado rugosidad absoluta (K), lo que se define como la varianza de la medida del radio interno de la tubería. Los trabajos experimentales del señor Nikuradse lograron hallar el valor de la rugosidad absoluta. El experimento consiste en producir la rugosidad artificial, donde en un tubo de vidrio liso se le pega partículas de arena y darle la consistencia de rugosidad, hasta llegar a tener una pérdida equivalente a un tubo comercial de un material determinado con igual longitud y diámetro que el de vidrio. Estos tubos artificialmente preparados se conocen como tubos arenisca. Si una empresa comercial informa sobre los valores de rugosidad K, se refiere a la rugosidad media equivalente, lo que significa que se comporta del mismo modo que una tubería artificialmente preparada con la rugosidad absoluta K. Podemos acotar que si tenemos la misma rugosidad en un tubo de mayor y menor diámetro, podemos ver que en el tubo de menor tamaño la rugosidad influye seriamente, mas no en el tubo de mayor

diámetro., es decir, la influencia de la rugosidad absoluta va a variar de acuerdo al diámetro y largo del tubo. Entonces para particularizar un tubo por su rugosidad es más real utilizar la rugosidad relativa (ϵ), el cual está determinado por el cociente entre la rugosidad absoluta y el diámetro de la tubería.

$$\epsilon = \frac{K}{D}$$

b) Pérdidas por fricción en línea: El fluido en movimiento va a tener resistencia de paso, la que es llamada fricción al fluir, lo que ocasiona pérdidas por fricción, el movimiento producido con el rozamiento va a generar energía térmica (calor), que se ubica en las paredes de la tubería por la que circula el fluido. Los accesorios de las tuberías como son codos, uniones, válvulas y demás que van a direccionar el flujo volumétrico del fluido produciendo turbulencia ocasionando energía calorífica que es resultante de pérdida de calor, estas pérdidas por válvulas y accesorios son en menor cuantía, siendo las mayores pérdidas en las tuberías en comparación de las válvulas y accesorios.

Las pérdidas y ganancias de energía en un sistema se contabilizan en términos de energía por unidad de peso de los fluidos que circula por él. Esto también se conoce como carga (h):

h_L = Pérdidas de energía del sistema por la fricción en las tuberías o perdidas menores por válvula u otros accesorios.

La fórmula de Darcy-Weisbach, es la fórmula básica para el cálculo de las pérdidas de carga en tuberías y conductos:

$$h_f = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2g}$$

2.2.4. Dimensionamiento y cálculo de la estación de bombeo.

En el diseño de las estaciones de bombeo de aguas residuales y tratadas se dan con datos técnicos los cuales son necesarios para el diseño:

Caudal:

- Caudal de diseño en cada sección y de acuerdo a la funcionalidad en la instalación.

Cotas:

- Altura máxima en el colector de entrada.
- Altura de entrada del colector o colectores.
- Nivel del agua en la descarga de las tuberías.
- Cota de la zona de emplazamiento de la estación de bombeo.

Otros:

- Tipo de material constituyente de la tubería impulsora.
- Longitud de la tubería impulsora.
- Perfil de niveles, diseño y configuración del trazado de la impulsión
- Geotecnia.
- Área de instalación y construcción de la estación de bombeo.

Se deben tener en consideración 3 aspectos muy importantes que conjugan entre ellos como son: La implantación, la naturaleza del área de instalación, estudio hidráulico y la funcionalidad y requerimientos. Para poder determinar el tamaño de la estación de bombeo se debe tener en cuenta:

- Estudio geotécnico del área de instalación.
- Relieve adecuado y ubicación estratégica de la estación de bombeo.
- Caudal unitario a elevar.
- Altura geométrica de elevación.
- Estudio del número de bombas que operará en simultáneo (bombeo múltiple).
- Numero de bombas totales.

De acuerdo a los requerimientos particulares del proyecto, podemos recabar información de bombas comerciales ofrecidas por las empresas comerciales y evaluar las curvas de funcionamiento y de rendimiento. De acuerdo a esos aspectos se escogerá la bomba que cumpla con los requerimientos eléctricos e hidráulicos óptimos.

2.2.5. Consideraciones de diseño del tanque de bombeo.

Los flujos a repartir son los que han resultado de la evaluación del gasto de agua en cada lavadero:

Caudal de llenado a tanque lavadero equipo minero 66m³/hr

Caudal de llenado a tanque lavadero tractores 25m³/hr

Caudal de llenado a tanque lavadero semipesado y auxiliar 20m³/hr

Se está considerando en el diseño que todos los lavaderos necesitan agua en simultáneo por lo que el equipo a seleccionar deberá cumplir con esta capacidad.

- Se está considerando un factor de seguridad de 10% sobre el caudal nominal, como caudal de diseño.
- Las velocidades en las tuberías se consideran entre 1 a 3 m/sg.

- Se está considerando una presión de descarga en cada tanque de 5 psi.
- El nivel más alto en el recorrido de la tubería es el ingreso al tk de agua del lavadero de volquetes mineros cuyo nivel es de 2777.29 msnm.

2.2.6. Cálculo y selección de tuberías.

Para la selección de tuberías se revisa los orígenes técnicos del requerimiento y se analizará la clase de tubería y así como también las falencias que se tiene en cada clase que ofrece el mercado, considerando a la “clase” la forma única en la selección de la tubería.

Tomaremos la definición de “clase” a aspectos de “presión interna” en régimen constante o en reposo. Los casos de “Golpe de Ariete” y de “Cargas externas”, pueden ser seleccionados pero esto nos condiciona a verificar la clase que se selecciona.

2.2.7. Presión dinámica.

La ecuación de Bernoulli es la siguiente:

$$H = Z_1 + \frac{P_1}{\gamma} + \frac{U_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{P_2}{\gamma} + \frac{U_2^2}{2g} + \Delta J^*_{1-2} = Z_1 + \frac{P_1}{\gamma} + \frac{U_1^2}{2g} + \Delta J^*_{i-j} = Kte$$

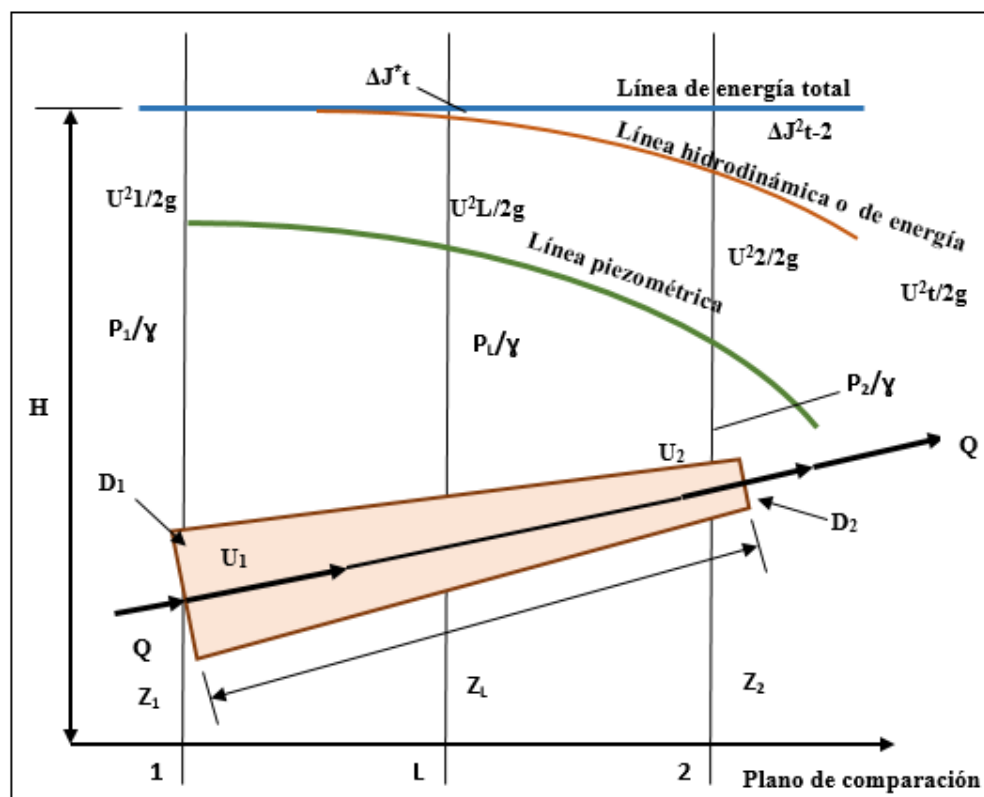
La energía total (H) correlacionada con un plano comparativo, se tiene constancia entre cada sección de una línea de conducción las cuales están determinadas por subíndices.

Con la ecuación de Bernoulli define las líneas de energía y piezométricas y también define el principio de conservación de la energía.

En la figura siguiente se puede interpretar físicamente, en un caso supuesto de la conducción D variable (el cual se reduce en el sentido del eje), donde los Z_i son variables.

Figura 6.

Ecuación de Bernoulli en escurrimiento kte y variado.



Fuente: Criterios de Diseño, cálculo y selección de tuberías (2007).

La línea hidrodinámica se tiene por la deducción de la energía total (ΔJ^*), línea que determina en cada sección la “energía hidráulica residual” del agua tratada que escurre, lo cual se relaciona con el plano arbitrario referente. La línea piezométrica la determinamos restando el valor $U^2/2g$, esta nos provee la energía potencial del fluido en cada una de las secciones, del mismo modo al plano arbitrario comparativo.

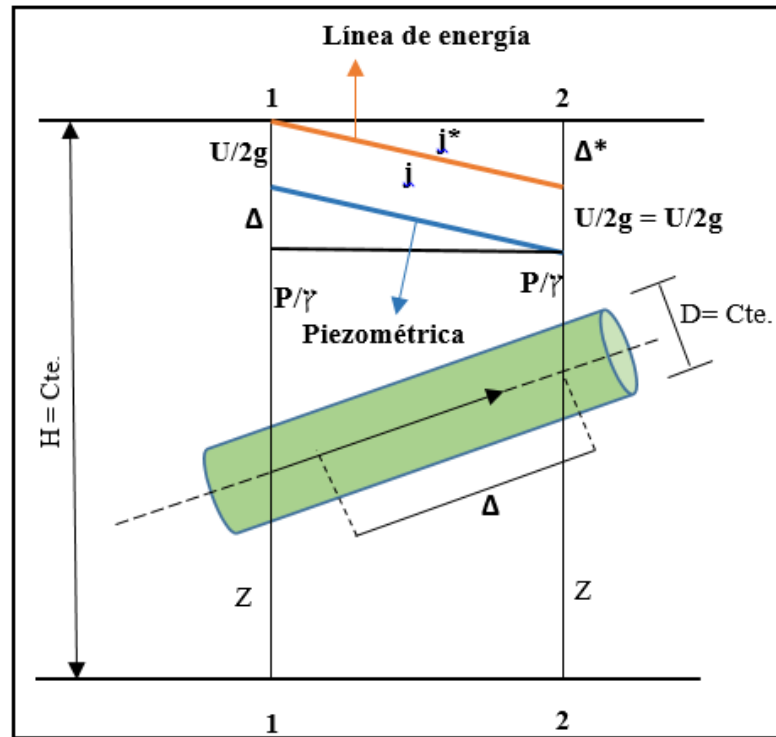
En la figura 6 se tiene el gráfico del escurrimiento uniforme cuando se tiene una impulsión de agua inclinada para hallar mayor amplitud.

Cuando el fluido es uniforme y el diámetro de la tubería es uno solo y se mantiene así en todo el recorrido, se denomina un escurrimiento uniforme,

y en este caso es posible realizar los cálculos hidráulicos de los conductores a presión.

Figura 7.

Escurrimiento uniforme en tuberías a presión.



Fuente: Criterios de Diseño, cálculo y selección de tuberías (2007).

En la figura 7 se muestra una disposición inclinada de la tubería, donde podemos detallar la ecuación de Bernoulli:

Si no se presentan variaciones en el diámetro de la conducción, entonces la velocidad media será constante, por lo que $j=j^*$.

Además la piezométrica se dispondrá paralela y con una distancia de $3 U^2/2g$ es una constante en la línea de energía. Entonces a “j” lo llamaremos “pérdida de carga unitaria”, y si lo multiplicamos por el largo de la sección en estudio ($\Delta l_{i,j}$), nos dará la pérdida de carga en la sección ij. Cuando se tiene un comportamiento uniforme ($D=cte.$), se cumple la igualdad que es $j = j^*$.

2.2.8. Presión interna de la tubería.

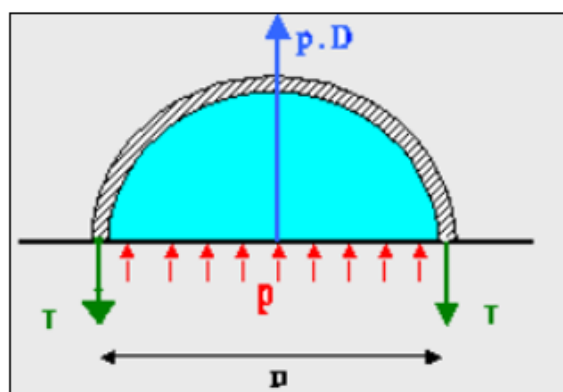
La presión interna en la conducción de un fluido de una tubería lleva la expresión de Mariotte, la cual es válida para los materiales de las tuberías homogéneas. Esta expresión también correlaciona el espesor de la tubería con la tensión de tracción que ofrece en las paredes de la tubería, lo que se puede observar en la figura 8.

En la figura vemos una tubería con líquido a presión, la cual se aprecia un corte horizontal que contiene al eje, lo que nos proporciona un aporte como cuerpo libre, así dando el sustento de solicitantes actuantes.

Con la figura podemos ver la distribución de la tensión ejercida en las paredes de la tubería, lo cual nos permitirá calcular el espesor de la misma, con estos términos es que debemos adquirir tuberías de paredes lisas y finas, lo cual es poco espesor respecto al diámetro. Podemos ver que la presión que resulta de la presión distribuida en todo su diámetro, tiene que ser equilibrada por esfuerzos de tracción, con distribución uniforme, a la vez con el espesor de la tubería y realizando la configuración de las dos fuerzas “T”

Figura 8.

Requerimientos debidos a la presión.



Fuente: EIO (2014).

Cálculo del espesor de acuerdo a la norma ANSI:

$$pD = 2T = 2 \sigma e$$

De donde:

$$e = \frac{pD}{2\sigma}$$

En donde:

- e : Espesor de la tubería de material homogéneo.
- p : Presión actuante en el plano horizontal que contiene al eje.
- σ : Tensión de trabajo del material.
- D : Diámetro interno de la tubería.

Determinando el grosor de la tubería de 6”:

$$e = \frac{18 \text{ kPa} \times 14.6 \text{ cm}}{2 \times 12}$$

$$e = 10.95$$

10.95 es el grosor mínimo requerido, de acuerdo a los parámetros ANSI de la figura 9 tenemos que las tuberías Sch 80 de 6” de DN, presenta un grosor de 10,97, que es superior al estimado.

Figura 9.

Espesores de tubos por normativa ANSI (mm).

DN (")	DN (mm)	DE (mm)	ANSI Sch 10 Espesor	ANSI Sch 20 Espesor	ANSI Sch 30 Espesor	ANSI Sch 40 Espesor	ANSI Sch 60 Espesor	ANSI Sch 80 Espesor	ANSI Sch 100 Espesor	ANSI Sch 120 Espesor	ANSI Sch 140 Espesor	ANSI Sch 160 Espesor
3/8	10	17,1	-	-	-	2,31	-	3,2	-	-	-	-
1/2	15	21,3	-	-	-	2,77	-	3,73	-	-	-	4,78
3/4	20	26,7	-	-	-	2,87	-	3,91	-	-	-	5,56
1	25	33,4	2,77	-	-	3,38	-	4,55	-	-	-	6,35
1 1/4	32	42,2	2,77	-	-	3,56	-	4,85	-	-	-	6,35
1 1/2	40	48,3	2,77	-	-	3,68	-	5,08	-	-	-	7,14
2	50	60,3	2,77	-	-	3,91	-	5,54	-	-	-	8,74
2 1/2	65	73,0	3,05	-	-	5,16	-	7,01	-	-	-	9,53
3	80	88,9	3,05	-	-	5,49	-	7,62	-	-	-	11,12
4	100	114,3	3,05	-	-	6,02	-	8,56	-	11,13	-	13,49
5	125	141,3	3,4	-	-	6,55	-	9,52	-	12,7	-	15,88
6	150	168,3	3,4	-	-	7,11	-	10,97	-	14,28	-	18,26
8	200	219,1	4,78	6,35	7,04	8,18	10,31	12,7	15,09	18,26	20,62	23,01
10	250	273,0	4,19	6,35	7,8	9,27	12,7	15,09	18,26	21,44	25,4	28,58
12	300	323,8	4,57	6,35	8,38	10,31	14,27	17,48	21,44	25,4	28,58	33,33
14	350	355,6	6,35	7,92	9,52	11,13	15,09	19,05	23,83	27,79	31,75	35,71
16	400	406,4	6,35	7,92	9,52	12,7	16,66	21,44	26,19	30,96	36,53	40,49
20	500	508,0	6,35	9,52	12,7	15,09	20,62	26,19	32,54	38,1	44,45	50,01
24	600	609,6	6,35	9,52	14,27	17,47	24,61	30,96	38,89	46,03	52,37	59,54

Fuente: Base de cálculo de tuberías Normativa ANSI.

Las empresas comerciales que expenden y fabrican tuberías de conducción homogéneas, asumen valores de rotura de acuerdo a la presión interna y en la tensión de tracción, con esos datos pueden determinar el grosor de la tubería conjuntamente con los coeficientes de seguridad. Las empresas comerciales estandarizan los grosores para condiciones de flujo permanente y diversidad de presiones. La clase determinada de la tubería dependerá de esos factores.

Figura 10.

Diámetros internos de tuberías der acuerdo norma ANSI (mm).

DN (")	DN (mm)	DE (mm)	ANSI Sch 10	ANSI Sch 20	ANSI Sch 30	ANSI Sch 40	ANSI Sch 60	ANSI Sch 80	ANSI Sch 100	ANSI Sch 120	ANSI Sch 140	ANSI Sch 160
			Dint	Dint	Dint	Dint	Dint	Dint	Dint	Dint	Dint	Dint
3/8	10	17,1	-	-	-	12,6	-	10,8	-	-	-	-
1/2	15	21,3	-	-	-	15,8	-	13,9	-	-	-	11,8
3/4	20	26,7	-	-	-	20,9	-	18,8	-	-	-	15,5
1	25	33,4	28,16	-	-	26,6	-	24,3	-	-	-	20,7
1 1/4	32	42,2	36,86	-	-	35	-	32,5	-	-	-	29,5
1 1/2	40	48,3	42,76	-	-	40,9	-	38,1	-	-	-	34
2	50	60,3	54,76	-	-	52,5	-	49,3	-	-	-	42,8
2 1/2	65	73,0	70	-	-	62,7	-	59	-	-	-	54
3	80	88,9	82,8	-	-	77,9	-	73,7	-	-	-	66,6
4	100	114,3	108,2	-	-	102,3	-	97,2	-	92	-	87,3
5	125	141,3	132,9	-	-	128,2	-	122,2	-	115,9	-	109,6
6	150	168,3	161,5	-	-	154,1	-	146,3	-	139,7	-	131,7
8	200	219,1	209,54	206,4	205,02	202,7	198,48	193,7	188,92	182,5	177,86	173,1
10	250	273,0	264,62	260,3	257,4	254,5	247,6	242,9	236,48	230,2	222,2	215,9
12	300	323,8	314,76	311,2	307,14	303,2	295,36	288,9	281,02	273	266,74	257,2
14	350	355,6	342,9	339,76	336,56	333,3	325,42	317,5	307,94	300	292,1	284,2
16	400	406,4	393,7	390,56	387,36	381	373,08	363,5	354,02	344,5	333,34	325,4
20	500	508,0	495,3	488,96	482,6	477,8	466,76	455,6	442,92	431,8	419,1	408
24	600	609,6	596,9	590,56	581,06	574,6	560,38	547,7	531,82	517,6	504,86	490,5

Fuente: Base de cálculo de tuberías Normativa ANSI.

En la actualidad otras empresas fabricantes de tuberías adoptan la teoría de las tuberías de paredes gruesas y otros con la teoría de la elasticidad.

La elasticidad en flujos no uniformes con tensiones des uniformes y deformaciones compatibles, donde de acurdo a la formulación anterior de paredes finas, los valore numéricos de los grosores son ligeramente mayores.

$$e = \frac{p \cdot D}{2\sigma - p}$$

2.2.9. Resistencia de tuberías a la presión interna que ejerce.

Esta característica va a depender de la tecnología que se fabricó la tubería, con variada resistencia a la tracción. Las empresas fabricantes ofrecen tuberías diversificadas por diámetros y clases, las cuales señalan un número

entero que es el máximo de resistencia a las presiones en atmósferas en condiciones de trabajo.

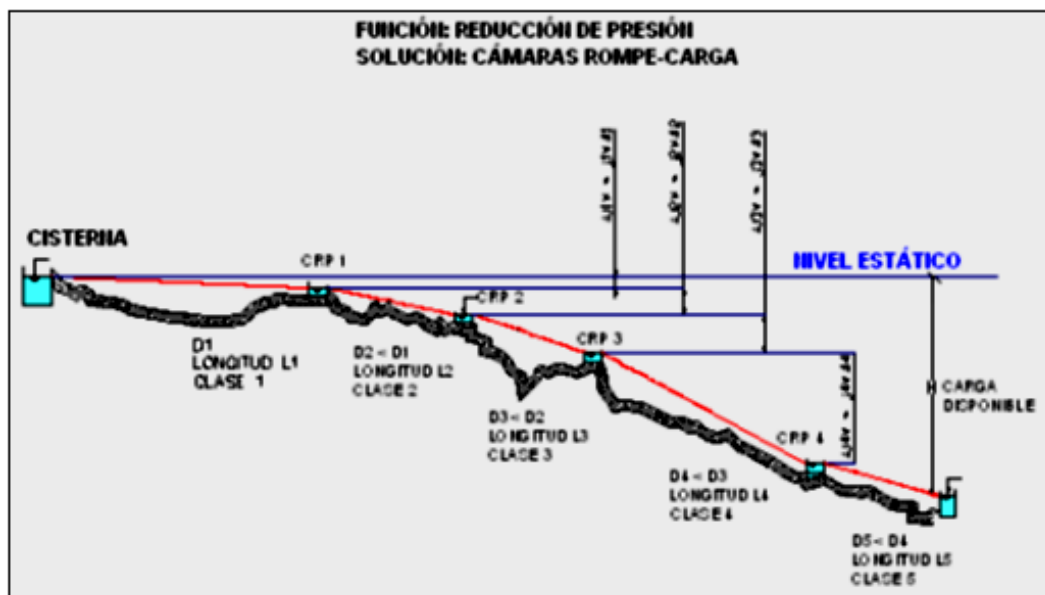
Otras empresas fabrican tuberías a pedido y no están consideradas en los catálogos.

2.2.10. Válvulas.

- Válvulas reductoras de presión.

Figura 11.

Diseño válvulas reductoras de presión.



Fuente: Criterios de Diseño, cálculo y selección de tuberías (2007).

Son válvulas que contienen cámaras que reducen la presión, las cuales requieren una topografía determinada así como su ubicación, se utilizan también en caso de presentar saltos y se aplican válvulas y sensores de nivel, también determinar los golpes de ariete y para su diseño son costosas y trabajosas.

- **Válvula tipo mariposa.**

Válvula aplicada para cerrar o aperturar el flujo de agua tratada, a la vez puede regular el paso de agua, con la graduación de la sección de paso con el uso de una lámina de paso, la que tiene movimiento circular con un eje medio. Al acortar el área de paso en la válvula mariposa, se tiene la reducción del caudal y pérdida de la carga local de la válvula.

Figura 12.

Válvula mariposa en PVC y hierro fundido.



Fuente: APB. Materiales de riego y suministros industriales (2019).

La válvula de mariposa de 6" soporta una máxima presión de 150 PSI por lo que la instalación de este tipo de válvula cumple con las presiones ejercidas a la salida del tanque y soporta la presión del tanque. Esta válvula es instalada a la salida de la compuerta del tanque. El soporte de presión es la sumatoria de la presión atmosférica y la presión del agua contenida en el tanque

Las válvula mariposa mecánica fue instalada con actuadores, los cuales indican mediante un sistema eléctrico del estado de apertura o cierre, donde se indica “Si” ó “No”, lo cual se refleja en el sistema para el control de procesos.

- **Válvula de compuerta.**

Aplicado en líneas de fluidos rectos, siendo su propósito la apertura o cierre del flujo del caudal de fluido. Este tipo de válvulas ofrecen un hermetismo en el cierre, lo cual corta al 100% el pase del líquido, el cual tiene una forma de trabajo seguro y sencillo a comparación de otras válvulas.

Figura 13.

Válvula de compuerta



Fuente: ICOFESA Perú (2020).

- **Válvula check.**

Es una válvula también denominada anti retorno, la cual cumple una función de que accede a fluir el líquido en una sola dirección, en caso de tener una retrocarga o descarga opuesta, esta válvula se cierra automáticamente.

De acuerdo al análisis de elección de válvulas, se eligió las válvulas tipo mariposa por tener un buen desempeño en el objetivo del proyecto y por los menores de adquisición.

2.2.11. Tubería HDPE.

Las empresas certificadas la fabrican con resinas de alta calidad y regidas bajo a norma ISO 9000 y 14000. Las tuberías llegan a tener alta resistencia a la tracción (330 kg/cm^2) (ASTM D638), características que aplican a la conducción de fluidos agresivos en la industria minera.

Las tuberías HDPE tienen ventajas en el menor costo económico en labores de instalación y equipamiento, mejores maniobras en el diseño, reducidos costos de mantenimiento y mayor vida útil que los materiales tradicionales.

a) Características.

- **Mayor resistencia a impactos:** la tubería presenta tenacidad por el material y el método utilizado de extrusión, lo cual logra tolerar tensiones, sobre presiones y vibraciones ocasionadas por el terreno o factores externos como sismos o desplazamientos.
- **Flexibilidad:** Tienen propiedades de curvatura y resistencia de impactos, tolerantes a un rango alto de temperatura. Puede ser elevado o cambiar direcciones, así como ser doblado. Propiedades que hacen que se adecue a las irregularidades del terreno, por lo que es de fácil instalación y mantenimiento , obviándose varias veces el uso de accesorios adicionales, porque es posible hacer diseños e instalaciones serpenteadas hasta rangos tolerables,

- **Resistencia a sustancias químicas:** Resistencia a los componentes químicos del suelo, no presenta conducción eléctrica por lo que no es afecto de la oxidación, corrosión o acciones electrolíticas. Puede trabajar hasta temperaturas de -20°C.
- **Mantenimiento:** La vida útil de este tipo de tuberías es de 50 años en promedio en condiciones de transporte de agua a temperaturas del medio de 20°C.
- **Protección UV:** Tuberías con protección contra los rayos ultravioleta.
- **Estructura liviana:** Tiene un peso mucho menor que las tuberías de concreto, fierro o acero en un rango de 70 a 90% menores. Propiedades que hacen más fácil su montaje, mantenimiento y almacenaje, todo esto se traduce en ahorro de dinero en maquinaria y mano de obra.
- **Instalación eficaz:** La tubería HDPE, también es fabricada en rollos de hasta 100 metros, lo que hace menor uso de uniones y por lo tanto menor costo de materiales y uso de mano de obra. Las tuberías de diámetros mayores a 160 mm, se confeccionan en tramos de 12 metros para su mejor transportabilidad y disminuir el número de uniones de acople. Los tubos son de fácil desmontaje también por tener accesorios desmontables, lo que hace que no sea necesaria la termo fusión.
- **Resistencia a la abrasión:** Puede conducir elementos de alta abrasión (pegamentos y relaves mineros), y tiene excelentes ventajas de escurrimiento.

b) Clasificación SDR en tuberías HDPE

SDR significa (Standar Dimension Ratio), lo que es denominado como la relación existente entre el diámetro nominal (dn) y el espesor nominal de la pared de la tubería (e).

El SDR se utiliza para evaluar la resistencia de las tuberías de plástico a presión, como los tubos de acrilonitrilo butadieno styrene (ABS), cloruro de polivinilo (PVC) y polietileno (PE).

La numeración SDR va desde 7 a 41. Si tenemos un SDR menor, quiere decir que ese tubo puede soportar mayor presión y si tiene numeración alta es que resiste poca presión.

$$\text{SDR} = \text{dn}/\text{e}$$

ASTM International que es la que rige estos parámetros, determinó una fórmula para hallar la cantidad de presión máxima que puede resistir una tubería.

Para hallar el número de calificación SDR se requiere saber el diámetro exterior de la tubería y el grosor de la pared de la tubería.

El número de SDR lo hallamos dividiendo el diámetro exterior de la tubería por el espesor de la pared de la tubería.

c) Cálculo de SDR.

Si tenemos un tubo HDPE de 4 pulgadas de diámetro, tenemos las siguientes dimensiones: Diámetro externo de 114.3 milímetros y el grosor de las paredes del tubo es de 10.389 milímetros. Entonces:

$$\text{SDR} = \frac{114.300 \text{ mm}}{10.389 \text{ mm}} = 11$$

Esto quiere decir que el diámetro exterior de la tubería es 11 veces mayor que el grosor de la pared del tubo.

d) SDR y el grado de presión del fluido.

El SDR, comprende dos componentes que da un perfil exacto de la cantidad de presión que la tubería puede soportar. Si tenemos dos tuberías con diferente grosor de la pared es de 0.154 pulgadas (0.39 centímetros), al variar el grosor de la pared o cualquiera de los dos componentes, entonces se variará la clasificación NSR y la clasificación de la presión de la tubería. .

2.2.12. Procesos de tratamiento de aguas residuales de mina.

a) Sedimentación.

El tratamiento de aguas de pueden realizar por métodos de sedimentación o clarificación por gravedad, siendo el fin de separar las partículas sólidas del líquido residual por diferencia de pesos, los tipos de sedimentos obtenidos son: floculantes, discreto, zonal y por compresión.

b) Coagulación y floculación.

En el proceso de coagulación se aplican coagulantes químicos y movimientos de mezclado con el fin de neutralizar o desestabilizar las cargas de los coloides que los tienen separados.

La floculación es el producto de la concentración de partículas que tiendan a agruparse formando agrupaciones mayores, denominados

flóculos. Se obtienen al imprimir velocidad en cámaras medios granulares, aire difuso, cámaras de flujo espiralados, cuchillas de giro o cuchillas alternas.

En este proceso se adicionan floculantes químicos para la agrupación de masas y luego separados con sedimentadores. Los floculantes usados son el sulfato de aluminio y el cloruro férrico, que también hacen el papel de coagulantes.

c) **Espesamiento**

Es un método de separación de lodos del agua residual minera que se da posteriormente a la fase de sedimentación.

Espesamiento por gravedad: Las partículas sólidas que son de mayor masa que el agua, descienden a la parte inferior del contenedor, hay veces que se adicionan floculantes para obtener mayor densidad

Espesamiento por flotación: Método donde se imprimen burbujas que hacen flotar las partículas sólidas a la superficie con el uso de químicos como el cloruro férrico, poli electrolitos y la cal.

Espesamiento por centrifugación: Aplicando leyes de centrifugado, donde las partículas se acomodan en las periferias del depósito.

La filtración es un método donde se realizan filtrados con materiales porosos. La filtración tiene las siguientes modalidades:

En medio granuloso: Se utiliza filtros de arena o antracita, y también el uso de ambas en dos capas de filtrado por medio de membranas:

Se da por medio de filtraciones por vacío: Realizado con tambores cilíndricos perforados (chaqueta) los que giran en un contenedor de similar forma. Se aplica condiciones de vacío en el interior de los cilindros y se obtiene la extracción sólida por medio filtrante, los sólidos

se fijan en la membrana (filtro).

Filtros de prensa: Aquellos que se trabajan con compresiones de 100ª 250 libras por pulgada cuadrada, se utilizan placas verticales, suspendidas en marcos.

d) Neutralización

Proceso donde interviene un agente alcalinizante o un ácido en las aguas residuales. En la mayoría de casos se utilizan el ácido sulfúrico y dióxido de carbono y los agentes alcalinos utilizadas comúnmente son la cal viva, cal hidratada, piedra caliza, hidróxido de sodio e hidróxido de amonio, este proceso precipita metales pesados.

e) Aireación

Es un proceso donde interactúa el aire con el líquido. La aireación de las aguas residuales se da para oxigenar al efluente que se quiere tratar, para oxigenar a los microorganismos para que realicen sus procesos de transformación y degradación de la materia orgánica contaminante. Además la aireación ayuda a eliminar CO₂, remueve el ácido sulfhídrico, el hierro, el manganeso, sustancias volátiles, transfiere el oxígeno disuelto, elimina el gas metano, gas cloro y amonio, ayuda en reacciones de neutralización y precipitación. La transferencia de aire se realiza por difusores o agitadores mecánicos.

f) Precipitación química

Con este método los residuos en el líquido son convertidos en compuestos químicos solubles, y se convierten en sólidos suspendidos. Posteriormente siendo removidos por procesos de sedimentación, coagulación, floculación o usando clarificadores, espesadores, etc.

Cuando el agua está contaminada con metales, la precipitación química forma hidróxidos o sulfuros que son poco solubles.

g) Precipitación como hidróxidos:

Este método aplica agentes alcalinos: Hidróxido de calcio (lechada de cal), hidróxido de sodio (soda cáustica), hidróxido de potasio y los demás hidróxidos de metales alcalinos o alcalino-térreos.

h) Precipitación como sulfuros:

Ésta precipitación usa agentes como: ácido sulfhídrico, sulfuro de bario y sulfuro de sodio. Son especialmente eficientes en la remoción de mercurio y cromo hexavalente.

2.2.13. PTARI.

La segregación de las aguas residuales industriales es producida en las instalaciones de Lavadero de Volquete minero y en el drenaje industrial del piso del Taller de Volquetes.

Descripción del proceso

Adyacente a la ubicación del lavadero se construyeron las pozas primarias para la decantación, sedimentación y separación primaria de hidrocarburos.

A esta área llega el total de los efluentes del lavadero de volquetes mineros y en las mismas se inicia el proceso de tratamiento.

Se construyó un módulo de tratamiento de agua residuales industriales (PTARI), con el objetivo de recuperar el agua con procesos de tratamiento y obtener aguas con la calidad específica que permite re utilizarla en el proceso de lavado de camiones, éste será un paquete del Proveedor.

La PTARI tiene los siguientes componentes:

- Ecuadorador.

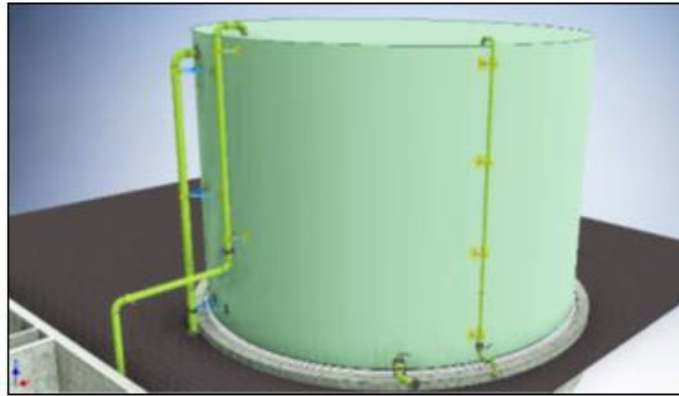
- Tanque de filtro.
- Tanque con químicos.

Componentes adicionales y controles:

- Una caseta eléctrica con tableros eléctricos,
- UPS, e iluminación interior y exterior, tomacorrientes 220v
- Tomacorrientes de 480v.

Figura 14.

Tanque C2-5790-TK-2937 PTARI.



Fuente. Elaboración propia en base a SMCV (2018).

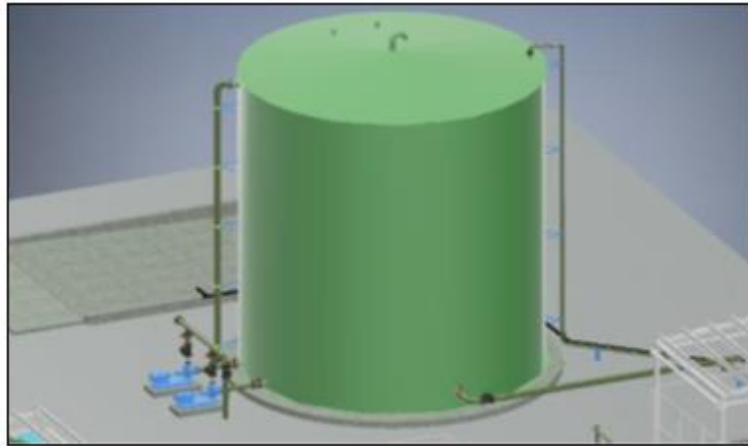
En este proyecto de traslado del PTARI, también se considera el sistema de control para el PTARI, así como la conexión del punto de red en el sistema de control de la red general de procesos de SMCV.

Los tanques que se repintó son los siguientes en las plantas de tratamiento PTARI:

En comunicación radial mecánicos del grupo 1 y grupo 2 se alejaron de la línea de fuego hasta que la tubería estuvo posicionada en la zona requerida según los planos de montaje.

Figura 15.

Tanque C2-5790-TK-2937 PTARI.



Fuente. Elaboración propia en base a SMCV (2018).

2.3. Conceptos generales de procesos de construcción de metal mecánica.

2.3.1. Trazado

Es la maniobra que implica en trazar o delinear en la superficie externa de la pieza de trabajo, en donde se delimitan los sectores que con medidas deben determinarse para ejecutar un trabajo con formas y magnitudes que están establecidas en las memorias de cálculo y planos para obtener una pieza que se requiere trabajar.

2.3.2. Corte de materiales

Es el procedimiento importante que se realiza en los procedimientos de fabricación. Es una maniobra preliminar en la fabricación o moldeado de piezas. Este procedimiento se trabaja en metales acerados, plásticos, madera, acrílicos, entre otros. Los materiales a ser trabajados fueron obtenidos por medio de procesos preliminares, el cual es trabajado para obtener un material final, este material es transformado para poder cumplir

una función en la construcción de un sistema, siendo el corte uno de los procesos para lograr el objetivo propuesto.

En los metales se tiene que el corte es un procedimiento por medio del que una pieza de tamaño y forma determinada, la cual es seccionada o separada con el uso de herramientas manuales o máquinas. Se tienen cortes de dos formas:

- Corte con arranque de viruta: Con el uso de taladros, sierras, tornos y fresadoras.
- Corte sin arranque de viruta: Oxicorte, cizallado, corte de plasma, entre otros.

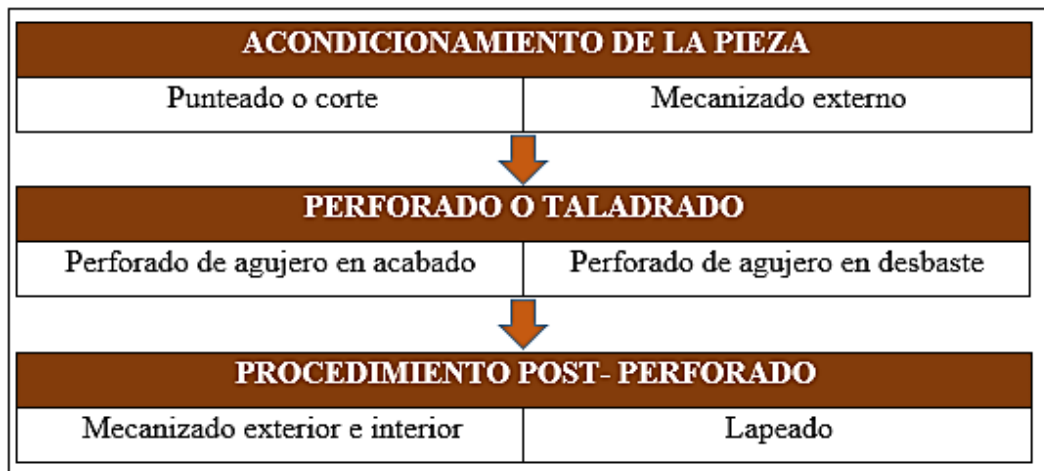
2.3.3. Perforado de materiales

El perforado o taladrado es uno de las operaciones donde se trabaja el material para obtener piezas necesarias. El perforado es un proceso manual o mecanizado con el fin de realizar un corte generalmente de forma circular en un material, aperturando un orificio. Generalmente se apertura los orificios con un taladro, donde mediante el giro de una broca se realiza la apertura de orificios arrancando virutas. El orificio se apertura teniendo previamente las dimensiones, formas, entre otros.

El taladrado se conforma de dos piezas fundamentales que son el taladro y la broca. Las características de las brocas de ajustan a las normas ISO/ANSI 01, 10, 20, 30, 40, y 50. El procedimiento del perforado tiene las siguientes fases:

Figura 16.

Fase del procedimiento de perforación de piezas en metal mecánica.



Fuente: Elaboración propia en base a Normas ISO/ANSI.

2.3.4. Biselado.

Es una operación mecánica de corte en ángulo inclinado, el cual se realiza en los bordes de contornos exteriores de una determinada pieza.

Figura 17.

Biselado de tuberías



Fuente: Sunnysteel. 2019.

El biselado de las tuberías son utilizadas generalmente para preparar los extremos de la tubería para soldarlos, también se aplica el biselad para poder desbarbar los extremos cortados de tuberías y también para darle toques estéticos.

La preparación de los tubos metálicos para realizar el soldado, generalmente se aplica en la soldadura orbital, donde se requiere una precisión de las dimensiones, la calidad en el acabado de la soldadura y la rapidez en el soldado.

El corte y biselado en tuberías, hoy en día se optimizan los costos, el cual se realizan en un solo procedimiento para economizar los costes.

Se tiene los siguientes sistemas utilizados comúnmente en el sector de construcción de instalaciones con el empleo de tuberías:

a) BCE: Anillo de corte y de biselado

Se utiliza este equipo en los dos ámbitos que son en el taller, donde se prepara la tubería antes de movilizarla al sector de instalación definitiva:

Es un sistema que se utiliza en tubos de grosores mayores, con rapidez y velocidad en el trabajo. La operación es de corte y biselado de forma simultánea, lo cual también prepara la tubería para la soldadura en los extremos de la tubería. El sistema da facilidades de reparaciones y acabados de soldadura en el lugar de trabajo.

Características:

- Trabaja en diversos tipos de materiales.
- Trabaja con tuberías de grosores desde 16 a 1.050 mm.
- Los sistemas de operación son hidráulica, neumática y eléctrica

Figura 18.

Biseladora



Fuente: Rectiequipos. S.A.S: (2013).

El sistema se acomoda en lugares reducidos de trabajo y en cualquier sección del tubo.

b) Carro PIPE: Corte y biselado con llama

Figura 19.

Sistema Carro PIPE aplicado en la zona de montaje.



Fuente: CODESOL S.A. (2019).

Se utiliza un equipo rodante, el cual es versátil y de manipuleo rápido. El equipo produce cortes limpios y precisos.

El carro tiene anillos que se desplazan y los cuales se adaptan al diámetro de la tubería: 14-24", 25-40", 41 – 48" y 49 – 60". El equipo tiene en el cabezal un soplete para realizar el corte de la tubería, con una guía que se regula manualmente para calibrar la posición de corte y biselado.

2.3.5. Conceptos de soldadura.

a) Generalidades.

La soldadura se realiza para producir una conexión sólida entre dos porciones, la cual es llamada unión por soldadura. Esta unión se realiza en los bordes o superficies de las piezas a unir.

Para que se tenga una unión sólida y resistente se debe realizar la preparación de las piezas que se soldarán, lo cual también va a depender del grosor del material a unir y la posición de unión de los mismos.

El diseño de las juntas está regida por la norma AWS (American Welding Society).

b) Tipos de uniones soldadas

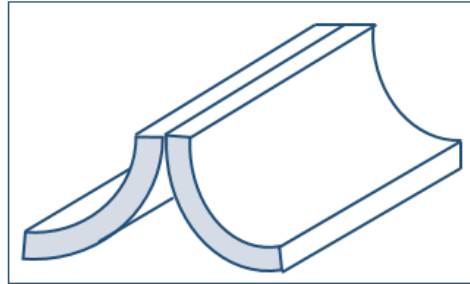
Ya dijimos que la preparación de las piezas a unir es algo principal en la operación de soldadura, ya que esta unión afecta a ambas caras a unir.

Se tienen cinco tipos esenciales de uniones para integrar o unir dos partes de una junta, tenemos las siguientes formas:

- **Unión en borde:** Es la unión de dos piezas dispuestas paralelamente, donde tienen un borde cada una y la unión produce un borde en común entre ambas.

Figura 20.

Unión de borde: Tipo de unión de soldadura.

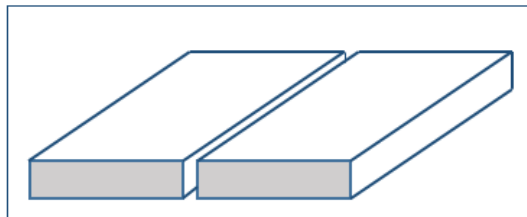


Fuente: Groover, Mikell P. (2015).

- **Unión de empalme:** Es la soldadura donde las piezas se encuentran en un mismo plano y las cuales son unidas en sus bordes aproximados entre sí.

Figura 21.

Unión de empalme: Tipo de unión de soldadura.

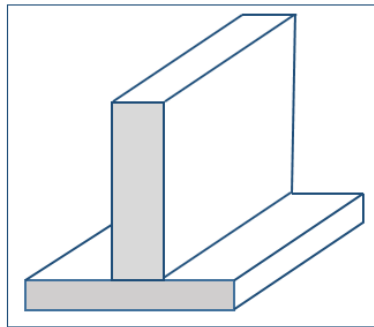


Fuente: Groover, Mikell P. (2015).

- **Unión en T:** Donde la unión de las dos piezas es con disposición perpendicular de una de ellas, formando de forma similar a la letra T.

Figura 22.

Unión en T: Tipo de unión de soldadura

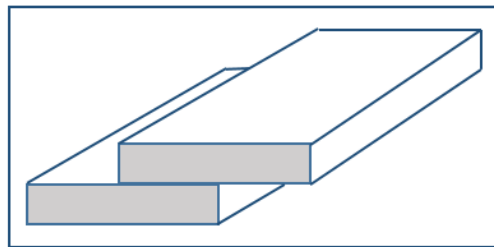


Fuente: Groover, Mikell P. (2015).

- **Unión superpuesta:** La unión de soldadura es mediante la superposición de las dos piezas.

Figura 23.

Unión Superpuesta: Tipo de unión de soldadura.

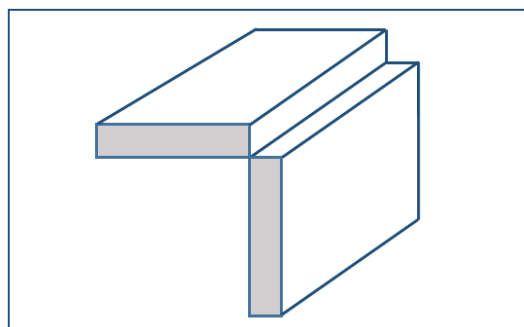


Fuente: Groover, Mikell P. (2015).

- **Unión en esquina:** Las dos caras proximales a soldarse forman un ángulo recto y son unidas en la esquina del ángulo.

Figura 24.

Unión en esquina: Tipo de unión de soldadura.



Fuente: Groover, Mikell P. (2015).

c) Posiciones de soldadura

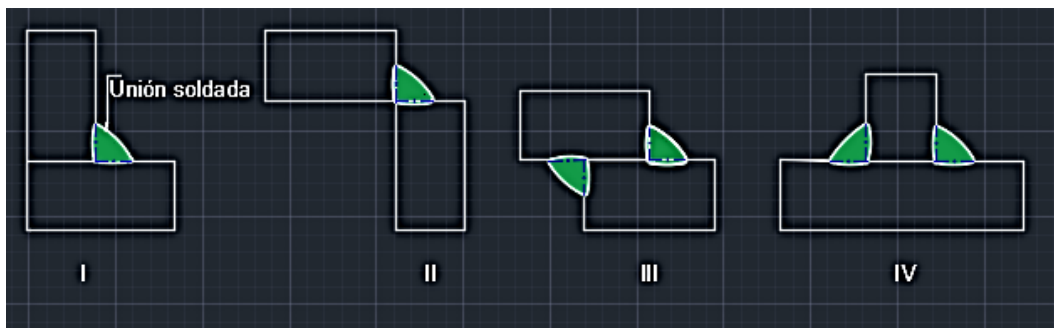
Todos los tipos de uniones anteriores de soldadura, las diferencias entre los tipos de soldadura se dan por la geometría de la unión y la operación de soldado que se aplicara, las cuales son SMAW, GMAW, GTAW, etc.

- **Soldadura de filete:** Es un tipo de soldadura empleada para relleno, aplicadas en uniones de esquinas, en disposiciones en T y en sobrepuestas. Para el relleno se aplica metal de relleno, dándole la forma de triángulo. Este tipo de soldadura es la más utilizada y se da por soldadura en arco eléctrico, de oxígeno y de gas combustible. Para este tipo de soldadura no se requiere preparar mucho los bordes. Este tipo de soldadura se da de dos tipos: Soldadura sencilla o dobles.

Las dobles se dan soldando en ambos lados de las piezas (cara interna y externa). También pueden ser del tipo continuo (en todo lo largo) e intermitente (espacios sin soldado).

Figura 25.

Tipos de soldadura de filete.



Fuente: Elaboración propia en base a Groover, Mikell P. (2018).

Tabla 1.

Definiciones de los tipos de soldadura de filete.

TIPO	DEFINICIONES
I	Soldadura filete interna: Filete unión en esquina
II	Soldadura filete externa: Filete unión en esquina.
III	Soldadura filete externa e interna: Unión sobrepuesta con filete doble.
IV	Soldadura doble: Filete doble en disposición en T.

Fuente: Elaboración propia en base a Groover, Mikell P. (2018).

- **Soldadura con ranura**

Es el tipo de soldadura, en donde se da la forma en las orillas donde se tiene la forma de surco, esto para que sea más fácil la penetración de la soldadura.

Los surcos pueden ser de forma, U, bisel, cuadrado, triángulo y J. para poder realizar el relleno se utiliza material de relleno, son soldaduras de tipo de soldadura de oxígeno o de arco eléctrico, como también de gas combustible.

Para este tipo de soldadura se tiene que preparar las superficies a soldar para asegurar la firmeza de la unión, Se aplica en todo tipo de soldadura, con excepción de las uniones superpuestas.

Las soldaduras más comunes de ranura son:

I: Soldadura de surco cuadrada de un solo lado.

II: Soldadura de surco con bisel único.

III: Soldadura de surco en “V” único.

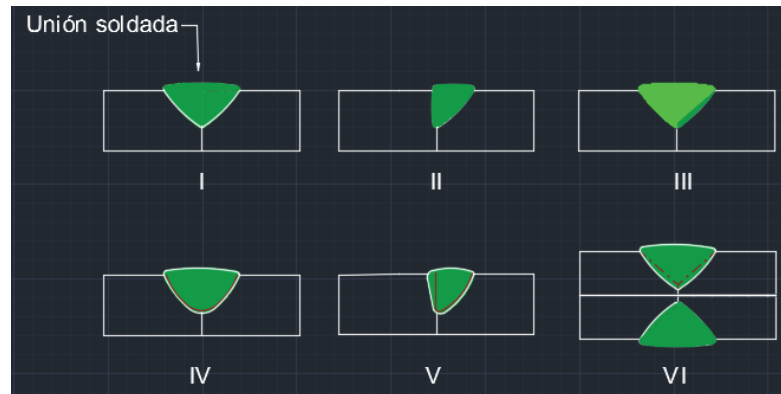
IV: Soldadura de surco en “U” único.

V: Soldadura de surco en “J” único.

VI: Soldadura de surco en “V” doble. Soldadura para tuberías de mayor grosor.

Figura 26.

Soldaduras



Fuente: Elaboración propia en base a Groover, Mikell P. (2018).

- **Preparación de las caras para la soldadura de ranura**

Para este tipo de soldadura se preparan ambas caras a piezar, para obtener una buena unión, se debe tener en cuenta:

- ✓ El tipo de unión a emplear.
- ✓ Grosor de las piezas a soldar: Tenemos 4 tipos de preparaciones de superficies de soldado de acuerdo a su espesor:

Tabla 2.

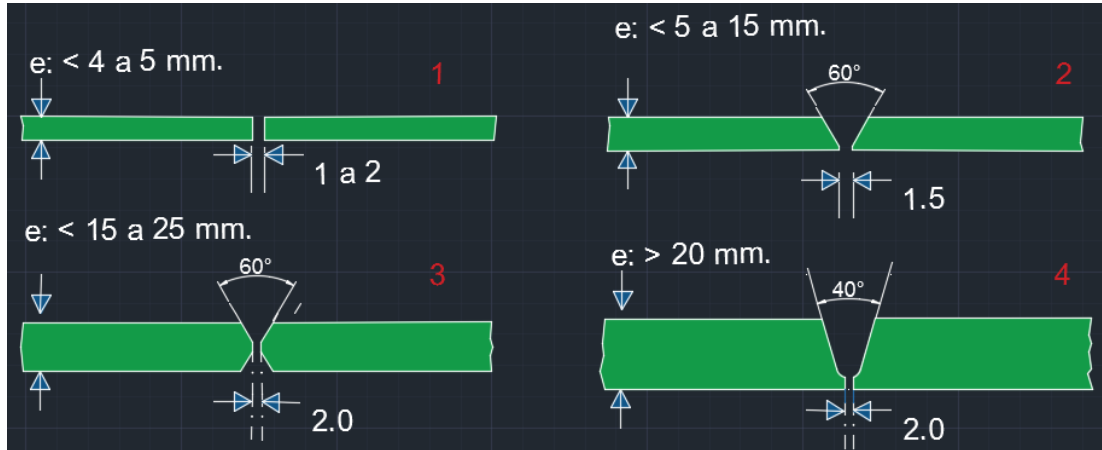
Preparación de caras para soldadura de ranura.

Tipo de Preparación	Grosor (mm)	Observaciones
Bordes cuadrados	< 4 a 5	En el soldeo solo se acercan las caras de las piezas.
Caras en “V”	5 a 15	
Caras en “X” ó “V” en ambos lados.	15 a 25	
Preparación en “U”	>20	Cuando se requiere soldar un solo lado. Esta preparación hace que se tenga un buen depósito de material de aporte a diferencia de “V”.

Fuente: Elaboración propia.

Figura 27.

Gráficos de preparación de bordes para soldadura con ranura.



Fuente: Elaboración propia.

d) Cordón de soldadura

El cordón de soldadura consta de tres zonas bien diferenciadas:

- **Zona de soldadura:** En esta zona se tiene el metal de aporte que es la que la conforma y se encuentra en la zona central.
- **Zona de impregnación:** Es la zona donde las piezas a unirse se funden por la acción de los electrodos. La profundidad en esta zona va a determinar la penetración de la soldadura.

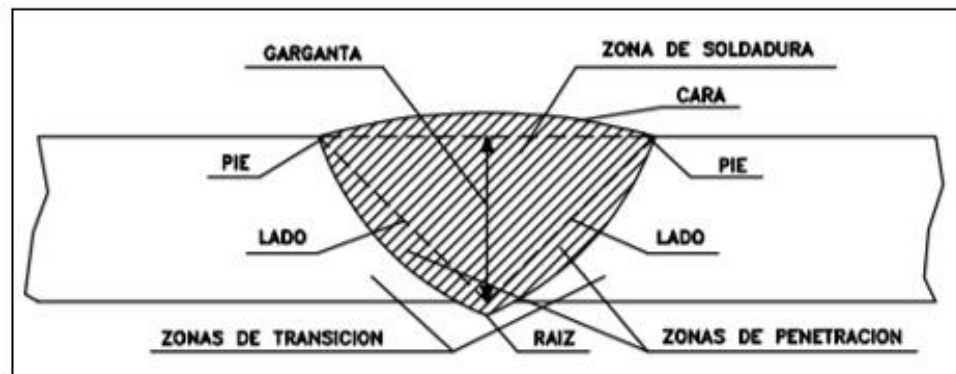
Si se tiene deficiente penetración, se califica de soldadura defectuosa.

- **Zona de cambio:** Es el área que se encuentra cercana al área de penetración.

En esta zona no se produce la fusión de metales, pero si sufre altas temperaturas las cuales provocan tensiones internas.

Figura 28.

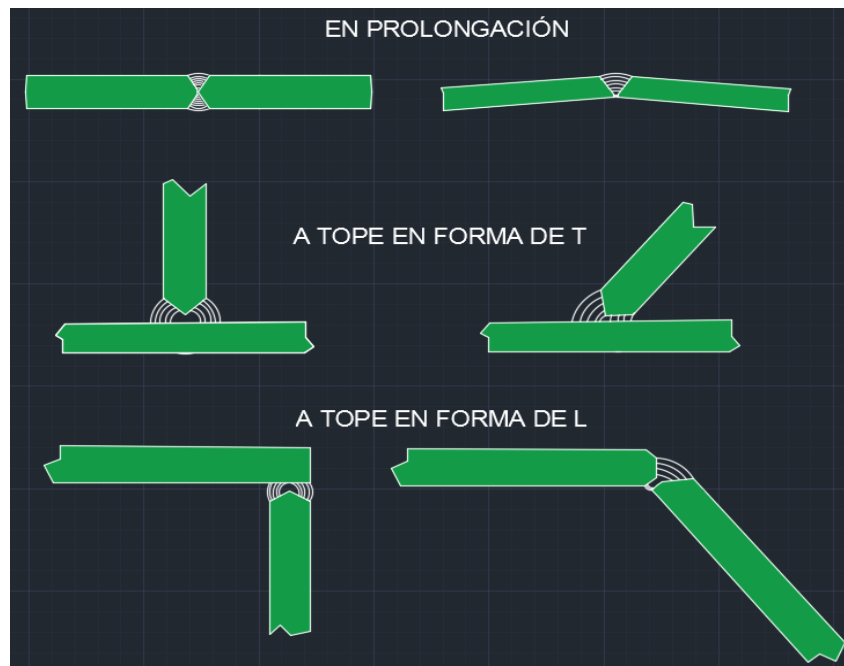
Partes de un cordón de soldadura.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 29.

Soldadura a tope.



Fuente: Elaboración propia.

e) Dimensiones del cordón de soldadura.

Para hallar su eficiencia del cordón de soldadura se tiene que tener en cuenta la longitud y la garganta.

- Garganta: Determinada por la máxima altura que dibuja el triángulo isósceles. Donde sus lados son las dos caras del metal a unir.
- Longitud: Llamada longitud eficaz (l). La longitud real de la soldadura, donde se descuentan los cráteres de los extremos. Se puede tener la relación que la longitud de cada uno de los cráteres son proporcionales a la garganta.

f) Tipos de cordones de soldadura.

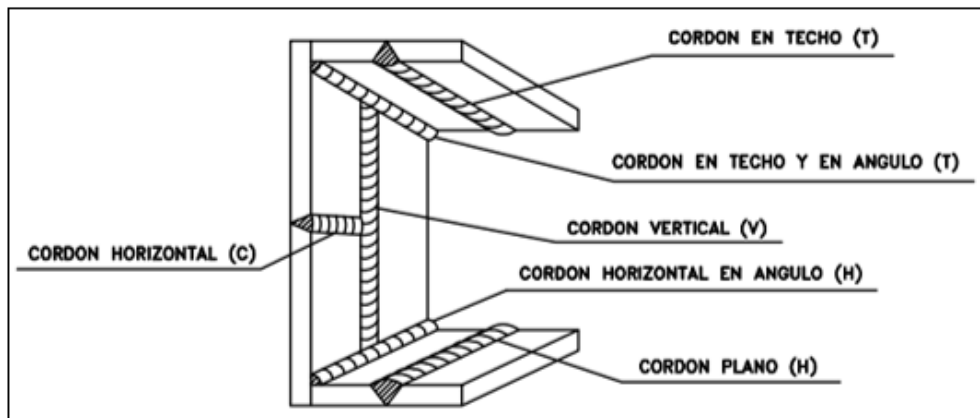
La clasificación de los cordones es por tres tipos de posicionamiento:

$$l_{\text{eficaz}} = l_{\text{geométrica}} - 2.a$$

- De acuerdo a la posición del cordón de soldadura, en concordancia al esfuerzo.

Figura 30.

Clasificación de cordones de soldadura.



Fuente: UCML. España (2018).

Tenemos:

Cordón frontal

Cordón lateral.

Cordón oblicuo.

- De acuerdo a la forma geométrica y posición de los elementos a unir:

Soldaduras a tope y soldaduras de ángulo.

- De acuerdo a la posición del cordón durante la soldadura:

Cordón horizontal, vertical, plano, en techo y en ángulo.

g) Certificación de electrodos.

La elección de los electrodos exige la aprobación, algunos electrodos se encuentran homologados por las casas clasificadoras.

Clasificación de los electrodos de acuerdo a normas AWS

Tenemos las especificaciones generales para la clasificación de los electrodos de acuerdo a la norma AWS:

- **AWS: A5.1/A5.1M-04:** Específico para electrodos revestidos de acero al carbono.
- **AWS: A5.5-96:** Específico para electrodos revestidos de aceros de baja aleación.
- **AWS: A5.4/A5.4M-06:** Específico para electrodos revestidos de aceros al cromo y cromo – níquel, los cuales son resistentes a la corrosión.
- **AWS: A5.2-92:** Específico para varillas de aporte en uso TIG y oxiacetilénico.

El último dígito nos muestra el tipo de revestimiento del electrodo. Para tener una identificación integral se leen los dos dígitos juntos.

En los electrodos de BH el límite de diámetro es de 4mm en la posición de sobre cabeza y vertical. En los demás electrodos la limitante de diámetro es de 4,8 mm.

Tabla 3.

Clasificación AWS de los electrodos.

Clasificación AWS		Revestimiento	Posición a soldar	Corriente o polaridad
A5.1	A5.1M			
E-6010	E-4310	Celulósico clásico.	P, V, SC, H	CCEP
E-6011	E-4311	Celulósico potásico	P, V, SC, H	CA, CCEP
E-6012	E-4312	Butílico sódico	P, V, SC, H	CA, CCEN
E-6013	E-4313	Butílico potásico	P, V, SC, H	CA, CCAP
E-6018	E-4318	Potásico, BH – HP	P, V, SC, H	CA, CCEP
E-6019	E-4319	Óxido de hierro, rutílico	P, V, SC, H	CA, CCAP
E-6020	E-4320	potásico	H	CA, CCEN
		Óxido de hierro	P	CA, CCAP
E-6022	E-4322		P, H	CA, CCEN
E-6027	E.4327	Óxido de hierro	H	CA, CCEN
		Óxido de hierro, HP	P	CA, CCAP
E-7014	E-4914		P, V, SC, H	CA, CCAP
E-7015	E-4915	Rutílico, HP	P, V, SC, H	CCEP
E-7016	E-49-16	Sódico, BH	P, V, SC, H	CA, CCEP
E-7018	E-4918	Potásico, BH	P, V, SC, H	CA, CCEP
E-	E-4918M	Potásico, BH – HP	P, V, SC, H	CCEP
7018M	E-4924	BH – HP	P, H	CA, CCAP
E-7024	E-4927	Rutílico, HP	H	CA, CCEN
E-7027		Óxido de hierro, HP	P	CA, CCAP
	E-4928		P, H	CA, CCEP
E-7028	E-4948	Potásico, BH – HP	P, V-down, SC, H	CA, CCEP
E-7048		Potásico, BH – HP.		

Fuente: Elaboración propia en base a Indura Chile (2017).

Tabla 4.

Designación de electrodos: Norma AWS 5.5-96.

DESIGNACIÓN DE ELECTRODOS DE ACUERDO A NORMA AWS: 5.5-96						
CONFORME AL MAYOR PORCENTAJE DE ALEACIÓN						
Número del sufijo- Electrodos según AWS	% Aleación					
	Mo	Cr	Ni	Mn	V	Cu
A1	0.5	-	-	-	-	-
B1	0.5	0.5	-	-	-	-
B2	0.5	1.25	-	-	-	-
B3	1.0	2.25	-	-	-	-
B4	0.5	2.0	-	-	-	-
B5	1.1	0.5	-	-	-	-
B6	0.5	5.0	-	-	-	-
B7	0.5	7.0	-	-	-	-
B8	1.0	9.0	-	-	-	-
B9	1.0	9.0	-	-	0.20	0.25
C1	-	-	2.5	1.2	-	-
C2	-	-	3.5	1.2	-	-
C3	-	-	1.0	1.2	-	-
C4	-	-	1.5	1.2	-	-
C5	-	-	6.5	0.7	-	-
D1	0.3	-	-	1.5	-	-
D2	0.3	-	-	1.75	-	-
D3	0.5	-	-	1.4	-	-
G*	0.2	0.3	0.5	1.0	0.1	0.2
M	Ver	AWS	A 5.5. – 96	-	-	-
P1	0.5	0.3	1.0	1.2	-	-
W1	-	0.2	0.3	0.5	-	0.4
W2	-	0.6	0.6	0.9	-	0.5

G*: Se requiere un mínimo porcentaje de uno de sus elementos.

Fuente: Elaboración propia en base a Indura Chile (2017).

La clasificación de los electrodos es iguales para los recubiertos de acero de baja aleación y de los de acero al carbono. Se tiene el adicional que a

continuación del cuarto dígito se tiene una letra y un dígito que nos denominan la composición del metal de depósito:

A: Electrodo de acero al carbono-molibdeno.

B: Electrodo cromo molibdeno.

C: Electrodo al níquel.

D: Electrodo al manganeso – molibdeno.

El dígito final se refiere a la composición química.

De acuerdo a la clasificación AWS de la tabla anterior tenemos la siguiente nomenclatura:

HP: Hierro en polvo. CC: Corriente continua EP: Electrodo positivo

BH: Bajo hidrógeno CA: Corriente alterna EN: Electrodo negativo

AP: Ambas polaridades SC: Sobre cabeza

P: Plana

V: Vertical

H: Horizontal

h) Ensayos no destructivos en soldadura (END)

Son ensayos que permiten hallar la integridad de un material mediante técnicas no invasivas, donde se miden de forma cuantitativa las características de un objeto. Los ensayos realizados no modifican en las dimensiones, las propiedades de las piezas y materiales. La soldadura es una operación especial y de cuidado, por lo que tiene que tener un control de

calidad permanente, iniciando desde el diseño hasta la fase final de acabado e inspección del servicio.

Los ensayos e inspección de la calidad del acabado de la soldadura con la aplicación de pruebas no destructivas en acero, titanio y aluminio van a detectar la presencia de grietas, porosidad penetraciones incompletas, inclusiones, posibles discontinuidades y entre otras fallas que puedan aminorar la resistencia de la soldadura.

Figura 31.

Procedimiento de inspección visual de soldadura.



Fuente: IDC. Ingeniería de caminos (2019).

Tipos de ensayos de inspección de soldaduras no destructivos

- **Inspección visual de soldaduras:** Es una prueba PND (Prueba no destructiva) que es más usada. Se aplica esta inspección visual durante todo el proceso operativo, se inicia desde la fase inicial con la recepción del material para determinar la calidad del material y así asegurar la calidad

de las uniones a ser soldadas. La inspección visual es necesaria en la soldadura de sellado de perfiles huecos de acero.

- **Aplicación de Líquidos penetrantes:** Es un ensayo basado en las propiedades físicas de capilaridad. En las uniones soldadas se aplican líquidos de propiedades penetrantes, y luego se le aplica un líquido absorbente (líquido revelador), el cual es de color diferente del líquido penetrante, para así de esta manera, el líquido absorbente absorbe al líquido penetrante, el cual pondrá en evidencia si existen aberturas superficiales.
- **Partículas magnéticas:** Ensayo aplicado a propiedades magnéticas, pruebas realizadas a materiales ferrosos como es el acero. Si en una unión de soldadura se tienen discontinuidades superficiales, este magnetismo forma polos magnéticos, atrayendo materiales sueltos ferromagnéticos. Se usan diminutos trozos de partículas magnéticas, las que detectan la existencia de discontinuidades superficiales y sub superficiales de la pieza metálica.
- **Prueba de Ultrasonido:** Prueba que consiste en la emisión de ondas sonoras por medio de los elementos soldados. El equipo tiene un sensor de conversión de pulsos eléctricos en vibraciones que no son sentidos por el oído humano. Cuando se tiene una imperfección en el soldado, estas vibraciones producen una interrupción de interface lo que se traduce en una imperfección, el cual es identificado y registrado, el cual es visto en un monitor. Este tipo de pruebas son comunes en las soldaduras en acero, en donde el equipo tiene un detector de fallas portátiles y un palpador

angular. Estas pruebas son obligatorias determinadas por las normas y procedimientos en la soldadura.

- **Inspección por rayos X de soldadura:** Procedimiento desarrollado por un trabajo de investigación denominado “Inspección de soldaduras mediante radiografía” realizado por Antonio Carlos Ortiz Martínez. Donde se ejecutó la inspección de operaciones de soldaduras con radiografías, determinando la evaluación de los defectos en el soldado, caracterización y su interpretación radiográfica en soldaduras en materiales metálicos.
- **Termografía:** Es un método que utiliza contraste de temperaturas en la superficie de los elementos soldados, donde se detecta la presencia de defectos o anomalías. Para este procedimiento se utiliza una cámara termográfica con emisión de radiaciones infrarrojas.

i) Soldadura de filete

Soldadura que se emplea en este caso de estudio para cargas ligeras, este tipo de soldadura es más resistente a la tracción y a la compresión.

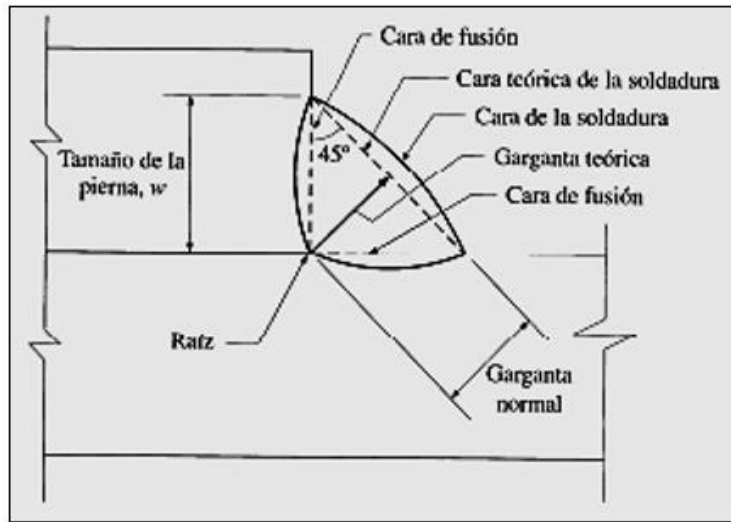
Se basa en la premisa que la sección transversal de la soldadura formará un triángulo rectángulo de

45°.

El tamaño de filete en la soldadura se denomina por w , el cual es la extensión de uno de los dos vértices iguales. Ahora bien, los tamaños generalmente se nombran por incrementos de 1/16 pulgadas.

Figura 32.

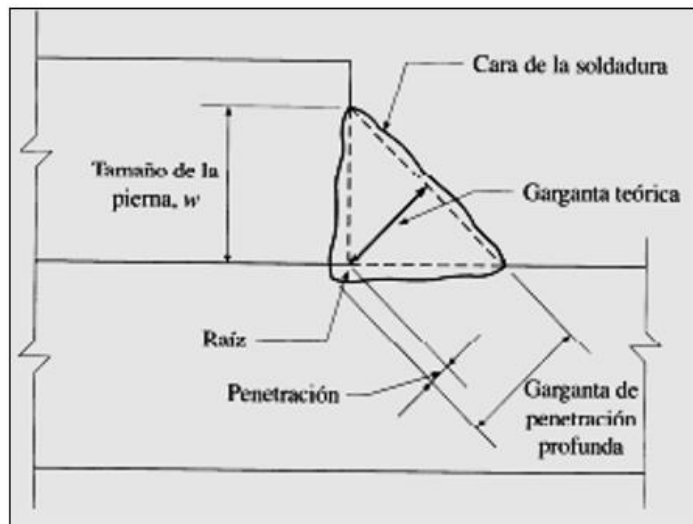
Soldadura de arco metálico protegido (SMAW).



Fuente: Elaboración propia en base a Diseño de conexiones soldadas. Capa V. EPN. (2009).

Figura 33.

Soldadura de arco sumergido (SAW).



Fuente: Elaboración propia en base a Diseño de conexiones soldadas. Capa V. EPN. (2009).

En SMAW, el desfiladero ó garganta es la longitud perpendicular de la raíz de la soldadura ala hipotenusa y tiene un valor igual a 0.707 veces el tamaño de la soldadura.

El espesor efectivo del desfiladero en SAW es igual a la garganta de penetración profunda y que es de igual tamaño de la pierna w .

Según la tabla AISC, J2.4 determina los filetes mínimos aseguibles, los cuales tienen valores entre 1/8 de pulgada para materiales de 1/4 de pulgada de espesor, y de 5/16 de pulgada para materiales con espesores mayores de 3/4 de pulgada.

El minino tamaño práctico en soldadura es de 1/8 de pulgada y en económicamente es de 1/4 de pulgada a 5/16 de pulgada. Aplicando 5/16 de pulgada es la máxima que se realiza en una pasada con SMAW y la de 1/2 pulgada cuando usamos SAW.

Tabla 5.

Dimensiones mínimas en la soldadura de filete.

Tabla AISC J2.4	
Dimensiones mínimas requeridas en la soldadura de filete	
Grosor del material de la parte más delgada unida, pulg. y (mm)	Dimensión mínima de la soldadura de filete (pulg. y mm)
Hasta 1/4" (6mm)	1/8" (3mm)
Mayor de 1/4" (6mm), hasta 1/2" (13mm)	3/16" (5mm)
Mayor de 1/2" (13), hasta 3/4" (19mm)	1/4" (6mm)
Mayor de 3/4" (19mm)	5/16" (8mm)

Fuente: Elaboración propia en base a Diseño de conexiones soldadas. (2009).

Área efectiva en la soldadura de filete

La presencia de cráteres y concentraciones de esfuerzos en la soldadura de filete reflejan que este tipo de soldadura no es del todo efectiva. De acuerdo al AISC J2-2^a, el área efectiva es la longitud efectiva multiplicada por la garganta efectiva:

$$A_w = LE \times GE$$

La garganta efectiva en la soldadura tipo filete debe tener la distancia más corta desde la matriz de la unión y la hipotenusa del triángulo inscrito, se detalla en la figura:

Por lo que se determina que:

$$A_w = 0.707 w L$$

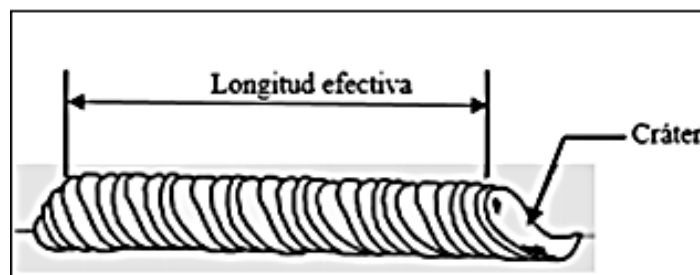
Tenemos que:

A_w = Área efectiva en mm², pulg².

W = Tamaño del filete de soldadura en pulgadas y milímetros.

L = Longitud efectiva del filete de soldadura. Está determinada por el largo total del cordón, inclusive las vueltas en las esquinas, se dan en pulgadas y milímetros.

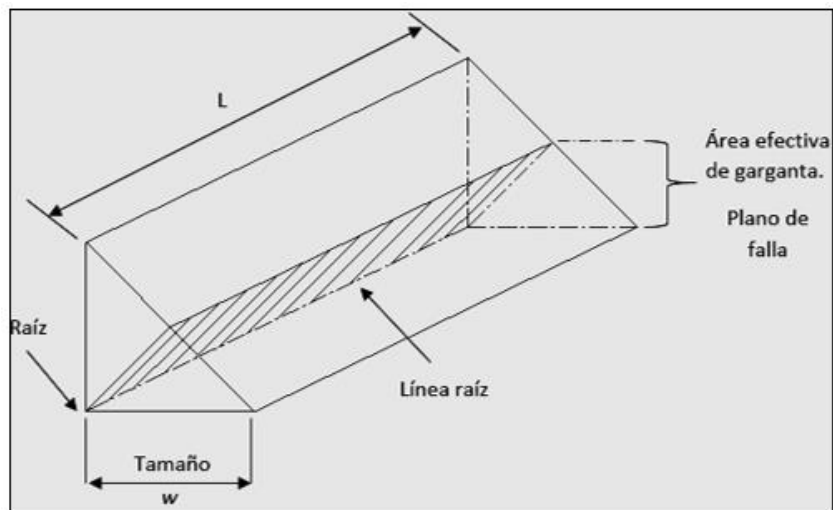
Figura 34.
Longitud efectiva.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 35.

Área longitud efectiva de soldadura de filete.



Fuente: Elaboración propia.

Cuando la soldadura de filete tiene una longitud 100 veces más que w , se trabaja con la longitud actual, en caso contrario donde excede el tamaño de la pierna (w), entonces la longitud efectiva se da por el producto de la longitud actual con el factor de reducción (b). Esta premisa dada por AISC J2-2b.

$$\text{Longitud efectiva} = \text{Longitud actual} \times b$$

Hallamos b , con la siguiente expresión:

$$b = 1.2 - 0.002 (L/w) \leq 1.0$$

Tenemos que:

L = Longitud actual de la soldadura en filete (pulg, o mm).

w = Tamaño de la pierna de soldadura (pulg o mm).

Se tomará el valor de $b = 0.60$, en el caso que la longitud de la soldadura sea mayor a 300 veces el tamaño de la pierna (w).

2.4. Técnicas de Planeación del proyecto.

El cronograma nos enrumba con el curso de acción de las operaciones y procesos, siendo el cronograma el que marca las etapas establecidas en el tiempo, el cual debe estar conjeturada con los objetivos del proyecto, las capacidades del personal para evaluar el rendimiento técnico, los costos y el tiempo.

Para que el cronograma desarrolle lo planeado de forma eficiente es importante tomar en cuenta las necesidades del cliente y el planeamiento por etapas de los procesos operacionales de montaje como son:

- Elaborar el cronograma de actividades
- Plan de aseguramiento de la calidad
- Gestión de compras y contratos
- Plan de manejo ambiental
- Plan de administración de riesgos.

2.4.1. Cronogramas de obra.

El cronograma de obra se representa gráficamente, donde se especifican las actividades a realizar durante toda la ejecución de la obra, también se establece las fechas de inicio y fin, además de considerar las holguras en cada fase.

El cronograma se realiza para evitar retrasos en la ejecución de la obra, además de considerar los tiempos para el presupuesto de obra. Este cronograma se realiza en Project, Excel y primavera.

2.4.1.1 Técnicas de Planificación de obra.

Para realizar la obra se tiene el paso inicial de planificación, donde se realizan tres acciones necesarias:

- a) **Planificación estratégica:** Donde se centra en la misión, visión, los valores a implantar, las estrategias de operaciones y las políticas de la empresa ejecutante.
- b) **Planificación táctica:** ES en donde se desarrolla el plan estratégico de ejecución de obra, donde se toman como guía los objetivos trazados en cada proceso, para cada unidad y operador. Para esto se crea un calendario de ejecución de obra para realizar su control. También se desarrolla el presupuesto de obra cronogramado y finalmente la evaluación final de la obra ejecutada, evaluando los logros.
- c) **Planificación operativa:** En esta planificación se determina le modo de uso de los recursos económicos y financieros, recursos humanos y recursos de materiales, insumos, herrami9entas, maquinaria y equipos. Esta planificación se realiza con el fin de realizar procesos eficientes. La planificación operativa es importante por lo siguiente:
- Visualiza los procesos futuros, donde se detalla las fases de procesos de la construcción.
 - Permite aclarar las operaciones a realizar y el cómo se debe realizar y en qué orden.
 - Permite ver las prioridades de obra para organizar las brigadas de trabajo, determinando la calendarización y puntos de referencia.

2.4.1.2 Técnicas de planificación y programación de obra.

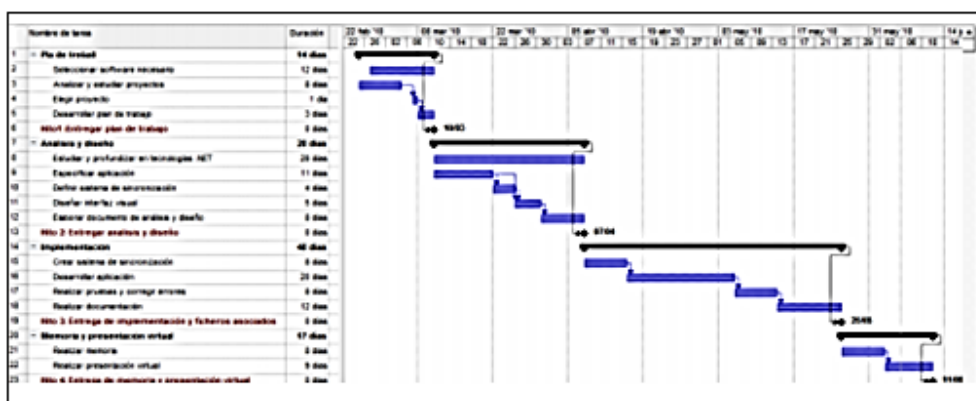
Las técnicas utilizadas en la programación de obra son las siguientes:

a) **Diagrama de barras o método de Gantt:** Se denomina así por su creador Henry L. Gantt. Método donde gráficamente se representan las actividades, en donde la longitud de la barra representa el tiempo que se emplea para esa operación. Esta barra también sirve para graficar el avance real de obra en el tiempo.

Esta técnica funciona como un modelo de planeación y control en un solo gráfico.

Figura 36.

Diagrama de Gantt.



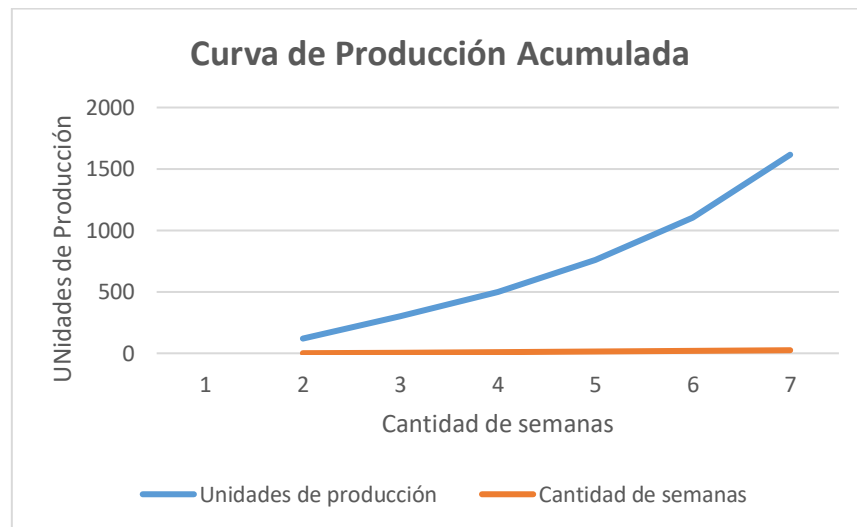
Fuente: Rubio, Iván. Referencias cruzadas con MS Word y Delicious.(2020).

b) **Curvas de producción acumulada:** Es una técnica que nos ayuda hallar el tiempo de avance y la tasa de producción, por lo que se construye la curva de producción, esta curva se construye con cifras de avance acumulado en el tiempo cronogramado y planificado, en donde se conjuncionan las unidades de tiempo en el eje “x” y las

unidades de producción en el eje “y”. En resumen la pendiente de la curva nos determina la cantidad de unidades producidas en un incremento de tiempo.

Figura 37.

Curva de Producción Acumulada.



Fuente: Elaboración propia.

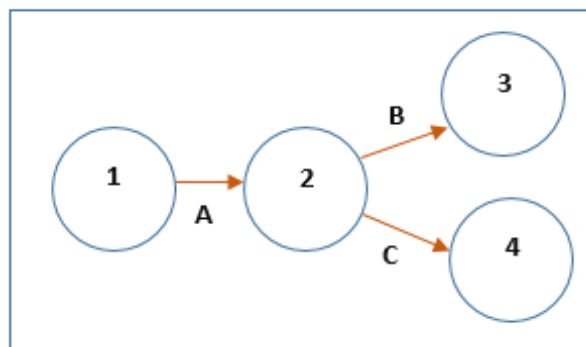
c) Método CPM (Critical Path Method):

Es el denominado método de ruta crítica, el cual contempla diagrama de flechas y las redes de procedencia. Estas dos herramientas nos sirven para hallar la ruta crítica del proyecto en estudio.

Diagrama de flechas: Se construye un diagrama, donde se detallan las actividades del proyecto, la cual tiene una secuencia lógica de procesos a ejecutarse, donde se precisa la interdependencia entre cada actividad. Estas actividades se representan por medio de flechas, y la unión de un actividad con otra se unen con nodos. Para su elaboración de la red, es necesario contemplar las relaciones que

hay entre cada una de las actividades, las cuales son de secuencia y dependencia directa, compartida, de correspondencia y dependencia múltiple y otros de efecto cruzado. En la figura siguiente mostramos un ejemplo de dependencia múltiple. La actividad 1 y 2 son las antecedentes de proceso de los pasos 3 y 4, y las actividades 3 y 4 so son un suceso de las actividades1 y 2:

Figura 38.
Dependencia múltiple



Fuente: Elaboración propia

Red de precedencias: En un proceso de construcción o ensamblaje se tienen actividades que se pueden iniciar antes o durante la ejecución de otra actividad predecesora. “Quiere decir que una actividad puede iniciarse aun cuando la actividad anterior se encuentra en ejecución, ó también de ejecutarse dos actividades simultáneas.

El diagrama de flechas no es explícito en estos casos, para esto se aplican las redes de precedencias, donde los nodos representan las operaciones a realizar y las flechas son vínculos o conectores de las

actividades. En este caso se especifican el tipo de relaciones que existen entre cada actividad.

Los nodos se grafican con rectángulos, donde se indican los TPI, TPT, TRI Y TRT en cada actividad.

Anticipo y mora de actividades: Es un tipo de diagrama explícito, en donde las flechas además de contemplar la secuencia de las actividades, también contemplan los progresos y demoras en el inicio y término de cada actividad.

d) Método PERT (Program Evaluation Review Technique).

Es una técnica validada para proyectos de desarrollo y defensa, la cual es aplicado cuando el cumplimiento de los objetivos no es seguro o ambiguo. La red del tipo Pert se denomina como eventos, en donde las flechas indican direccionalidad de la secuencia de actividades y el tiempo que significa este procedimiento.

Pert también accede a cálculos de probabilidad de la duración de las actividades con 3 posibles espacios de tiempo:

- Duración óptima (d_o)
- Duración media (d_m)
- Duración de mora (d_{p2})

Para hallar la red se toma la media de los 3 valores:

$$T_e = \frac{(d_o) + 4(d_m) + (d_{p2})}{6}$$

Tenemos que T_e es la duración media para desarrollar la red.

2.5. Estructura de Descomposición del Trabajo (EDT).

Es una herramienta que se da por la descomposición en jerarquía del trabajo a realizar. Es una base para planificar el proyecto.

Para desarrollar el EDT, se va de lo genérico hasta lo específico, donde cada nivel es el resultado integrado del siguiente nivel. El EDT fundamenta el alcance del proyecto y no el plan a ejecutar.

Figura 39.

EDT del Proyecto en estudio.

CALCULO Y MONTAJE DEL SISTEMA DE IMPULSION							
Visión del proyecto	Especificaciones Técnicas	Infraestructura	Cálculos y Diseño	Montaje	Pruebas	Administración	Administración del Proyecto
Visión Prodisse	Criterios Específicos	Presupuesto de tuberías	Diseño	Gestión del Proyecto	Plan de Pruebas	Contrato de servicio	Alcance
Requerimientos de Negocio	Normas y procesos	Presupuesto de accesorios	Cálculos Sistema de impulsión	Transporte e izaje	Condiciones de prueba	Finanzas	Plan de Proyecto
Plan de negocio	Metodología	Compra de Tuberías	Planos	Montaje	Reingeniería	Legales	Calendario maestro
Política de calidad	Cronogramas	Compra de Accesorios	Memoria de cálculo	Soldadura	Prueba funcional	Auditoría	
Ingeniería especializada	Presupuesto	Logística de Almacén		Certificación	Prueba Técnica	Certificación	
Cliente satisfecho					Conformidad de obra		

Fuente: Elaboración propia.

2.5.1. Actividades y secuencia del Proyecto.

El proyecto tiene las actividades plasmadas en la figura anterior, las cuales son:

- Fase de gabinete:

Recolección de información del cliente.

Revisión de normativas y especificaciones técnicas.

Presupuesto de obra.

Financiamiento.

Logística: Requerimientos, adquisiciones, gestión de almacenes.

- Fase de ingeniería:

Diseño del sistema de impulsión.

Cálculos de diseño.

Determinación de materiales, accesorios, tuberías, equipos y herramientas.

Cronograma de adquisición de materiales e insumos.

Calendario de ejecución de obra.

Gestión logística y almacenes.

- Fase de Montaje:

Transporte e izaje de tubería, equipos, accesorios, herramientas y personal.

Armado, soldado y pruebas de funcionamiento y certificación normativo de procesos,

Pruebas de vacío y operacional funcional.

Conformidad de obra.

2.5.2. Estimación de recursos y actividades.

La estimación de recursos se determina posterior al diseño y cálculos del sistema de impulsión, costos y recursos detallados en el capítulo siguiente.

La ejecución del proyecto está estimada en 6 semanas.

2.5.3. Técnicas de planificación elaboración de presupuestos.

En la ejecución de obras de corta duración, se aplica el Modelo de Planificación Basado en Construcción Ajustada para Obras de Corta

Duración (Planning Model base don Lean Construction for Short Term Works)

La planificación es una etapa de evaluación ordenada y realizadas por las personas involucradas y comprometidas en la culminación eficiente de la obra. SE toman en consideración el identificar los percances e imprevistos los cuales son. Atrasos de obra, sobre costos, dificultades y complicaciones durante la ejecución de la obra, de las cuales algunos o son reversibles y que van a producir un incremento de costos finales.

La planificación realizada en una reunión de planificación general (RPG), donde participan todos los implicados en toda la fase del proceso constructivo, siendo el fin de uniformizar criterios y objetivos de ejecución, se desarrollan los temas de:

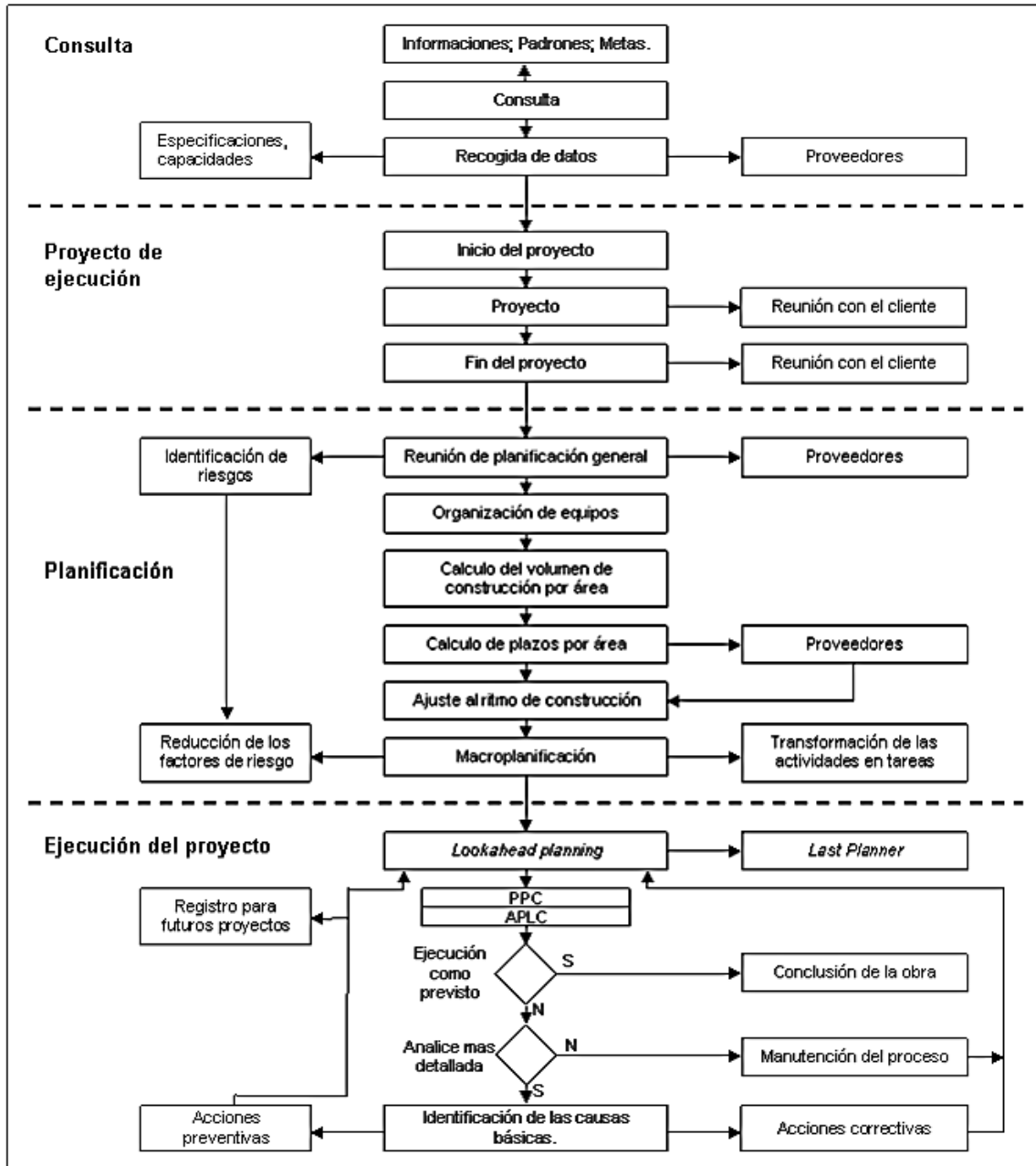
- Especificaciones del proyecto.
- Padrones
- Especificaciones técnicas de elementos, maquinaria equipos, accesorios entre otros.
- Procesos de ejecución y cálculo de costos del proyecto.
- Obtener el compromiso de los proveedores con el cumplimiento de stock y entrega de productos con precios constantes.
- Minimizar los riesgos de suministros equivocados o sin calidad normada.
- Determinación de actividades críticas.
- Pormenorización del proyecto.
- Listado de actividades secuenciales, paralelas o cruzadas.

Una vez obtenido en reunión la fecha de entrega probable de obra al cliente, entonces se procede a elaborar las fases de proceso de operaciones, siendo las premisas:

- ✓ Desarrollar un índice de actividades operacionales.
- ✓ Desarrollar un listado de equipos de trabajo por afinidades de especialidad.
- ✓ Determinar el ritmo de construcción y montaje óptimo.
- ✓ Elaborar la planificación de actividades, resaltando las actividades críticas.
- ✓ Determinación de la rapidez de ejecución de procesos de cada equipo.
- ✓ Determinación y cálculo del avance de líneas de montaje de cada equipo.
- ✓ Determinación de los metros lineales a ejecutarse en cada sección.
- ✓ Determinación de los plazos de construcción den cada sector.
- ✓ Optimización de los equipos.
- ✓ Sincronismo de equipos y ritmo constructivo
- ✓ Control de procesos cronogramados.
- ✓ Inspecciones diarias.

Figura 40.

Diagrama de proceso de Planificación del Proyecto.



Fuente: Cruz, machado, Rosa. Modelo de Planificación en obras de corta duración. Lisboa Portugal (2007).

Para poder realizar el cronograma de adquisiciones y entrega de materiales, equipos y accesorios a tiempo se determinan los plazos en cada etapa del proceso y determinar la capacidad de entrega de los proveedores de materia prima, los cuales se obtienen en la RPG.

2.6. Montaje de Tuberías.

2.6.1. Inspección final del levantamiento topográfico.

Revisar el terreno por donde se instalan las líneas de conducción de agua tratada de acuerdo a las bases técnicas del proyecto como son las cotas, pendientes, aplomes y coordenadas.

Se controló e inspeccionó que la verticalidad sea 1-500 mm, y la nivelación: +/- 2mm.

Para el montaje de tuberías y equipos se procede en las siguientes fases:

a) Listados:

- Equipos,
- Materiales,
- Herramientas
- Equipo de protección personal
- Personal en las operaciones del proyecto
- Cargos y responsabilidades jerárquicas del proyecto: Gerente, coordinador de seguridad, higiene y ambiente, coordinador de QA/QC, inspector SHA, supervisores y capataces, paramédico, chofer de ambulancia, mano de obra especializada, calificada y obreros

b) Descripción de las actividades.

Solicitudes, permisos.

Verificación y suministro de EPP.

Verificación de certificación de grúas y revisión de accesorios de Izajes.

Colocación de cabos guías antes del izado de tuberías.

Instalación de rodillos de lanzamiento de tuberías en Pipe Rack.

Reconocimiento y evaluación de la zona de trabajo.

Herramientas y equipos serán revisados previamente y diariamente antes

del inicio de actividades.

Movimiento e instalación de equipos, herramientas, insumos y demás en los lugares de trabajo.

c) Pasos en el montaje e instalación de tuberías:

Paso 1: Instalación y asegurado del rodillo en cada pórtico acorde al diámetro, utilizando elevador tipo Man Lift.

Paso 2: Colocación de bandas de protección en las zonas donde la tubería tiene contacto con los elementos de izaje por donde se deslizará la tubería, con el fin de no dañar el revestimiento de los mismos.

Paso 3: Se ubica la grúa en el pórtico, donde se empieza con la instalación de tuberías de acuerdo al orden y programación. Al introducir los tubos de 6 metros de longitud.

Paso 4: Cuando se tiene en descanso el tubo de 6 metros en los dos primeros polines se asegura el extremo de la tubería que está en el Pipe Rack con un tirfor ó faja más grillete contra la viga del Pipe Rack, se desajusta la eslinga y el operador de Man Lift cambiará la posición del atado de la tubería y se desliza la tubería con el tirford ó guinche eléctrico. Seguidamente se saca la eslinga y manualmente se posiciona le tubo en lugar definitivo o de unión por soldadura en donde se encontrará una plataforma de andamios.

d) Instalación de tuberías y spool a lo largo de la línea de conducción.

- Para la instalación, tenemos previamente todos los materiales y accesorios (tuberías, bridas, accesorios, espárragos, pernos, empaques, cintas aislantes, anillos de refuerzo, electrodos) conforme a las especificaciones técnicas requeridas, los equipos, herramientas y

medios para el montaje de tuberías.

- Para proceder al montaje, se verifica que todos los spool adquiridos de los proveedores de prefabricación, deben estar liberados por QA/QC.
- Inspección y análisis de los planos de diseño del montaje de las líneas de conducción, evaluar las condiciones de trabajo, si existen interferencias, modificaciones a aplicar, verificar si los espacios determinados son los adecuados para las tuberías y accesorios a instalar, de igual modo, las áreas suficientes para el desempeño de maquinaria y equipo en el montaje e instalación. En casos de haber condiciones que no permita iniciar las actividades, son comunicadas al cliente.
- Topográficamente se ubica las posiciones y/o coordenadas de instalación y se identifican los equipos y materiales con sus códigos generados en donde se conectan las tuberías. Procesos para facilitar las operaciones de instalación.
- La zona de montaje tiene que estar libre y despejada y con iluminación para trabajos de tarde y nocturnos, con pasillos y áreas de acceso garantizadas para una buena ejecución del trabajo.
- Los extremos de las tuberías y/o spool son protegidas en sus extremos o accesos internos, para evitar corrosión o introducción de partículas internas en los procesos de transporte, almacenamiento e instalación. Se procedieron con tapones de madera, plásticos y sintéticos. Las caras de las bridas también son protegidas con elementos adecuados.

e) Requisitos previos.

- Realizar los diagramas de los tramos de trabajo de instalación.
- Las tuberías serán limpiadas antes de realizar las labores de colocación, esto en cada tramo de instalación.
- La manipulación de las tuberías se hacen con sumo cuidado, evitando, flexiones, aplastamientos, rayados, entre otros. La tubería no puede ser arrastrada, ya que causa rasguñaduras, de igual modo los tapones y protectores de transporte solo deberán ser aperturadas en el momento de instalación.
- Antes de la instalación se realiza la inspección ocular de tuberías y accesorios para detectar daños de las tuberías y accesorios, donde se descartar y reemplaza los elementos que superen los límites tolerantes de las especificaciones técnicas. En caso de trabajar con parte de la tubería, esta debe ser cortada y liberada de impurezas.

f) Montaje.

- Verificación de ausencia de interferencias con otras líneas de tubos, equipos o maquinarias, esto antes de la fijación de soportes.
- Los soportes iniciales, ubicados antes de la tubería se inspeccionan y/o corrigen respecto a su dirección, ubicación, nivel, entre otros, de acuerdo a los planos o indicaciones del cliente.
- Soportería temporal de apoyo.
- Para detener las tuberías y accesorios alineados, se tienen que fijar en la posición deseada para la operación de soldadura, con el uso de puntos de soldadura, acoples provisionales.

- Si se realizan puntos de soldadura para la fijación, se eliminan posteriormente o se incorporan a la soldadura.
- En las tuberías, se alinean por diámetros interiores, teniendo en cuenta las tolerancias de diámetros y espesores indicadas por las especificaciones técnicas de los fabricante:
 - Si el desalineado es menor a 1.6 mm, es posible soldar sin modificaciones de las uniones.
 - Si el desalineado es mayor a 1.6 mm se reduce la superficie interior de la sección más gruesa.
- Las tuberías que exceden las tolerancias permitidas, no se soldarán y menos prepararlos hasta reemplazarlos.
- En las uniones bridadas, el acople debe ser perfecto, en especial en el alineamiento de los agujeros de pernos. En caso de que las bridas son de material distinto a la tubería, entonces se pone aislantes entre ellos para evitar la corrosión. Antes del ajuste de pernos con las bridas, se debe revisar las caras de las bridas, cuidando que no tengan daños en la superficie, suciedad, corrosión o películas de grasas o aceites.
- En el ajuste de pernos se debe seguir el protocolo de secuencia de ajuste, para obtener una adecuada compresión de las empaquetaduras.
- Todos los accesorios y válvulas son estructuradas de acuerdo a los planos y especificaciones de los fabricantes de los elementos.
- Revisión de válvulas en cuanto a limpieza y funcionamiento.
- Cuando ya se tiene la posición y ubicación correcta de las tuberías y spool de acuerdo a coordenadas y planos; se hace la verificación de las mismas.

- En el caso de las conexiones bridadas, se revisan los accesorios a usar (filtros, válvulas, empaquetaduras, etc.), como es el sentido de flujo, verificar el apriete adecuado y que los pernos y espárragos sean los indicados en el isométrico.
- Luego de la instalación y soldeo de las líneas de conducción, se realiza las verificaciones, en caso de errores, se realizan las correcciones.

g) Actividades posteriores:

- Limpieza y habilitación de toda la zona trabajada.
- Desmontar y evacuar todos los materiales, herramientas y equipos de la zona.
- Inspecciones del funcionamiento de la línea instalada y su aprobación.
- Evaluación del impacto ambiental en el proceso realizado.
- Cercar y delimitar con cinta roja.
- Labores de limpieza diaria de la zona de operaciones. Desde el inicio hasta el final de la jornada.

2.6.2. Instalación de Soportería.

Los soportes que se aplicaron se determinaron bajo parámetros de distancias máximas de acuerdo a la tabla siguiente:

Tabla 6.

Equidistancia de soportería de tuberías.

Diámetro (pulgadas)	Equidistancia de soportes en tramos verticales (metros)	Equidistancia de soportes en tramos horizontales (metros)
4"	4.50	4.00
5"	4.50	4.00
6"	4.50	4.00

Fuente: Elaboración propia en base a Aguilera Blanco (2011).

Tabla 7.

Dimensiones de la abrazadera U-Bolt.

Tuberías Ø pulgadas	4"	6"
Tubería;		
Øe mm	114	168
COD.		
Ø	5	6
Ø	5	2
Carga máxima a:	1220	1960
340°C (kgf) (a)		
Dimensiones:		
A (pulg.)	½	5/8
B (mm)	118	173
C (mm)	131	189
D (mm)	114	155
E (mm)	76	95
F (mm)	57	71
Peso (kgf) (b)	0.40	0.87

Fuente: Elaboración propia en base a ITECO S.R.L. Abrazaderas. (2018).

Se utilizó abrazaderas standard U-Bolt:

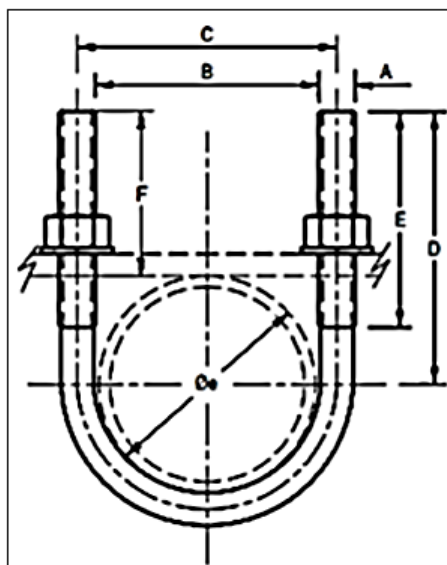
- Tamaño: Para tuberías de 4" y 6"
- Material. Acero al carbono.
- Acabado: Cincado electrolítico azul.
- Temperatura máxima: 400°C
- Normas: Asume norma MSS-SP-58 y MSS-SP-69.
- Accesorios utilizados: Arandelas grower, tuercas.
- Las cargas máximas aceptables se hallaron conforme al código ANSI, con rosca tipo withworth conforme al diámetro detallado en la tabla 9.

En la tabla VI, (a) son los valores asignados para el acero al carbono y (2) es el peso de una abrazadera con 2 tuercas y dos volandas planas.

Los soportes se anclan en una losa de concreto, siendo el anclaje químico, trabajándose con el ET 22 – HP 22 por tener un secado máximo de 24 horas y una buena resistencia.

Figura 41.

Abrazadera standard U-Bolt.



Fuente: Elaboración propia en base a ITECO S.R.L. Abrazaderas. (2018).

Los u-bolts se posicionan en las estructuras con tiras de jebes de 2 pulgadas de ancho y 1/8" de espesor y de longitud de arco del u-bolts usado, con el finde proteger el contacto entre la tubería y el u-bolt.

2.6.3. Verificación de niveles topográficos.

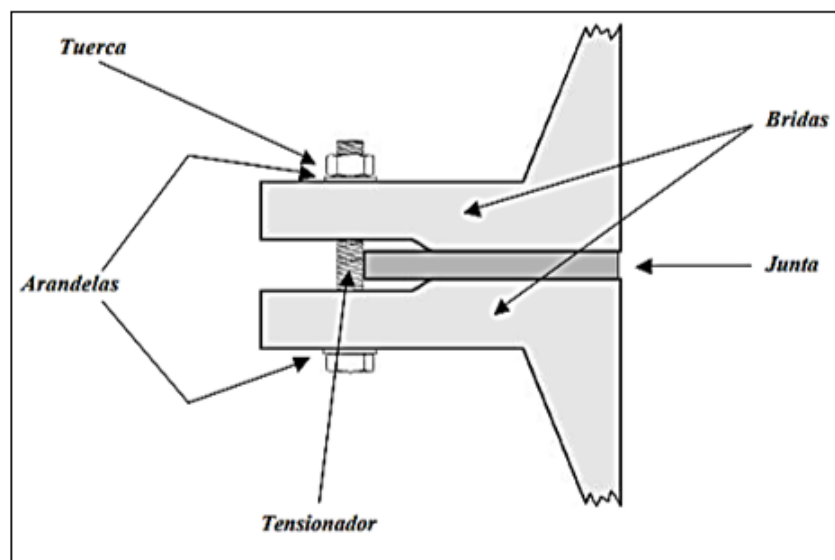
Para esto definimos la altura geodésica que es la diferencia de altura del nivel del fluido en el tanque de salida y el nivel más elevado del fluido en la tubería o tanque de recepción. Además de verificar esta altura se tiene que verificar que el suelo se encuentre nivelado sin desniveles irregulares.

2.6.4. Cálculo y selección de pernos para uniones bridadas

En las uniones de bridas y válvulas se tienen pernos de sujeción, las uniones de tuberías se tiene espárragos. Los pernos tienen la fabricación de diversos materiales:

Figura 42.

Componentes de las uniones bridadas



Fuente: ESA. Juntas y bridas. U.S.A. (2000).

Pernos de anclaje: Aquellos que se utilizan para fijar vigas o en el caso del proyecto para la fijación de las bases de anclaje de los soportes de tuberías.

Dimensiones de bridas, número de pernos, dimensiones de pernos:

Brida de ¾”.

Tabla 8.

Dimensiones de bridas 150-300 600 LB 16.5-1961 (1).

Dimensiones para brida de ¾” (20 mm)	A		B		C	
	Paso de la válvula o accesorio		Diámetro de brida		Grosor de brida Acoples	
150 LBB 16.5 - 1961	¾”	20 mm	3 1/8”	98.5 mm	1/2”	13 mm
300 LBB16.5 – 1961	¾”	20 mm	4 5/8”	117.5mm	5/8”	16 mm
600 LB B 16.5 -1961	¾”	20 mm	4 5/8”	117.5mm	5/8”	16 mm

Fuente: Elaboración propia en base a CASAVAL S.A.

Tabla 9.

Dimensiones de bridas 150-300 600 LB 16.5 1961 (2).

Dimensiones para brida de ¾” (20 mm)	E		D		Tornillos/espárragos/studs		
	Ø del resalte		Ø del círculo del agujero		Nº	Ø	
150 LBB 16.5 - 1961	1 11/16	43mm	2 3/4”	70.0 mm	4	1/2”	13mm
300 LBB16.5 – 1961	1 11/16	43mm	3 1/4”	82.5 mm	4	5/8”	16mm
600 LB B 16.5 -1961	1 11/16	43mm	3 1/4”	82.5 mm	4	5/8”	16 mm

Fuente: Elaboración propia en base a CASAVAL S.A.

Tabla 10.

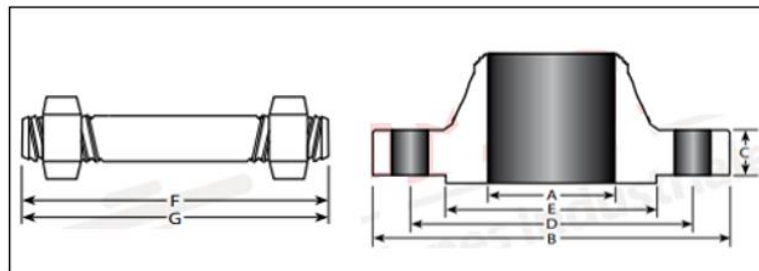
Dimensiones de bridas 150-300 600 LB 16.5 1961 (3).

Dimensiones para brida de ¾" (20 mm)	F		G	
	Pulg.	mm	Pulg.	mm
150 LB B 16.5 - 1961	2 ¼"	57.5	2"	51.0
300 LB B 16.5 – 1961	2 ¾"	70.0	2 ½"	63.5
600 LB B 16.5 -1961	3 ½"	89.0	3 ¼"	82,5

Fuente: Elaboración propia en base a CASAVAL S.A

Figura 43.

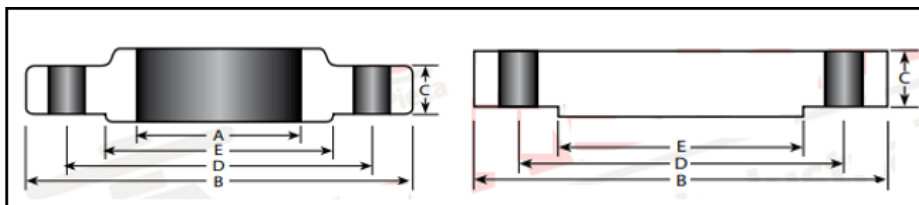
Disposición de bridas y pernos (1).



Fuente: Elaboración propia en base a CASAVAL S.A

Figura 44.

Disposición de bridas y pernos (2).



Fuente: Elaboración propia en base a CASAVAL S.A

2.7. Pruebas hidrostáticas.

Este criterio es aplicado en las líneas de conducción, tanques de almacenamiento.

Estas pruebas aportan a corroborar que la línea de conducción o el tanque construido es de estructura íntegra y la hermeticidad de los equipos y accesorios,

así como las líneas de tuberías.

Para esta prueba se aplica una determinada presión a la línea de tuberías y accesorios antes de iniciar el proceso, para verificar la hermeticidad de los accesorios, en especial de las uniones bridadas y las soldaduras, aplicando presión de agua.

Equipos y herramientas para las pruebas.

Tabla 11.

Materiales y equipos para pruebas hidrostáticas.

Cantidad	Características
01-02	Bombas centrífugas hidráulicas.
01	Manómetro con glicerina, conectado en la zona inferior NPT, rango 0-10000 PSI.
01	Manómetro stand by con glicerina, conectado en la zona inferior NPT, rango 0-10000 PSI.
01	Termómetro infrarrojo.
Var.	05 válvulas de bola, medida ¾” PN25. Presión de trabajo: 362 PSI de -10°C a 100 °C. Presión crítica 150 PSI a 186°C
Var.	Válvula check a 45°
Var.	Tubos SCH 40, 80
Var.	Accesorios, tipo T, codos, unión simple acerado negro de clase 150.
Var.	Manguera hidráulica con terminales prensados.
Var.	Accesorios busshing para el acople de instrumentos de medición.
Var.	Tapones machos como acople de toma auxiliar.
Var.	Tapones de purga tipo cuello de ganso.
Var.	Accesorios y conectores varios.

Fuente: Elaboración propia en base a CEL-CAP15021-1802074-PR-046 en las obras electromecánicas.

De acuerdo a al procedimiento seguro y el control de calidad específico en pruebas hidrostáticas en tuberías de planta. Código de documento. CEL-CAP15021-

1802074-PR-046 EN LAS OBRAS ELECTROMECHANICAS, es que el proyecto se rige al documento:

2.8. Recubrimiento del sistema de impulsión.

Para garantizar la vida útil del sistema instalado o prolongarla, es necesario recubrir las superficies externas con pinturas con buen acabado para repeler condiciones medioambientales adversas para la tubería y accesorios tales como: Humedad, presencia de organismos microbiológicos, intemperie, entre otros.

2.8.1. Equipos.

Las máquinas y equipos empleadas en el recubrimiento de tuberías ya accesorios son los detallados en la tabla 12:

Tabla 12.

Equipos para el recubrimiento de tuberías y accesorios.

Cantidad	Características
01	Maquinaria y equipo Airless Graco.
01	Medidor galleta de película húmeda.
01	Medidor de película seca.
01	Medidor del grado de rugosidad: Press-o-film.
01	Psicrómetro modelo bacharach.
01	Termómetro de superficies sólidas.
01	Traccionador hidráulico, para pruebas de adherencia de pinturas.

Fuente: Elaboración propia en base a CELICON Ingenieros. (2012).

2.8.2. Materiales e insumos

Los materiales utilizados son los que se detallan en la tabla XIII:

Tabla 13.

Equipos para el recubrimiento de tubería y accesorios.

Características
Pintura epóxica.
Disolvente para pintura epóxica.
Telas de secado industrial.
Lijar N° 80, 100, 120
Guantes de jebe

Fuente: Elaboración propia en base a CELICON Ingenieros. (2012).

2.8.3. Fases del proceso de recubrimiento de tuberías y accesorios.

a) Limpieza: Como primer paso es la limpieza de las superficies a ser recubiertas con pintura, donde se tiene que eliminar polvo, grasa, materiales inertes, imperfecciones. La limpieza va a asegurar que la pintura se adhiera firmemente a la pieza de acero y el recubrimiento. La limpieza se realizó con el procedimiento SSPC-SP10, donde se procedió a la limpieza de granallado y arenado a metal blanco.

b) Preparación de la tubería: Antes de realizar el pintado es mejor preparar las superficies de la tubería con adherentes, anticorrosivos o zincromatos. Para el caso de tuberías enterradas, la limpieza se realiza de acuerdo a la norma SSPC-5 para tuberías enterradas.

Se realiza la limpieza con chorros de arena seca, el cual debe tener un perfil de anclaje mayor de 2 milésimas de pulgada.

Luego de ejecutar las operaciones de limpieza y preparación de las superficies interiores y exteriores del tubo, se realiza el limpiado de los residuos de arena y otros con aire a alta presión.

Cabe señalar que una vez realizada la preparación de la tubería,, el revestido debe hacerse máximo dentro de las 4 horas, en caso de ser mas de este período se repetirá wel proceso de limpieza y preparación de la tubería.

c) **Determinación del acabado:** Podemos dividirlo en dos formas de acabado de pintura:

✓ **Acabado electrolítico:** Es un recubrimiento con partículas metálicas que en su composición son altamente reststentes a la corrosión (cromo,zinc, etc.). la capa de electrolitos es aplicada sobre la pieza de acero.

✓ **Acabado de pintura:** Tenemos varios tipos de pinturas las cuales cumplen funciones específicas en cada función del elemento pintado:

Epóxica: Pintura que es usada para recubrimientos de interiores y exteriores, pintura que es de alta protección y buen acabado. Tiene muy buena adherencia en las superficies, además de proveer resistencia a la corrosión y la la humedad.

Acrílica: Es una pintura resistente a la humedad, el secado de esta pintura es rápido. Tiene las modalidades de ser pintura mate o satinado.

Esmalte: Es una pintura que ofrece elevada flexibilidad y buena adherencia a las superficies. Ofrece resistencia a ambientes áridos o secos, asi como a ambientes de alta humedad pero sin salinidad. Pintura que conserva bien el color y brillo.

Poliuretano: Pintura que tiene flexibilidad, brinda buen acabado y brillo. Ofrece buen comportamiento ante los cambios de temperatura y es altamente resistente a la intemperie.

d) Sugerencias de aplicabilidad

- ✓ LAF: Para este tipo de tubos se aplican pinturas esmaltadas y acrílicas.
- ✓ LAC: Se aplican pinturas de poliuretano y epóxicas.
- ✓ LAC Galvanizado: En este tipo de material se usa Wash Primer, el cual mejorará la adherencia. También el uso de pinturas esmalte y acrílicas.

2.8.4. Procedimientos en limpieza y pintura de tuberías

- **Sandblasting:** Denominado comúnmente como el arenado, donde se prepara la superficie con chorros de arena a alta velocidad, con este procedimiento obtenemos superficie con rugosidad, el cual va a proporcionar un perfil de anclaje de la pintura para un adherido eficiente.
- **SSPC-SP10:** Limpieza con chorro al metal casi blanco (NACE N°2). Limpieza al 95% en cada pieza, donde se tiene limpieza de residuos visibles.
- **SSPC – SP5:** Es la limpieza de la superficie con un chorro al metal blanco (NACE N° 01). Producto que va a permitir obtener una superficie liberada de aceites, grasas, partículas contaminantes, óxidos, corrosión, entre otros.
- **SSPC – SP6:** Limpieza con chorro gris comercial (NACE N° 3). El cual libera de suciedad, costras del soldado y otras materias extrañas.
- **SSPC – SP2:** Limpieza manual (Brush – Off) (NACE N° 4). La superficie liberada de residuos grasos, costras de óxido, herrumbre, así como pinturas sueltas, pero no elimina cascarillas, herrumbre y pinturas finamente adheridas.

- **SSPC-SP3:** Limpieza que se hace con equipos eléctricos o neumáticos, donde se saca las laminas de herrumbre, pintura y otros materiales extraños.

En tuberías aéreas se necesita la limpieza SPCC-SP10.

En tuberías enterradas la limpieza es:

- Tipo SP5 con un perfil de anclaje de 1.5 a 3 mils.
- Base inorgánica de zinc DFT: 3-5 a 4 mils
- Acabado epóxico Coal tar DFT: 10 a 12 mils

2.8.5. Prueba de adherencia de pintura en tubería.

Las pruebas se realizan de acuerdo a los lineamientos de ASTM-D-3359 “Measuring Adhesion by Tape test”. Esta prueba se hace después del secado total de la pintura adherida a la tubería. El criterio aceptable es de 500 PSI 35,23 kg/cm². Las muestras de los ensayos se realizan: En áreas menores a 100 m² se realizan 3 ensayos y en áreas mayores se realiza 1 ensayo por cada 100 m² adicionales.

2.8.6. Esquema de colores de pintado.

Las tuberías se identifican con carteles con denominación del contenido completo del sistema o su abreviatura, con flechas indicadoras del sentido del flujo.

Si la tubería tiene una longitud mayor a 3 metros, la tubería se pinta solo un tramo de 2 metros, este pintado se realiza en la zona ubicada antes de la válvula o a la entrada de una caja. El pintado se realizó de acuerdo a la siguiente tabla:

Tabla 14.

Colores de pintado de identificación.

SISTEMA	COLOR	“RAL
HT-WATER	VERDE	6018
LT-WATER	VERDE	6010
LUBE OIL	MARRON	8001
GAS NATURAL	NARANJA	2010

Fuente: PAVCO. (2018).

2.8.7. Selección del sistema de pintura exterior y cálculo de pintura.

Para lograr la mejor protección de las tuberías es necesario el recubrimiento, la elección del recubrimiento se determina por las condiciones de ataque o intemperismo de las tuberías y accesorios se encuentren expuestas.

Tipos de recubrimiento:

- Polímeros.
- Metálicos
- No metálicos

Los polímeros son de procedencia sintética, tienen una buena resistencia mecánica ya que sus cadenas poliméricas se atraen. El grado de atracción intermolecular del compuesto se va a determinar por su composición química, las cuales son de diversas clases:

- Polímeros naturales o sintéticos.
- Por su mecanismos de polimerización por condensación o adición.
- Por sus aplicaciones: Recubrimiento, adhesivos y elastómeros.

2.8.7.1 Recubrimiento con polímeros orgánicos.

Polímeros de origen natural o sintético, aplicados en forma líquida que se endurecen en forma de película delgada en el material a recubrir.

Este tipo de pintura es el más adecuado por sus ventajas económicas y técnicas, son pinturas empleadas en la industria y la construcción.

Este polímero está compuesto por sólidos con partículas finas y disueltas en un fluido aglutinante la cual es la formadora de la película de recubrimiento, ésta se encuentra dispuestas en un solvente, que se le introducen aditivos y plastificantes.

Propiedades de la pintura protectora:

- Resistencia hídrica y baja absorción.
- Aguante al traspaso de vapor de agua.
- Repelencia a la intromisión de iones de cloruro, sulfato, carbonato, etc. Que son los que inician y crean la corrosión.
- Aguante a la intemperie.
- Resistencia a la abrasión: Las tuberías se encuentran expuestas a l procesos de abrasión causados por el desplazamiento de equipos, accesorios, entre otros.

Clasificación de las pinturas:

- a) **Convencionales:** Son de baja viscosidad, por lo que son susceptibles a la sedimentación del pigmento en el envase, penetración buena por su baja viscosidad, ofrecen espesores de película seca que van desde 20 a 25 μm con brocha y rodillo, se tiene de 12 a 15 μm con pistola de aire presurizada.

- b) **Tixotrópicas:** Pinturas altamente viscosas, presentan demoras en la absorción de la pintura por la superficie de recubrimiento.
- c) **Brillo de la película:** Es una propiedad necesaria en las pinturas de exterior, ya que facilita la limpieza, menor adhesión de polvos u otros objetos extraños por la poca rugosidad de la superficie recubierta.

2.8.8. Proceso de recubrimiento.

- a) **Selección del material base:** SE determina materiales que sean anticorrosivos y resistentes a la utilidad que se le provee, para esto se usan aceros, cerámicos o HDPE.

- b) **Acondicionamiento de la superficie a pintar:**

Limpieza: Retirar las impurezas tales como huellas de manipulación, residuos de cortes o modificaciones, soldaduras, polvo, el aceite de protección de las tuberías, óxido, entre otros. Para esto se hace un proceso de desengrase y desoxidación.

En los trabajos industriales se exigen el cumplimiento de la normativa internacional establecidas por la NACE (Asociación Americana de Ingenieros de la Corrosión) en inglés National Association Corrosion Engineers, es una norma estadounidense. La norma BS 4232 (British Standards Institution, que es una norma británica), SIS 055900 (Swedish Standards Institution, norma sueca) y SSPC (Steel Structures Painting Council, norma estadounidense).

La limpieza se puede realizar con tratamientos químicos por aspersión o inmersión, aplicando disolventes orgánicos clorados, soluciones alcaloides, glicerinas y detergentes que eliminaran polvo, otras pinturas, lacas y grasas.

c) Perfil de rugosidad

La rugosidad nos proporciona un mejor anclaje de la pintura en la superficie, resistencia a la corrosión, mejor adherencia de la pintura, genera micro poros que mejora la adherencia mecánica del pintado.

d) Capas de pinturas

Va a depender del trabajo y propósito:

- El material a recubrir.
- Calidad de pintura a usar.

La aplicación de pintura es del mismo tipo y fabricante para no tener problemas de incompatibilidades de composición de pinturas.

e) Condiciones de pintado:

- No realizar el recubrimiento si las temperaturas son $<5^{\circ}\text{C}$ o $>50^{\circ}\text{C}$.
- Las pinturas epóxicas: No aplicar si: la temperatura es $<5^{\circ}\text{C}$ o $>$ a 35°C .
- No aplicar con lluvia, granizo, vientos de polvo, entre otros.
- Pinturas de aluminio para altas temperaturas no se aplican si la humedad relativa es mayor a 85%.
- El pintado se realizara inmediatamente aplicado el imprimante ó en el peor de los casos antes de las 8 horas.

- La siguiente capa de pintura se aplicará cuando la capa anterior se encuentre completamente seca.
- La capa aplicada no debe contener porosidades, ampollas o otras irregularidades, las cuales deben ser corregidas antes de aplicar la segunda capa.

f) Formas de aplicación de la pintura.

La aplicación de la pintura, ya sea con pistola de aire, brocha o rodillo se tomarse en cuenta los siguientes preceptos:

Tabla 15.

Formas de aplicación de pintura.

Forma aplicada	Imprimante	Capas intermedias	Capa de acabado	Pintura de gran viscosidad
Pistola común (atomizado x aire)	No	Sí	Sí	No
Pistola sin aire (Airless)	No	Sí	Sí	No
Pistola en caliente	No	Sí	Sí	No
Atomización con pistola a alta presión	No	No	No	Sí
Brocha	Sí	Sí	Sí	No
Rodillo	No	Sí	Sí	No
Espátula				Sí

Fuente: Elaboración propia en base a Universidad Tecnológica de Pereira. (2015).

2.8.9. Clasificación de recubrimientos.

Los tipos de pinturas los podemos clasificar por el tipo de resina que lo compone, en el presente trabajo se aplicó pintura epóxica.

Tabla 16.

Tipos de pinturas de acuerdo al tipo de resinas

Por el tipo de resina	Por el uso	Por el tipo de pigmento
Alquidalicos	Domésticos	Primarios
Oleoresinas	Industriales	Acabados
Ester epoxi	Marinas	Primarios(/Acabado
Epóxicos	Automotrices	Enlace
Poliuretanos	Etc.	
Polisiloxanos		
Vinílicos		
Acrílicos		
En base a zinc		

Fuente: Elaboración propia en base a Universidad Tecnológica de Pereira. (2015).

2.8.10. Procedimiento de aplicación de pintura.

En los pintados de recubrimientos orgánicos líquidos se aplican varias capas sucesivas para poder tener un buen resultado en el recubrimiento.

Los métodos de aplicación son con brochas y rodillos, por aspersión por aire a presión, por inmersión y recubrimiento por flujo.

Tabla 17.

Recubrimientos de pintura.

N°	Clase de material polimérico	Propiedades de la aplicación	Tipos de materiales a aplicar
1	Acrilonitrilo – butadieno – Estireno (ABS)	Resistente y tenaz, resistente a la distorsión térmica, inflamable y soluble en disolventes orgánicos,	Protección en los interiores de frigoríficos.

		excelentes características eléctricas.	
2	Fluorocarbonos (PTFE ó TFE)	Buenas propiedades eléctricas, químicamente inertes, coeficientes de fricción inferiores, aplicable hasta 260°C.	Coberturas antiadherentes. Aislante anticorrosivo.
3	Nilones	Alta resistencia mecánica, a la abrasión y tenacidad, bajo coeficiente de fricción, poco absorbente de agua y otros líquidos.	Recubrimiento de cables, alambres y tensores.
4	Vinilos	Aplicable a todos los campos, ese económico, son rígidos, pero con aditivos plásticos se flexibiliza térmicamente.	Pintura de suelos, tuberías, recubrimiento de aislantes de hilos eléctricos.
5	Epoxis	Resistente a la corrosión, es estable, excelente adherencia y buen precio de compra.	Recubrimientos protectores.

Fuente: Elaboración propia en base a Metalografía – Universidad Tecnológica de Pereira, Colombia (2015).

2.9. Seguridad y Protección del Medio Ambiente en Obra.

La ejecución del proyecto se rige al Reglamento de Seguridad e Higiene Minera aprobado mediante DS N°024-2016-EM y normas complementarias al igual que el Reglamento Interno para Contratistas de SMCV, Estándares de Seguridad de SMCV, Manual para la gestión de seguridad y salud ocupacional de empresas contratistas de SMCV y el Reglamento y Normas Básicas de Seguridad e Higiene en Obras de Edificación (R.S. N.º 021-83-TR).

La empresa Contratista cuenta con su propio Plan de Seguridad para el personal para la ejecución del proyecto. Tanto en la formulación del Reglamento como en la ejecución de los programas señalados.

2.10. Recursos humanos empleados.

La empresa minera SMCV implantó el personal mínimo requerido para poder cumplir con la ejecución del servicio. El personal que laboró en el proyecto fueron:

1. Residente de Obra
2. Jefe de Oficina Técnica
3. Jefe de Control de Calidad
4. Jefe de Aseguramiento de Calidad
5. Jefe de Planeamiento y Control
6. Jefe Seguridad, Medio Ambiente y Relaciones Comunitarias.
7. Control Documentario.

2.11. Suministro de aportes.

2.11.1. Infraestructura, servicios, entre otros.

Todos los equipos, herramientas, componentes, insumos y materiales tienen los certificados de calidad de origen. Por lo que el Contratista mantiene los certificados de operatividad de obra vigentes.

2.11.2. Materiales.

Los materiales e insumos aplicados por la empresa Contratista fueron de calidad, marca y características técnicas acordes con los planos, especificaciones técnicas y demás documentos especificados por la SMCV.

2.11.3. Equipos.

Los equipos herramientas y maquinarias utilizadas, fueron en cantidad suficiente para la prestación del Servicio y en condiciones operacionales óptimas, de acuerdo a las exigencias y estándares requeridos por SMCV.

2.12. Evaluación económica del proyecto.

En el estudio se determinan los costos, donde se determinan los costos unitarios de elementos, accesorios y costos operacionales, y así determinar una línea base de costos.

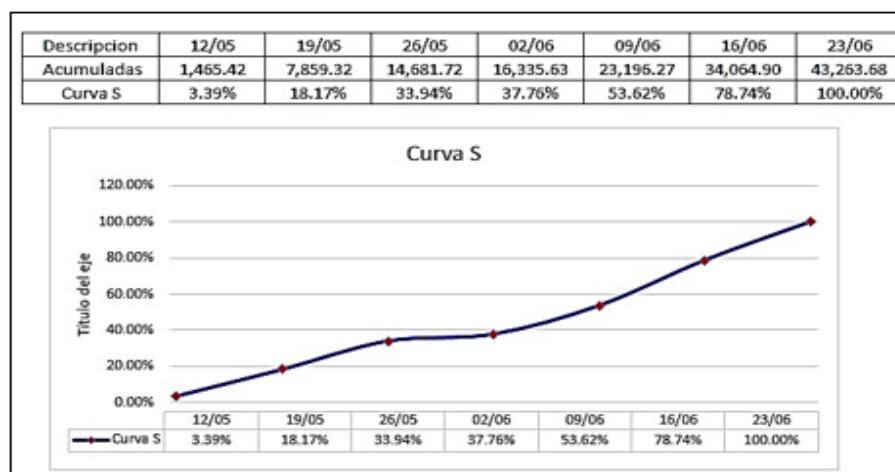
Curva "S"

Mediante el hallazgo de esta curva nos demuestra gráficamente los costos acumulados en el transcurso del tiempo de ejecución de obra, también es denominada como línea base de la gestión de los costos.

Con la curva "S" determinamos la evaluación en el desempeño y hallar las proyecciones.

Figura 45.

Curva "S"



Fuente: Gimpro (2017).

2.13. Montaje de la línea con HDPE.

Para la determinación del material según la norma ISO 12162, se tiene correlación con la calidad y tipo de resina y esto de acuerdo al grado de resistencia mínima requerida (MRS). Este cálculo es necesario ser considerado en el diseño de las tuberías HDPE para que sea utilizable por un período de vida útil de 50 años a una temperatura promedio de 20°C.

Tabla 18.

Diseño de tuberías HDPE - Norma ISO 12162

Denominación del material	MRS MPa	Tensión de Diseño MPa
PE 100	10	9
PE 80	8	6.3
PE 63	6.3	5

Fuente: Elaboración propia en base Norma ISO 12162 (2019).

De acuerdo a la norma ISO 12162, la tensión de diseño (σ_s) de una tubería, se obtiene aplicando el coeficiente de diseño C sobre el valor MRS del material.

$$\sigma_s = \frac{MRS}{C}$$

Los valores del coeficiente de diseño global se encuentran especificados en la norma ISO 12162 (Tabla de Valores Mínimos de C), en donde para nuestro caso C= 1,25, valor que es determinado para todos los tipos de HDPE.

Tabla 19.

Valores mínimos de C para tuberías HDPE.

Tensión de Diseño MPa	MRS		
	MPa		
	10	8	6.3
	Coeficiente de diseño C		
8	1.25		
6.3	1.6	1.25	
5	2	1.6	1.25

Fuente: Elaboración propia en base Norma ISO 12162

Para determinar la dimensión de la tubería HDPE, aplicaremos la fórmula:

$$e = \frac{PN \times D}{2\sigma_s + PN}$$

Donde tenemos que:

PN : Presión nominal (MPa)

D : Diámetro exterior del tubo (mm)

e : Grosor mínimo de la pared del tubo (mm)

σ_s : Tensión del material (MPa)

Para determinar los cálculos de tuberías, regido bajo la norma ASTM F-714,

aplicamos la siguiente formulación:

$$SDR = \frac{D}{e}$$

$$PN = \frac{2 \times \sigma_s}{SDR - 1}$$

CAPÍTULO III

3. DESARROLLO DEL PROYECTO.

3.1. Área del proyecto y perfil.

Las operaciones realizadas de bombeo se centran en el tramo desde la Planta de tratamiento de agua residual industrial (PTARI), hasta el Lavadero para maquinaria pesada, semi pesada y equipo minero, el proyecto tuvo hitos de entrega de los trabajos físicos, los cuales fueron cumplidos en los plazos establecidos.

La empresa contratista provee los materiales, insumos, accesorios, herramientas y equipos, entre otros que se requieran para un adecuado bombeo y así como sus respectivas pruebas de mecánica, eléctrica e instrumentación.

3.2. Alcances

- Memorias de cálculo de impulsión de agua tratada.
- Planos generales de las líneas de conducción.
- Materiales en SCH y HDPE
- Accesorios: Válvulas, Tee, codos, bridas, entre otros.
- Montaje de tubería con mano de obra especializada.
- Soldadura con personal soldador homologado según el ASME (sección IX).
- Recubrimiento con pintura de acuerdo al material y condiciones medio ambientales de desempeño.
- Dossier de calidad a la entrega del proyecto culminado.

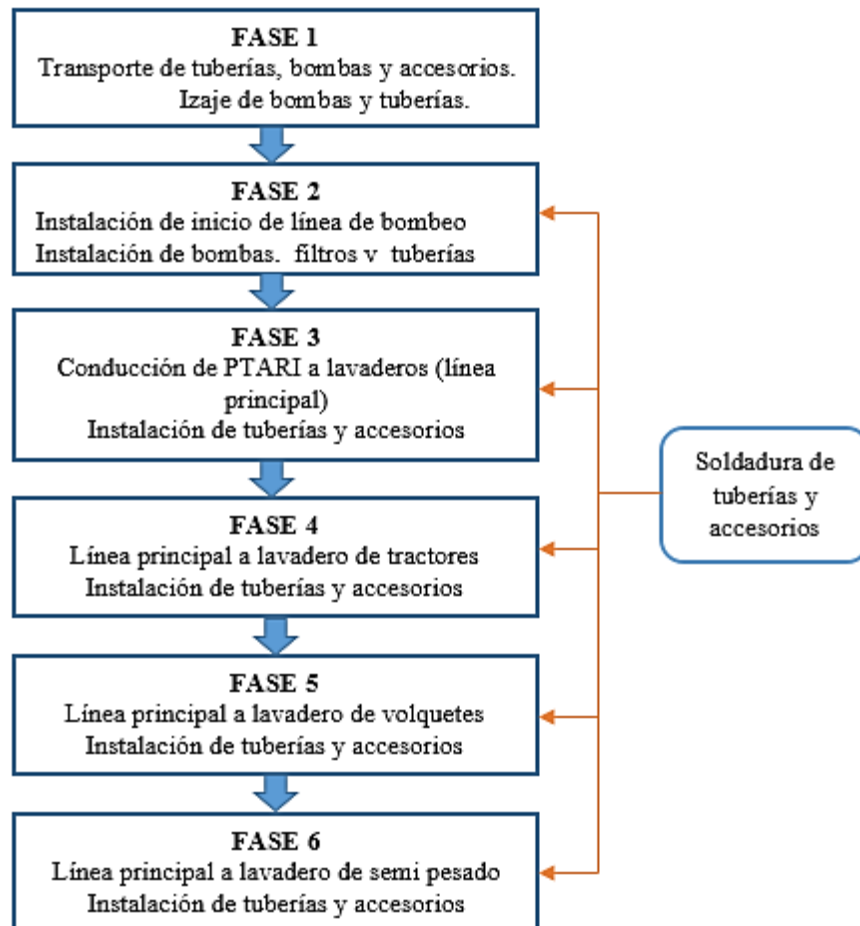
3.3. Diseño de la línea de conducción de agua tratada.

Diseño desde PTARI hasta lavaderos de camiones mineros.

En el diseño se distinguen 6 fases:

Figura 46.

Fase del diseño de conducción de agua tratada



Fuente: Elaboración propia.

3.3.1. Diseño y trazado.

La línea de conducción de aguas tratadas, son el conjunto de tuberías y todos sus elementos de operación y control, los cuales serán instalados dentro de las áreas determinadas para estos procesos dentro de la SMCV, la conducción de las aguas tratadas será desde la planta PTARI hacia los tres lavaderos de camiones, tractores y semipesados.

Para el trazado se tomó en consideración:

- a) Evitando pendientes mayores al 30% para no incurrir en velocidades excesivas y tener sobrepresión.
- b) Realizar el trazo buscando el menor recorrido, optimizar los recursos.
- c) Evitar cruzar por medio de talleres, zonas de tránsito o de carga pesada, para evitar problemas en la construcción de la vía, así como operaciones posteriores de operación y mantenimiento del sistema.
- d) El trazo se encuentra a distancia prudente de vertederos sanitarios, márgenes de ríos,, zonas de nivel freático alto, o en terrenos aluviales.
- e) Establecimiento de los puntos de ubicación de las válvulas, accesorios, instalaciones de tuberías, los cuales requirieron de cuidados, vigilancia y operación.

Tolerancia de inclinación de la línea de conducción.

Un acápite en las líneas de conducción de tuberías es el grado de inclinación del sistema de impulsión con un parámetro de 5 a 7,5% de gradeabilidad, con el fin de evitar problemas de cavitación en líneas de conducción de más de 100 metros. Parámetros determinados por la Universidad de Alicante en el desarrollo de impulsión de fluidos (2001).

3.3.2. Diseño del proyecto.

3.3.2.1 Caudal de diseño. En el diseño de las líneas de conducción se aplico el caudal máximo diario.

La línea de conducción dispone, en el punto más bajo, una válvula con un diámetro no menor a la mitad de la tubería a desaguar, situada próxima al pozo imbornal.

En operaciones normales de funcionamiento, la presión en la línea de conducción no supera los 0,6 Mpa. La presión mínima no debe ser menor a 0,25 Mpa.

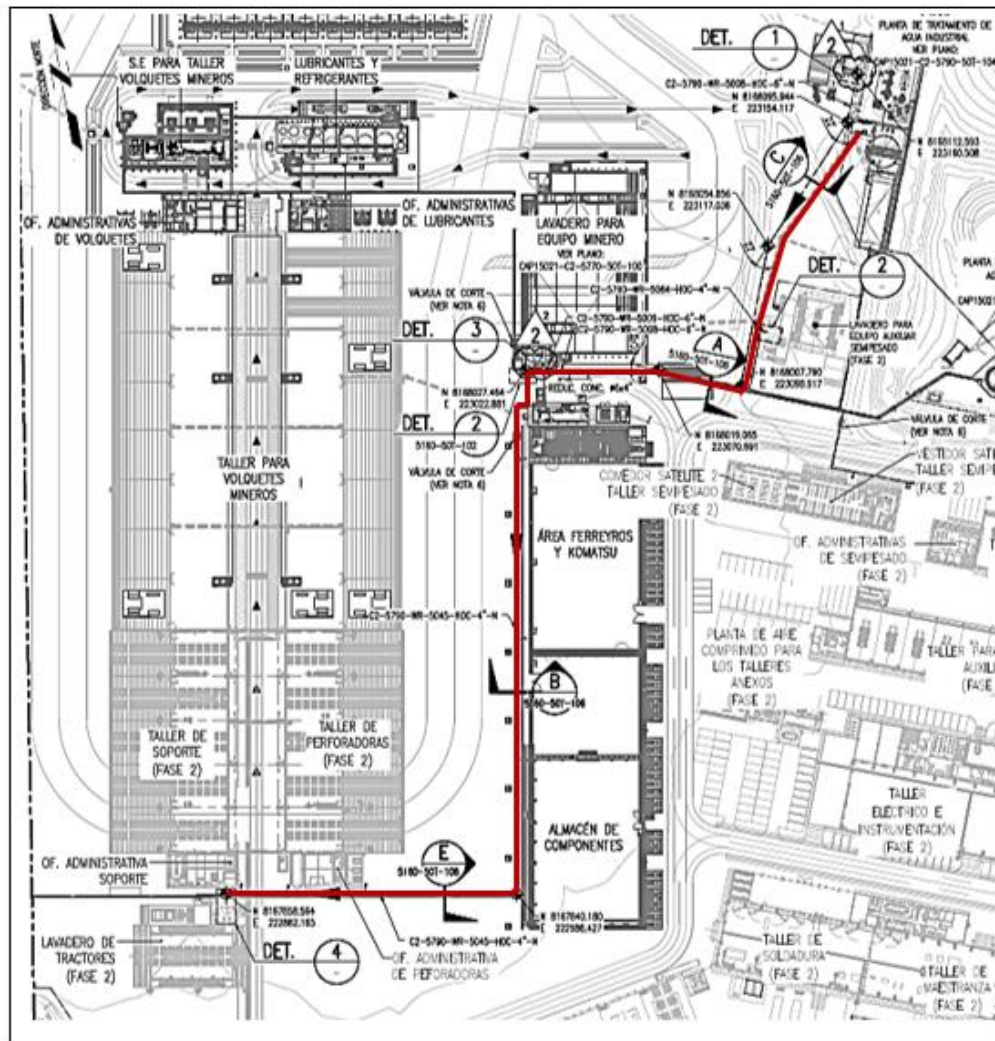
La reducción de la presión del agua tratada es regulada por las válvulas reguladoras de presión como son:

- Válvula mariposa tipo lug, 175 PSI, de 3", cuerpo hierro dúctil ASTM A395 Gr.60/40/18, disco hierro dúctil ASTM A536 Gr.65/45/12, eje inox 316 o 416, asiento BUNA-N, extremos para bridas ASME B16.5, bidireccional, cero fugas según API 598, operación con caja de engranajes.
- Válvula mariposa tipo lug, 175 PSI ON / OFF Eléctrica.
- Válvula mariposa tipo lug, 175 PSI, cuerpo hierro dúctil ASTM A395 Gr.60/40/18, disco hierro dúctil ASTM A536 Gr.65/45/12, eje inox 316 o 416, asiento BUNA-N, extremos para bridas ASME B16.5, bidireccional, cero fugas según API 598, operación con caja de engranajes.
- Válvula mariposa tipo lug, 175 PSI, cuerpo hierro dúctil ASTM A395 Gr.60/40/18, disco hierro dúctil ASTM A536 Gr.65/45/12, eje inox 316 o 416, asiento BUNA-N, extremos para bridas ASME B16.5, bidireccional, cero fugas según API 598, operación con caja de engranajes
- Válvula mariposa tipo lug, 175 PSI ON / OFF HIDRAULICA
- Válvula de retención tipo lug, doble disco, 150# (RF), cuerpo acero al carbono ASTM A216 Gr. WCB, claveta de acero inoxidable AISI 316, asiento BUNA-N, extremos para bridas. ASME B16.5.

- Válvula de bola, 2 piezas, 1000 PSI, cuerpo acero al carbono ASTM A216 Gr. WCB, bola acero al carbono ASTM A216 Gr. WCB, asiento PTFE, extremos roscados NPT, una pieza, operación con palanca.
- Válvula de bola, 2 piezas, 2000 PSI, cuerpo acero al carbono ASTM A216 Gr. WCB, bola de acero al carbono ASTM A216 Gr. WCB, asiento PTFE, extremos roscados NPT, operación con palanca.

Figura 47.

Plano de diseño de planta PTARI a lavaderos



Fuente: Elaboración propia en base a SMCV.

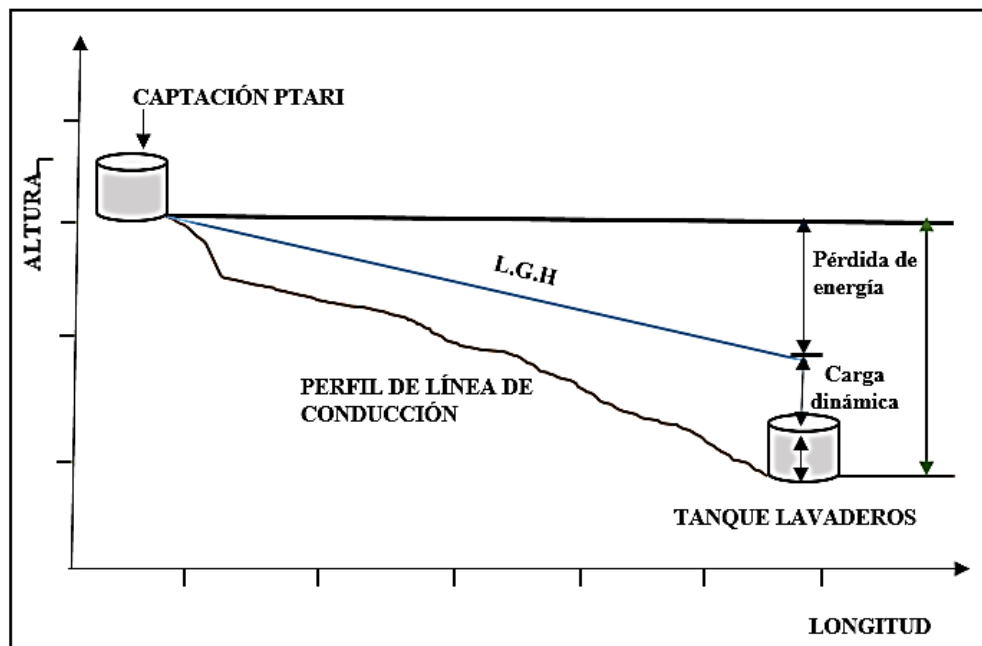
Si se presenta presión diferencial entre la original y la reducida con una presión elevada, entonces la reducción de presión se opera gradualmente. Para esto se aplican las válvulas de relación de presión, con la instalación al final de la línea operativa de proceso una válvula reguladora de presión.

3.3.2.2 Carga estática y dinámica.

La carga estática máxima permisible es de 50 metros y la carga dinámica mínima es de 1 metro.

Figura 48.

Cargas estática y dinámica en la línea de conducción.



Fuente: Elaboración propia en base a OPS/CEPIS/UNATSABA (2019).

3.3.2.3 Tuberías.

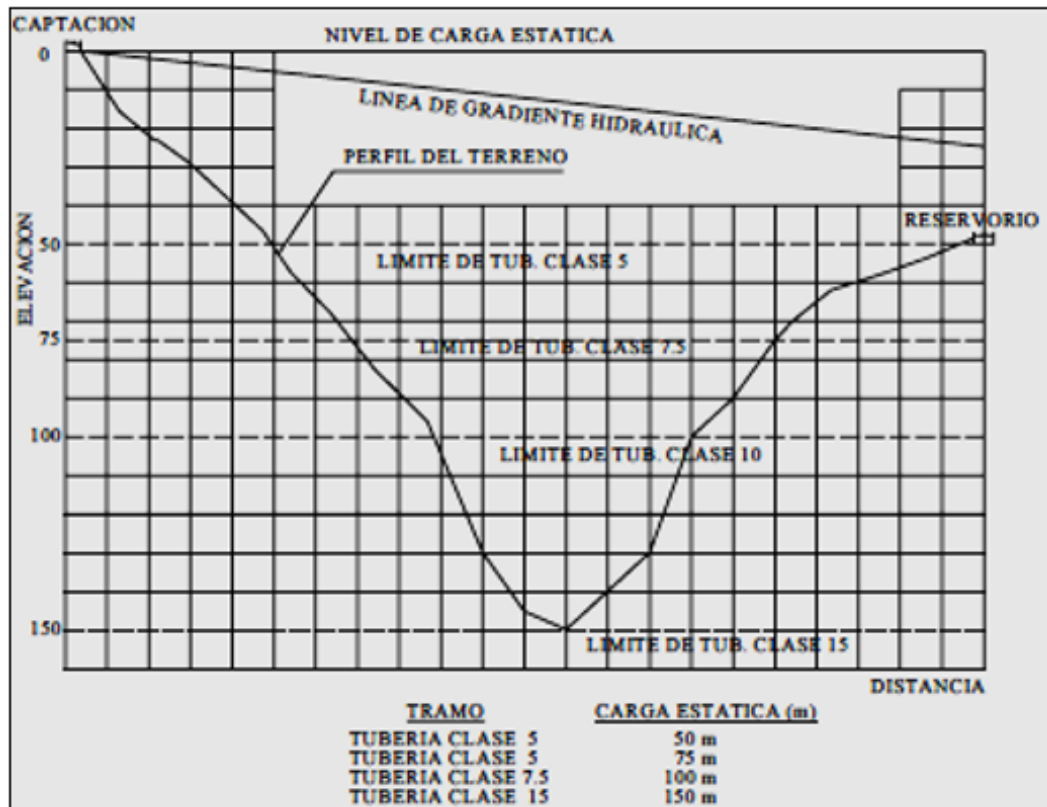
En parámetros generales para elegir la clase de tubería a aplicar se consideró los criterios plasmados en el gráfico:

Para su selección del tipo de la tubería se determinó en base a la agresividad del suelo y al intemperismo que se presenta, en el caso de estar expuestos las líneas de conducción al intemperismo, se utilizaron tuberías sin costura, acero al carbono ASTM A53 Gr. B, Sch 40, las cuales les dará una protección especial.

Se trabaja con tuberías de 4" y 6" Sch 40.

Figura 49.

Presiones de trabajo en clases de tubería HDPE



Fuente: Elaboración propia en base a OPS/CEPIS/UNATSABAR (2017).

Se elige estas dimensiones y de Sch 40, porque tenemos:

Tubería de 4" sch40 tiene una condición normal de impulsión de 50 a 79 m³/h y la tubería de 6" tienen un soporte de caudal entre los parámetros de 125 a 299 m³/h.

En la línea principal tenemos un caudal de diseño de 72.6 a 129.8 m³/h.

En la conducción de lavadero de tractores es de 73.7 m³/hr.

En la conducción de lavadero de volquetes es de 129.8 m³/hr.

En la conducción de lavadero de semi pesado es de 128.7 m³/hr.

3.3.2.4 Diámetros.

El diámetro de la tubería se determinó por la velocidad de flujo y el caudal que se tiene, tenemos los datos:

La velocidad = 2.02 m/s

Caudal (Q) = 0.034 m³/s

$$A = \frac{Q}{V}$$

$$A = \frac{0.034 \text{ m}^3/\text{s}}{2.02 \text{ m/s}} = 0.01683 \text{ m}^2$$

$$r = \sqrt{\frac{A}{\pi}} = 0.07319$$

$$D = 0.14638 \text{ m} = 146.38 \text{ mm} = 5.76'' = 6''$$

3.3.3. Estructuras complementarias.

Cámara de Válvula de Purga.

Se van a tener sedimentos que se van a ir acumulando en los puntos bajos de las tuberías, lo que producen la reducción del área de fluido del agua tratada, por lo que es necesario la instalación de válvulas de purga, los que nos ayudan a realizar una limpieza periódica en tramos de la tubería.

3.3.4. Dimensionamiento.

Para la determinación de la dimensión de las líneas de conducción se tuvo en cuenta los siguientes condicionantes:

a) La Línea de gradiente hidráulica (L.G.H).

La línea de gradiente hidráulica se encontrará siempre encima del nivel del terreno. En los puntos críticos de conducción se varían los diámetros para así superar las pendientes.

b) Pérdida de carga unitaria (hf).

En el diseño se toman en cuenta:

Las ecuaciones de Hazen y Williams, las cuales son apropiadas a diámetros superiores a 2", para diámetros menores se aplican las ecuaciones de Fair Whipple.

$$Q = \alpha_1 \times C \times D^{2.63} \times hf^{0.54}$$

Donde α_1 es una constante de Hazen y Williams

$$Q = \alpha_2 \times D^{2.71} \times hf^{0.57}$$

Donde α_2 es una constante de Fair Whipple

$$hf = Hf/L$$

Donde:

Hf es la pérdida de carga por cada tramo.

L: Longitud del tramo.

c) Presión.

En toda la línea de conducción, la cantidad de energía gravitacional contenida en el agua tratada va a representar a la presión. Esta presión es determinada por la ecuación de Bernoulli:

$$Z_1 + P_1/\gamma + V_1^2/2g = Z_2 + P_2/\gamma + V_2^2/2g + H_f$$

Donde:

Z : Cota de la cota de acuerdo a un nivel referenciado arbitrariamente.

P/γ : Altura de la carga de presión, donde “P” es denominada presión y γ el peso específico del fluido (m)

V : Es la velocidad media del punto en consideración (m/s)

H_f : Denominada pérdida de la carga ocasionada de 1 a 2

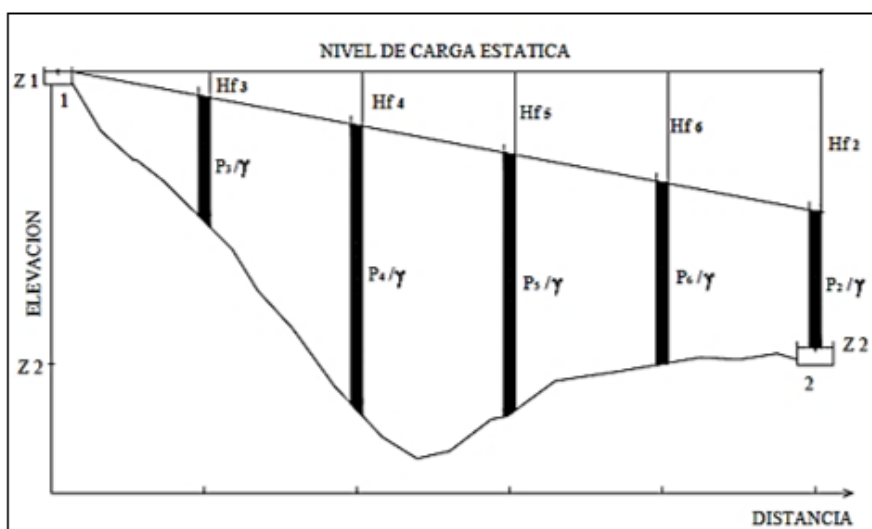
Si $V_1 = V_2$, se tiene que el punto 1 se encuentra a presión atmosférica, donde:

$P_1 = 0$, por lo que se tiene:

$$P_2/\gamma = Z_1 - Z_2 - H_f$$

Figura 50.

Diagrama de Equilibrio de presiones dispersas



Fuente: Elaboración propia en base a OPS/CEPIS/UNATSABAR.

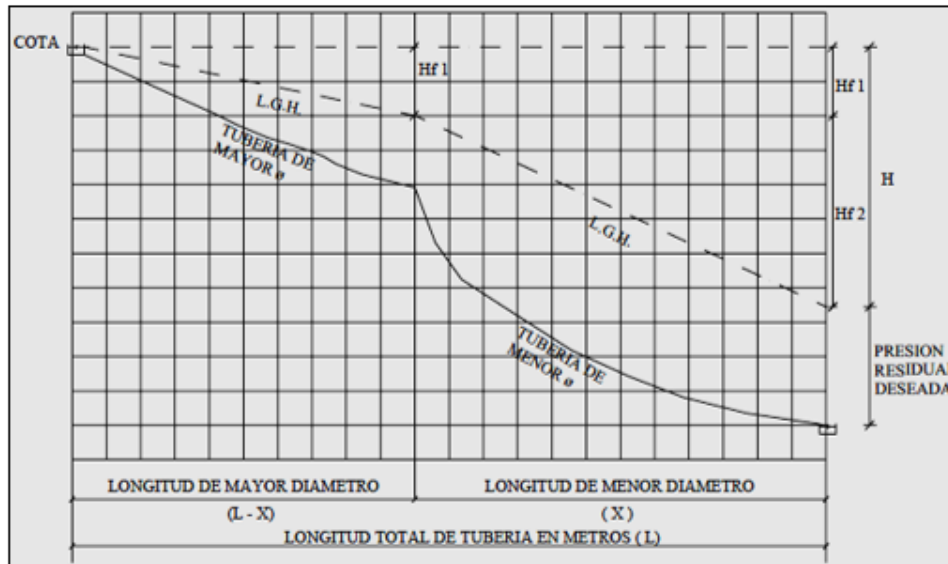
d) Uso combinado de tuberías.

En el diseño de las líneas de conducción se diseñó la combinación de tuberías, lo que aporta en la optimización de reducción de pérdidas en la carga, lo que nos aporta adquirir presiones enmarcados en los rangos posibles y reducir los costos del proyecto.

Para estos usos de tiene:

Figura 51.

Diagrama de Perfil de tuberías combinadas.



Fuente: Elaboración propia en base a OPS/CEPIS/UNATSABAR (2018).

H_f : Pérdida de carga total (m)

L : Longitud total de la tubería (m)

X : Longitud de la tubería con menor diámetro (m)

$L - X$: Longitud de tubería con mayor diámetro (m)

hf_1 : Pérdida de la carga unitaria de la tubería de diámetro mayor.

hf_2 : Pérdida de la carga unitaria de la tubería de diámetro menor.

Determinamos que la pérdida de carga total requerida H_f , es la sumatoria de las pérdidas de la carga en los dos tramos de la tubería.

$$H_f = hf_2 \times X + hf_1 \times (L-X)$$

3.3.5. Diseño de la línea de impulsión.

a) Caudal de diseño.

El caudal que se tiene en la línea de impulsión se determina por el tiempo de bombeo diario máximo. Es necesario que no se realicen bombeos diarios de 24 horas, se determina el incremento de caudal de acuerdo al número de horas bombeadas.

$$\text{Caudal de bombeo} = Q_b = Q_{md} \times 24 / N$$

N : Número de horas de bombeo

Q_{md} : Caudal diario máximo

- Caudal de diseño de lavadero de tractores.

$$\text{Caudal de bombeo} = \frac{6.25 \times 24}{6 \text{ horas}} = 25 \text{ m}^3/\text{hr.}$$

- Caudal de diseño de lavadero de volquetes

$$\text{Caudal de bombeo} = \frac{16.25 \times 24}{6 \text{ horas}} = 65 \text{ m}^3/\text{hr.}$$

- Caudal de diseño lavaderos de semipesado = 20.0 m³/hr.

$$\text{Caudal de bombeo} = \frac{5.0 \times 24}{6 \text{ horas}} = 20.0 \text{ m}^3/\text{hr}$$

b) Selección de diámetros.

Aplicando la fórmula de Bresse se aporta para determinar el diámetro:

$$D = K \times X^{1/4} \times Q_b^{1/2}$$

X : Número de horas de bombeo/24

K : 1.3

D : Diámetro en metros

Qb : Caudal de bombeo en m³/s.

Para el caso en estudio tenemos un rango de v velocidades, donde la velocidad de aspiración es de 0.6 a 1.5 m/s y la velocidad de impulsión se da entre 2 y 3.5 m/s.

De acuerdo a la velocidad de circulación máxima permisible, y el rango de fluido pudimos determinar el diámetro de la tubería. Tenemos el cálculo de la elección de la tubería **de 6" Sch 40:**

Longitud de la tubería: 212 metros.

Rango del fluido líquido: 129.6 m³/h.

Velocidad máxima permisible: 2.13 m/s

Donde podemos hallar que el diámetro interno de la tubería debe ser de pulgadas de acuerdo a los cálculos de dimensionamiento de tubería para agua por velocidad.

3.3.6. Bases de cálculo del sistema de impulsión.

3.3.6.1 Especificaciones en el diseño.

Para realizar los cálculos de impulsión en base a los dimensionamiento de los sistemas de tuberías, se basan en los flujos indicados en los PFD los cuales se detallan a continuación:

- CAP15021-C2-0000-25I-298 flujos 29815 cuyo valor es de 111 m³/hr y corresponde al envío de agua tratada desde las bombas PW

2917/2918 PTARI hasta los tanques de los lavaderos de los tractores, volquetes, equipo auxiliar y semipesado.

Figura 52.

Instalación de bombas TK 2937



Fuente: Elaboración propia en base al proyecto.

- Los flujos a distribuirse, han sido determinados por la evaluación del gasto de agua en cada lavadero:
Caudal de llenado a tanque lavadero de equipo minero: 66m³/hr
Caudal de llenado a tanque lavadero de tractores: 25m³/hr
Caudal de llenado al tanque lavadero semipesado y auxiliar: 20m³/hr.
- Se está considerando en el diseño que todos los lavaderos necesitan agua en simultáneo por lo que el equipo seleccionado cumple con ésta capacidad.
- En el caudal nominal, se acata un factor de seguridad del 10% sobre el caudal nominal, como caudal del diseño.
- Las velocidades en las tuberías se consideran entre 1 a 3 m/sg.

- Se consideró una presión de descarga en cada tanque de 5 psi.
- El nivel más alto en el recorrido de la tubería es el ingreso al tk de agua del lavadero de volquetes mineros cuyo nivel es de 2777.29 msnm.
- Las bombas fueron fijadas en una base de losa de concreto, fijadas con pernería y empotrado con recubrimiento Epóxico.

3.3.6.2 Cálculo de las pérdidas de carga.

Para el cálculo del factor de fricción usualmente se utiliza la fórmula de Colebrook-White, pues es la más precisa y normalmente utilizada para términos del cálculo del factor de fricción, sin embargo, para la obtención del resultado se requiere efectuar iteraciones.

Lo anterior afecta la automatización del modelo por lo que se requiere utilizar una fórmula explícita del factor f. La fórmula explícita más precisa hoy en día es la de Swamme & Jain (1976):

Tenemos:

$$Re = \frac{\rho V_s \times d_s}{\nu}$$

Donde:

1. Vs: Velocidad de succión en la línea (m/s): 2.02
2. v: Viscosidad cinemática del fluido (m²/s): 1.00E-06
3. ds: Diámetro de succión de la línea (m) : 0.146
4. p: Densidad del fluido (kg/m³): 1000 kg/m³

Tabla 20.

Número de Reynolds.

$Re = \rho(Vs \cdot ds) / \mu$	ρ (kg/m ³)	Vs (m/s)	ds (m)	v (m ² /s)
294,920	1000	2.02	0.146	1.00E-06

Fuente: Elaboración propia.

Donde el valor de Reynolds es de 2.9E-05

Hallando el coeficiente de fricción (f):

$$f = \frac{0,25}{\left[\log \left(\frac{\varepsilon}{3,71 \cdot D} + \frac{5,74}{Re^{0,9}} \right) \right]^2}$$

1. ε : Rugosidad del material (mm): 0.04599
2. Re: Número de Reynolds (adimensional): 294,920
3. D: Diámetro interior (m): 0.146

Tabla 21.

Coefficiente de fricción.

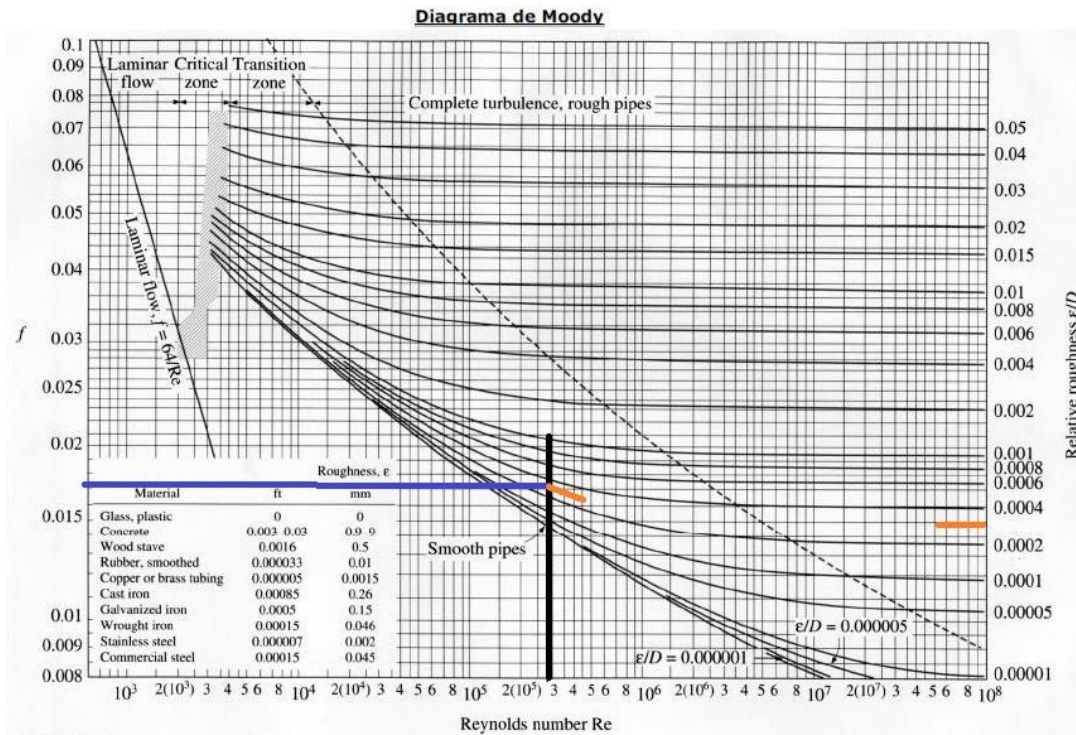
f	ε	D (m)	$Re^{0,9}$
0.017	0.04599	0.146	294,920

Fuente: Elaboración propia.

Siendo el coeficiente de fricción 0.017 (diagrama de Moody)

Figura 53.

Diagrama de Moody: Pérdidas de energía por fricción



Fuente: Elaboración propia.

a) Pérdidas por fricción succión en la línea.

Para determinar las pérdidas lineales por causas de rozamiento que se generan en la línea de bombeo se aplica la fórmula expresada por Darcy –Weissbach, la cual es:

$$h_{fs} = f \frac{V^2 * L}{2 * g * D}$$

Donde:

- f :Factor de fricción ; 0.017
- V: Velocidad en la línea [m/s]: 3.3124
- L: Largo de la tubería [m]: 2.000
- D: Diámetro de la línea [m]: 0.154
- g: Aceleración de Gravedad [m/seg²]: 9.81

Tabla 22.

Pérdidas de energía por fricción succión.

hfs (m)	f	Ls (m)	V ²	Ds (m)	g (m/s)
0.038	0.017	2.000	3.3124	0.154	9.81

Fuente: Elaboración propia

La energía perdida por fricción succión es de 0.038 m.

b) Pérdida de carga en los accesorios

También denominado como pérdidas menores de succión, se denomina como h_p o h_{ms} . Para poder determinar las pérdidas generadas en los accesorios, se determinará con la siguiente fórmula:

Donde:
$$h_{ms} = k_{ms} * \frac{V^2}{2g}$$

- k_{ms} : Suma de coeficientes de pérdidas de válvulas y codos
- V: Velocidad en la línea [m/s];
- g: Aceleración de Gravedad [m/seg²].

La suma de coeficientes de pérdidas de válvulas, codos, por accesorios (k_{ms}) es de 6.000.

- Coeficiente de pérdida por accesorios (k_{me}):

$$K_{me} = 1.00 \frac{V^2}{2g}$$

Se realizó la identificación de accesorios componentes del sistema de bombeo y de determino la velocidad de flujo de agua tratada, y realizando los cálculos y determinando la sumatoria de carga de pérdida de accesorios.

Tabla 23.

Pérdidas de carga en accesorios.

kme	V (m/s)	V² (m²/s²)	2g (m/s²)
0.21	2.02	4.060225	19.60
0.21	2.02	4.060225	19.60
0.06	1.11	1.2321	19.60
0.17	1.82	3.3124	19.60
0.26	2.26	5.085025	19.60
0.26	2.26	5.085025	19.60
0.45	2.98	8.8804	19.60
0.32	2.49	6.2001	19.60
0.06	1.1	1.21	19.60
0.23	2.14	4.558225	19.60
0.23	2.14	4.558225	19.60
0.32	2.49	6.2001	19.60
0.30	2.42	5.8564	19.60
0.19	1.93	3.705625	19.60
0.19	1.93	3.705625	19.60
0.21	2.02	4.0804	19.60
0.06	1.11	1.2321	19.60
0.45	2.98	8.850625	19.60
0.32	2.49	6.175225	19.60
0.45	2.979	8.874441	19.60
0.10	1.37	1.8769	19.60
0.45	2.98	8.8804	19.60
0.32	2.49	6.2001	19.60
0.19	1.93	3.7249	19.60
6.00		Σ kme	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 24.

Tabla de valores K de accesorios

ACCESORIO	K _F
Pieza, conexión o dispositivo	0.80
Rejilla de entrada	3.00
Válvula de pie	0.50
Entrada cuadrada	0.10
Entrada abocinada	1.00
Entrada de borda o reentrada	0.30
Ampliación gradual	0.20
Ampliación brusca	0.25
Reducción gradual	0.35
Reducción brusca	0.90
Codo corto de 90°	0.40
Codo corto de 45°	0.40
Codo largo de 90°	0.20
Codo largo de 45°	0.10
Codo largo de 22°, 30°	0.10
Tee con flujo en línea recta	1.50
Tee con flujo en ángulo	1.80
Tee con salida bilateral	5.00
Válvula de compuerta abierta	5.00
Válvula de globo abierta	10.00
Válvula alfarera	2.00
Válvula de retención	2.50
Boquillas	2.75
Controlador de gasto	2.50
Medidor Venturi	2.50
Confluencia	0.40
Bifurcación	0.10
Pequeña derivación	0.03
Válvula de mariposa abierta	0.24

Fuente: Elaboración propia en base a CONAGUA, 2002.

Hallando *hms*:

$$hms = kms * \frac{(V^2)}{2g}$$

Tabla 25.

Cálculos de pérdidas menores de succión (hms).

hms (m)	kms	V ²	2g
1.014	6.000	3.3124	19.6

Fuente: Elaboración propia.

Tenemos que las pérdidas menores de succión son de 1,014 m.
Entonces tenemos que las pérdidas de carga de succión total son:

$$H_s = \Sigma h_{fs} + \Sigma h_{ms}$$

Tabla 26.

Cálculo de pérdida de succión total (H_s).

$\Sigma h_{fs} + \Sigma h_{ms}$ (m)	HFS (m)	hms (m)
1.05	0.0388	1.014

Fuente: Elaboración propia.

3.3.6.3 Cálculos de NPSH: Altitud de operación 2,770 m.s.n.m.

Diferenciaremos entre NPSH de la instalación o disponible (NPSH disp) y el NPSH de la bomba o también denominada el requerido (NPSH req). Para evitar la cavitación en la bomba, es preferible adicionar 0,5 metros de seguridad:

NPSH disponible debe ser mayor e igual al NPSH requerido sumado 0,5.

El NPSH requerido tiene características que van a ser condicionadas por la bomba, mas no de las características que presente la instalación. Este valor va a ser variable por cada bomba, siempre es de valor positivo y va a variar de acuerdo al caudal que tenga y a las revoluciones que presente el motor de la misma.

Estos valores de caudal y rpm son dados por el fabricante de las bombas. El NPSH requerido nos da detalles de la capacidad de succión de la bomba en un punto específico de su curva de funcionamiento, por lo que vemos la premisa que a menor valor de NPSH requerido, será mayor su capacidad de succión.

El NPSH disponible o de instalación, si va a ser determinada por las características de su instalación y va a ser proporcional a la reserva total de la presión la cual será superior a la tensión de vapor del agua tratada y la cual estará disponible en la zona de la brida de la bomba de succión. Para esto realizamos los cálculos:

Para calcular el NPSH disponible se trabajó mediante las siguientes fórmulas:

Instalación en carga:

$$\text{NPSH}_{\text{disp.}} = \frac{(p_l - p_v)}{\rho - g} + H_a - h_a$$

Tabla 27.

Determinación de NSPH disponible de carga.

NPSH_{disp.} (m)	ρ_l (N/m ²)	ρ_v (N/m ²)	P (kg/m ³)	g (m/s ²)	H_a (m)	h_a (m)
7.1	72166.04	1767.13	1000	9.81	0.8	1.05

Fuente: Elaboración propia.

En este modo tenemos que NPSH disponible es de 7.1 metros.

Instalación en succión:

$$\text{NPSH}_{\text{disp.}} = \frac{(p_l - p_v)}{\rho - g} + H_a - h_a$$

Tabla 28.

Determinación del NSPH disponible de succión.

NPSH_{asp.}	ρ_l (N/m ²)	ρ_v (N/m ²)	ρ (kg/m ³)	g (m/s ²)	H_a (m)	h_a (m)
7.1	72166.04	1767.13	1000	9.81	0.8	1.05

Fuente: Elaboración propia.

Tenemos que el NSPH disponible será de 7.1 metros.

p_1 : Presión sobre el líquido en el depósito de aspiración. En caso de que el agua bombeada se almacena al aire libre, entonces su valor será igual a la presión atmosférica. Valor que dependerá de la altura.

p_v : Presión de vapor líquido. La tensión o presión de vapor a una temperatura determinada es equivalente a la presión en donde el agua comienza a desprender burbujas.

ρ : Es la densidad del agua tratada, que en este caso es de 1.000 kilogramos por metro cúbico.

g : Aceleración de la gravedad, que es de 9.81 metros por segundo al cuadrado.

H_a : Se denomina a la altura de aspiración, la cual es de 0.8 metros.

h_a : Denominada pérdida de carga, la cual se da en el tramo de succión.

Tabla 29.

Valores de tensión de vapor y densidad de agua.

Temperatura (°C)	0	4	10	20	30	40	50	60	80	100
Tensión de vapor (m.c.a)	0.06	0.08	0.12	0.24	0.43	0.75	1.26	2.03	4.83	10.33
Densidad (kg/m ³)	999,9	1,000	999,7	998,2	995,7	992,2	988,1	983,2	971,8	958,4

1 bar = 10 m.c.a.

Fuente: Elaboración propia en base a AZUD (2018).

En los anexos N° 01 se muestra la memoria de cálculo de impulsión de agua tratada desde las bombas C2-5790-PW-2917/2918 de PTARI hacia los tanques de lavadero de tractores, donde se detalla los elementos de bombeo tomando en cuenta los cálculos del ítem (h).

3.4. Cálculos de la impulsión desde PTARI hasta el tanque de lavaderos.

En el sistema de impulsión de agua tratada, se tienen dos tramos, siendo el primer tramo el sistema de tuberías y accesorios desde el tanque PTARI con la impulsión de agua con dos bombas centrífuga como línea principal. Y el segundo tramo se inicia en la toma de la línea principal hasta cada uno de los tres lavaderos: Volquetes, tractores y semi pesado.

La memoria de cálculo de impulsión del agua tratada se inicia en la toma del agua tratada desde el tanque PTARI que luego son impulsadas desde las bombas C2-5790-PW-2917/2918 hasta los tanques de lavaderos de volquetes, tractores y semipesado

Se presentan los datos obtenidos como son la información ambiental, cálculos del agua tratada, datos del flujo del agua tratada, entre otros:

3.4.1. Cálculo del agua tratada.

Tabla 30.

Parámetros de agua tratada de bombeo.

N°	Cálculos	Unidad	Cantidad
1	Densidad	(kg/m ³)	998.29
2	Temperatura:	°C	20.00
3	Peso específico	N/m ³	9783.242
4	Viscosidad dinámica	Ns/m ²	0.001003
5	Viscosidad cinemática	m ² /seg	1.00 E-06
6	Presión	atmosferas	0.719

Fuente: Elaboración propia en base a PRODISE S.R.L.

Se determinó la densidad y peso específico del agua tratada, así como su peso específico, viscosidades dinámica y cinemática, y la medición de la presión en atmósferas. Cálculos que son necesarios para obtener los demás cálculos en la presurización del agua tratada por medio de tuberías.

3.4.2. Información ambiental de la zona en estudio.

Los parámetros físicos y medio ambientales se determinaron para poder realizar los cálculos para la impulsión de agua tratada, se detalla a continuación:

Tabla 31.

Parámetros medio ambientales.

N°	Parámetros del medio ambiente	Unidad	Cantidad
1	Presión atmosférica	kPa	72.85
2	Presión de vapor de agua a 20°C	Pascales	2,339
3	Δ geo máximo	metros	11.01

Fuente: Elaboración propia en base a PRODISE S.R.L.

3.5. Datos de la sección de bombeo hasta los tanques de los lavaderos de volquetes, tractores y semipesado.

Se determinó los factores de seguridad, caudal a TK, su caudal de diseño para cada segundo tramo de: volquetes, tractores y semipesado.

Tabla 32.

Caudales y factores de seguridad en lavadero de tractores, volquetes y semi pesado.

Memoria de cálculo	Unidad	Volquetes	Tractores	Semipesado
Factor de seguridad	%	10.0	10.0	10.0
Caudal a TK a:	m ³ /hora	66.0	25.0	20.0
Caudal de diseño	m ³ /hora	72.6	27.5	22.0

Fuente: Elaboración propia

3.5.1. Cotas

Las cotas de altura de descarga de agua desde el tanque PTARI, la altura de la punta de entrega, los niveles más altos de bombeo y los puntos de llegada, lo que se tiene en la siguiente tabla:

Tabla 33.

Cotas tramo primario.

COTAS	Unidad	Cantidad
Nivel de la boquilla de descarga tk agua tratada PTARI	m.s.n.m.	2,769
Se considera 5 PSI de presión en el punto de entrega.	m.c.a.	3.52
Nivel del punto de llegada ó el punto más alto en recorrido de agua hacia lavaderos.	m.s.n.m.	2,777.29
Nivel final de llegada	m.s.n.m.	2,780.80

Fuente: Elaboración propia

3.5.2. Potencia mecánica

Determinada por el producto de del caudal, la densidad de fluido, la altura diferencial geodésica máxima y dividida por su constante.

Como referencia de desarrollo tomaremos el lavadero de tractores:

La Potencia mecánica es de: 16.98 H.P.

$$P_m = (Q \times D \times H_{\text{geo máx.}} \times P. \text{ atm.}) / K_{te}$$

Entonces tenemos:

$$P_m = \frac{0.0186 \text{ m}^3/\text{s} \times 998.29 \text{ kg/m}^3 \times 9.32 \text{ m} \times 9.81 \text{ m/seg}^2}{99.98}$$

$$P_m = \frac{1,697.68}{99.98}$$

$$P_m = 16.98 \text{ H.P.}$$

La potencia mecánica en la línea primaria es de 17.03.

La potencia mecánica en lavadero de volquetes es de 16.88.

La potencia mecánica en lavadero de semi pesados es de 17.02.

3.5.3. Potencia eléctrica

Determinada por el producto del caudal, densidad del fluido, gravedad, altura geodésica máxima diferenciada, constantes.

Potencia eléctrica en lavadero de tractores es de: 23.33 H.P.

$$P = H_a \times \rho \times g \times Q_t$$

H_a : Altura de bombeo

ρ = Densidad del agua

g = Coeficiente de gravedad

Q = Caudal

Entonces:

$$P = \frac{7.44 \text{ m} \times 998.29 \text{ kg/m}^3 \times 9.81 \text{ m/s}^2 \times 0.032 \text{ m}^3/\text{s}}{100}$$

$$P = 23,33 \text{ H.P.}$$

La potencia eléctrica en la línea primaria es de 17.03.

La potencia eléctrica en lavadero de volquetes es de 23.23.

La potencia eléctrica en lavadero de semi pesados es de 23.42.

3.5.4. Elementos del sistema de impulsión:

Para la instalación del sistema tenemos tuberías de HDPE de 4" y 6", así como tuberías de acero, reducciones, codos, tee's entre otros accesorios, los cuales los detallamos en la tabla 33.

Tabla 34.*Impulsión* agua de PTARI a lavaderos de camiones mineros.

N°	Elementos y accesorios	Cantidad
1	Tubería de 6" Sch 80	1
2	Válvula de mariposa de 6" clase 150	1
3	Tubería de 6" Sch 40	1
4	Filtro	1
5	Tubería de 6" Sch 40	1
6	Reducción de 6" a 4" Sch 40	1
7	Ampliación de 3" a 6" Sch 40	1
8	Tubería de 6" Sch 40	1
9	Válvula check 6" clase 150	1
10	Tubería de 6" Sch 40	1
11	Válvula mariposa 6" clase 150	1
12	Tee de 6" Sch 40	1
13	Tubería de 6" Sch 40	1
14	Tee de 6" Sch 40	1
15	Tubería de 6" Sch 40	2
16	Válvula de mariposa de 6" clase 150	1
17	Tubería de 6" Sch 40	1
18	Tubería de 6" HDPE SDR 11	1
19	Codo de 6" 90° HDPE SDR 11	1
20	Tubería de 6" HDPE SDR 11	1
21	Tee 6" x 4 HDPE SDR 11	1
22	Tubería de 6" HDPE SDR 11	1
23	Codo de 6" 90° HDPE SDR 11	2
24	Tubería de 6" HDPE SDR 11	1
25	Tee 6" HDPE SDR 11	1
26	Reducción de 6" x 4" SDR 11	1
27	Tubería de 4" HDPE SDR 11	1
28	Codo 4" 90° HDPE SDR 11	1
29	Tuberías de 4" HDPE SDR 11	2
30	Codo de 4" 90° HDPE SDR 11	1
31	Tubería de 4" HDPE SDR 11	1

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 35.

Impulsión agua de PTARI a lavaderos de camiones mineros.

N°	Elementos y accesorios	Cantidad
32	Codos de 4" 90° HDPE SDR 11	3
33	Tubería de 4" HDPE SDR 11	1
34	Tubería de 4" SCH 40	1
35	Válvula de mariposa 4" clase 150	3
36	Tee 4" SCH 40	2
37	Codo 4" 90° SCH 40	2

Fuente: Elaboración propia.

3.5.5. Determinación de cálculos de los elementos del sistema de bombeo.

Para la determinación de cálculos para el bombeo de agua, se detallan los ítems a tomar en cuenta y con sus respectivas unidades se detallan en la tabla 35.

Tabla 36.

Cálculos del sistema de bombeo: PTARI a lavaderos (1).

N°	Ítems	Unidad
1	Descripción de la condición del elemento	Funcionalidad
2	Tipo de material	Acero, HDPE
3	Diámetro exterior (\varnothing)	pulgadas
4	Diámetro exterior (\varnothing)	milímetros
5	Espesor	milímetros
6	Diámetro interior (\varnothing)	milímetros
7	Cantidad	N° elementos
8	Largo	m
9	Caudal	m ³ /s
10	Velocidad	m/s

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 37.

Cálculo del sistema de bombeo. De PTARI a lavaderos (2)

N°	Ítems	Unidad
11	Número de Reynolds	Re
12	Rugosidad	s/u
13	Factor K	factor
14	Coefficiente de fricción (f)	factor
15	Pérdidas de la permeabilidad (hk)	cm ² m ²
16	Pérdidas por fricción totales (hf)	m
17	Perdidas de potencia (hp)	metros

Fuente: Elaboración propia

3.5.6. Resultados

Tabla 38.

Cálculo de TDH en la línea primaria.

N°	Estimaciones	Unidad	Cantidad
1	TDH total	m.c.a.	23.16
2	Milímetro de columna de agua (m.c.a.)	psi	33.08
3	Largo del recorrido	metros	521.00
4	H.P.	metros	12.15

Fuente: Elaboración propia

3.6. Memoria de cálculo de impulsión del agua tratada desde las bombas C2-5790-PW-2917/2918 desde PTARI hasta el tanque de lavadero de tractores.

Se presentan los datos determinados como son la información ambiental, cálculos del agua tratada, cotas, potencias, datos del flujo del agua tratada:

3.6.1. Cálculo de las características del agua tratada

Tabla 39.

Cálculos de impulsión PTARI a lavadero de tractores.

Memoria de cálculo	Unidad	Cantidad
Densidad	kg/m ³	999.29
Temperatura	°C	20.00
Peso específico	N/m ³	9783.242
Viscosidad dinámica	Ns/m ²	0.001003
Viscosidad cinemática	m ² /seg.	1.00 E-06
Presión	atmosferas	0.719

Fuente: Elaboración propia.

3.6.2. Información ambiental de la zona en estudio.

Tabla 40.

Parámetros ambientales PTARI – Lavadero de tractores.

Parámetros ambientales	Unidad	Cantidad
Presión atmosférica	kPa	72.85
Presión de vapor de agua a 20°C	Pascales	2,339.3
Δ geo máxima	metros	9.32

Fuente: Elaboración propia

3.6.3. Información del agua tratada.

Tabla 41.

Impulsión de agua tratada PTARI-Lavadero tractores.

Memoria de cálculo	Unidad	Cantidad
Caudal a tk de lavadero de tractores	m ³ /hora	67.0
Factor de seguridad	%	10.0
Caudal de diseño	m ³ /hora	73.7

Fuente: Elaboración propia.

3.6.4. Cotas.

Tabla 42.

Cotas de nivel de bombeo PTARI - lavadero de tractores.

Cotas	Unidad	Cantidad
Nivel de la boquilla de descarga tk agua tratada PTARI.	m.s.n.m.	2,769.94
5 PSI de presión en el punto de entrega	m.c.a.	3.50
Nivel del punto de llegada ó el punto más alto en recorrido de agua hacia el lavadero de tractores mineros.	m.s.n.m.	2,775.66
Nivel final de llegada	m.s.n.m.	2,779.16

Fuente: Elaboración propia.

3.6.5. Elementos:

Los elementos y accesorios requeridos para la instalación del sistema de impulsión de agua tratada desde la línea primaria hacia los tanques de lavaderos de tractores se detallan en la tabla 42.

Las tuberías utilizadas son de 4" Y 6", tuberías tipo Sch y HDPE, con las reducciones y válvulas tipo mariposa.

Tabla 43.

Impulsión agua de PTARI a tanques de lavaderos de tractores.

N°	Elementos y accesorios	Cantidad
1	Tubería de 6" Sch 80	1
2	Válvula de mariposa de 6" clase 150	1
3	Tubería de 6" Sch 40	1
4	Filtro 6"	1
5	Tubería de 6" Sch 40	1
6	Reducción de 6" a 4" Sch 40	1
7	Ampliación de 3" a 6" Sch 40	1
8	Tubería de 6" Sch 40	1

9	Válvula check 6" clase 150	1
10	Tubería de 6" Sch 40	1
11	Válvula mariposa 6" clase 150	1
12	Tee de 6" Sch 40	2
13	Tubería de 6" Sch 40	1
14	Tee de 6" Sch 40	1
15	Tubería de 6" Sch 40	2
16	Válvula de mariposa de 6" clase 150	1
17	Tubería de 6" Sch 40	1
18	Tubería de 6" HDPE SDR 11	1
19	Codo de 6" 90° HDPE SDR 11	2
20	Tubería de 6" HDPE SDR 11	1
21	Tee 6" x 4 HDPE SDR 11	1
22	Tubería de 6" HDPE SDR 11	1
23	Codo de 6" 90° HDPE SDR 11	2
24	Tubería de 6" HDPE SDR 11	1
25	Tee 6" HDPE SDR 11	1
26	Reducción de 6" x 4" SDR 11	1
27	Tubería de 4" HDPE SDR 11	1
28	Codo 4" 90° HDPE SDR 11	2
29	Tuberías de 4" HDPE SDR 11	3
30	Codo de 4" 90° HDPE SDR 11	3
31	Tubería de 4" HDPE SDR 11	1

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 44.

Impulsión de agua de PTARI a tanques de lavaderos de tractores.

N°	Elementos y accesorios	Cantidad
32	Codos de 4" 90° HDPE SDR 11	3
33	Tubería de 4" HDPE SDR 11	2
34	Tubería de 4" SCH 40	1
35	Válvula de mariposa 4" clase 150	3
36	Tee 4" SCH 40	2
37	Codo 4" 90° SCH 40	2

Fuente: Elaboración propia

3.6.6. Determinación de cálculos de los elementos del sistema de bombeo.

Tabla 45.

Memoria de Cálculo del sistema de bombeo a lavadero de tractores.

N°	Ítems	Unidad
1	Descripción de la condición del elemento	Funcionalidad
2	Tipo de material	Acero, HDPE
3	Diámetro exterior (\varnothing)	pulgadas
4	Diámetro exterior (\varnothing)	milímetros
5	Espesor	milímetros
6	Diámetro interior (\varnothing)	milímetros
7	Cantidad	N° elementos
8	Largo	m
9	Caudal	m ³ /s
10	Velocidad	m/s
11	Número de Reynolds	Re
12	Rugosidad	s/u
13	Factor K	factor
14	Coefficiente de fricción (f)	factor
15	Pérdidas de la permeabilidad (hk)	cm ² · m ²
16	Pérdidas por fricción totales (hf)	m
17	Perdidas de potencia (hp)	metros

Fuente: Elaboración propia.

3.6.7. Resultados

Tabla 46.

Cálculos de TDH - Línea de tractores.

N°	Estimaciones	Unidad	Cantidad
1	TDH total	m.c.a.	38.17
2	Milímetro de columna de agua	psi	54.53
3	Largo del recorrido	metros	221.00
4	H.P.	metros	28.85

Fuente: Elaboración propia.

3.7. Cálculo de impulsión del agua tratada PTARI A lavadero de volquetes.

Sistema de impulsión de agua tratada desde el tanque PTARI con la impulsión de las bombas C2- 5790-PW-2917/2918 hasta el tanque de lavadero de volquetes.

Se presentan los datos determinados como son la información ambiental, cálculos del agua tratada, cotas, potencias, datos del flujo del agua tratada:

3.7.1. Cálculo del agua tratada.

Tabla 47.

Cálculo de impulsos de agua a lavadero de volquetes.

Memoria de cálculo	Unidad	Lavadero volquetes
Densidad	kg/m ³	998.29
Temperatura	°C	20.00
Peso específico	N/m ³	9783.242
Viscosidad dinámica	Ns/m ²	0.001003
Viscosidad cinemática	m ² /seg.	1.00 E-06
Presión	atmosferas	0.719

Fuente: Elaboración propia.

3.7.2. Parámetros ambientales de la zona en estudio.

La presión determinada en kilo pascales y la presión de vapor en pascales, y la altura geodésica máxima es de 10.59 metros.

Tabla 48.

Parámetros ambientales PTARI - Lavadero de volquetes.

Parámetros ambientales	Unidad	Cantidad
Presión atmosférica	kPa	72.85
Presión de vapor de agua a 20°C	Pascales	2,339.3
Δ geo máxima	metros	10.59

Fuente: Elaboración propia.

3.7.3. Información del agua tratada.

El caudal de TK a lavadero de volquetes tiene un caudal de 118.0 metros cúbicos por hora, lo cual contempla cuando las dos bombas centrífugas se encuentran accionadas y con las válvulas abiertas. El factor de seguridad tomado es del 10 %.

Tabla 49.

Impulsión de agua tratada PTARI - lavadero de volquetes.

Memoria de cálculo	Unidad	Cantidad
Caudal a tk de lavadero de volquetes	m ³ /hora	118.0
Factor de seguridad	%	10.0
Caudal de diseño	m ³ /hora	129.8

Fuente: Elaboración propia

3.7.4. Cotas.

Tabla 50.

Cotas de nivel de bombeo PTARI - lavadero de volquetes.

Cotas	Unidad	Cantidad
Nivel de la boquilla de descarga tk agua tratada PTARI.	m.s.n.m.	2,769.84
5 PSI de presión en el punto de entrega	m.c.a.	3.50
Nivel del punto de llegada ó el punto más alto en recorrido de agua hacia el lavadero de volquetes.	m.s.n.m.	2,776.93
Nivel final de llegada	m.s.n.m.	2,780.43

Fuente: Elaboración propia.

3.7.5. Elementos y accesorios.

Para el sistema de conducción de agua tratada se efectúa con el uso de tuberías de acero y HDPE con diámetros de 4" y 6" y accesorios, los cuales se detallan en la tabla 51.

Tabla 51.*Impulsión agua de PTARI a tanques de lavaderos de volquetes.*

N°	Elementos y accesorios	Cantidad
1	Tubería de 6" Sch 80	1
2	Válvula de mariposa de 6" clase 150	1
3	Tubería de 6" Sch 40	1
4	Filtro 6"	1
5	Tubería de 6" Sch 40	1
6	Reducción de 6" a 4" Sch 40	1
7	Ampliación de 3" a 6" Sch 40	1
8	Tubería de 6" Sch 40	1
9	Válvula check 6" clase 150	1
10	Tubería de 6" Sch 40	1
11	Válvula mariposa 6" clase 150	1
12	Tee de 6" Sch 40	2
13	Tubería de 6" Sch 40	1
14	Tee de 6" Sch 40	1
15	Tubería de 6" Sch 40	1
16	Válvula de mariposa de 6" clase 150	1
17	Tubería de 6" Sch 40	1
18	Tubería de 6" HDPE SDR 11	1
19	Codo de 6" 90° HDPE SDR 11	1
20	Tubería de 6" HDPE SDR 11	1
21	Tee 6" x 4 HDPE SDR 11	1
22	Tubería de 6" HDPE SDR 11	1
23	Codo de 6" 90° HDPE SDR 11	2
24	Tubería de 6" HDPE SDR 11	1
25	Tee 6" HDPE SDR 11	1
26	Reducción de 6" x 4" SDR 11	1
27	Tubería de 6" HDPE SDR 11	1
28	Tubería de 6" SCH 40	1
29	Válvula de mariposa 6" clase 150	3
30	Tee 6" SCH 40	1
31	Codo 6" 90° SCH 40	5

Fuente: Elaboración propia.

3.7.6. Determinación de cálculos de los elementos del sistema de bombeo

Tabla 52.

Elementos de cálculo del sistema de bombeo.

N°	Ítems	Unidad
1	Descripción de la condición del elemento	Funcionalidad
2	Tipo de material	Acero, HDPE
3	Diámetro exterior (\varnothing)	pulgadas
4	Diámetro exterior (\varnothing)	milímetros
5	Espesor	milímetros
6	Diámetro interior (\varnothing)	milímetros
7	Cantidad	N° elementos
8	Largo	m
9	Caudal	m ³ /s
10	Velocidad	m/s
11	Número de Reynolds	Re
12	Rugosidad	s/u
13	Factor K	factor
14	Coefficiente de fricción (f)	factor
15	Pérdidas de la permeabilidad (hk)	cm ² , m ²
16	Pérdidas por fricción totales (hf)	m
17	Pérdidas de potencia (hp)	metros

Fuente: Elaboración propia.

3.7.7. Resultados

Tabla 53.

Cálculo del TDH: Línea primaria a lavadero de volquetes.

N°	Estimaciones	Unidad	Cantidad
1	TDH total	m.c.a.	21.59
2	Milímetro de columna de agua (m.c.a.)	psi	30.84
3	Largo del recorrido	metros	221.00
4	H.P.	metros	11.00

Fuente: Elaboración propia.

3.8. Memoria de cálculo de impulsión desde las bombas de PTARI hasta el tanque de lavadero de semipesado.

Se presentan los datos determinados como son la información ambiental, cálculos del agua tratada, cotas, potencias, datos del flujo del agua tratada:

3.8.1. Cálculo del agua tratada.

Tabla 54.

Memoria de cálculo PTARI – lavadero semipesado.

Memoria de cálculo	Unidad	Lavadero tractores
Densidad	kg/m ³	998.29
Temperatura	°C	20.00
Peso específico	N/m ³	9783.242
Viscosidad dinámica	Ns/m ²	0.001003
Viscosidad cinemática	m ² /seg.	1.00 E-06
Presión	atmosferas	0.719

Fuente: Elaboración propia.

3.8.2. Parámetros ambientales de la zona en estudio.

Tabla 55.

Parámetros ambientales PTARI – Lavadero de semipesado.

Parámetros ambientales	Unidad	Cantidad
Presión atmosférica	kPa	72.85
Presión de vapor de agua a 20°C	Pascales	2,339.3
Δ geo máxima	metros	7.66

Fuente: Elaboración propia

3.8.3. Información del agua tratada.

Tabla 56.

Impulsión de agua tratada PTARI-Lavadero semipesado.

Memoria de cálculo	Unidad	Cantidad
Caudal a tk de lavadero de semipesado	m ³ /hora	117.0
Factor de seguridad	%	10.0
Caudal de diseño	m ³ /hora	128.7

Fuente: Elaboración propia.

3.8.4. Cotas.

Tabla 57.

Cotas de nivel de bombeo PTARI- lavadero semipesados.

Cotas	Unidad	Cantidad
Nivel de la boquilla de descarga tk agua tratada PTARI.	m.s.n.m.	2,769.84
5 PSI de presión en el punto de entrega	m.c.a.	3.50
Nivel del punto de llegada ó el punto más alto en recorrido de agua hacia el lavadero de semipesados.	m.s.n.m.	2,774.00
Nivel final de llegada	m.s.n.m.	2,777.50

Fuente: Elaboración propia

3.8.5. Elementos:

Tabla 58.

Impulsión agua de PTARI a tanques de lavaderos de semipesados.

N°	Elementos y accesorios	Cantidad
1	Tubería de 6" Sch 80	1
2	Válvula de mariposa de 6" clase 150	1
3	Tubería de 6" Sch 40	1
4	Filtro 6"	1

5	Tubería de 6" Sch 40	1
6	Reducción de 6" a 4" Sch 40	1
7	Ampliación de 3" a 6" Sch 40	1
8	Tubería de 6" Sch 40	1
9	Válvula check 6" clase 150	1
10	Tubería de 6" Sch 40	1
11	Válvula mariposa 6" clase 150	1
12	Tee de 6" Sch 40	1
13	Tubería de 6" Sch 40	1
14	Tee de 6" Sch 40	1
15	Tubería de 6" Sch 40	1
16	Válvula de mariposa de 6" clase 150	1
17	Tubería de 6" Sch 40	1
18	Tubería de 6" HDPE SDR 11	1
19	Codo de 6" 90° HDPE SDR 11	1
20	Tubería de 6" HDPE SDR 11	1
21	Tee 6" x 4 HDPE SDR 11	1
22	Tubería de 4" HDPE SDR 11	1
23	Tubería de 4" SCH 40	1
24	Válvula de mariposa 4" clase 150	3
25	Tee 4" SCH 40	1
26	Codo 6" 90° SCH 40	6

Fuente: Elaboración propia

3.8.6. Determinación de cálculos de los elementos del sistema de bombeo.

Tabla 59.

Elementos de cálculo en la conducción a lavadero de semipesado.

N°	Ítems	Unidad
1	Descripción de la condición del elemento	Funcionalidad
2	Tipo de material	Acero, HDPE
3	Diámetro exterior (\varnothing)	pulgadas
4	Diámetro exterior (\varnothing)	milímetros
5	Espesor	milímetros
6	Diámetro interior (\varnothing)	milímetros

7	Cantidad	N° elementos
8	Largo	m
9	Caudal	m ³ /s
10	Velocidad	m/s
11	Número de Reynolds	Re
12	Rugosidad	s/u
13	Factor K	factor
14	Coefficiente de fricción (f)	factor
15	Pérdidas de la permeabilidad (hk)	cm ² m ²
16	Pérdidas por fricción totales (hf)	m
17	Perdidas de potencia (hp)	metros

Fuente: Elaboración propia.

3.8.7. Resultados.

Tabla 60.

Cálculo de: Línea primaria a lavadero de semipesados.

N°	Estimaciones	Unidad	Cantidad
1	TDH total	m.c.a.	21.95
2	Presión de agua (m.c.a.)	psi	31.35
3	Largo del recorrido	metros	123.00
4	H.P.	metros	14.29

Fuente: Elaboración propia.

3.9. Consolidado de memoria de cálculo de impulsión de agua tratada

Tabla 61.

Memoria de cálculo de la línea de impulsión de PTARI a lavaderos.

MEMORIA DE CALCULO IMPULSION DE AGUA TRATADA DESDE DOCUMENTO BOMBAS C2-5790-PW-2917/2918 DE PTARI A TANQUES DE LAVADERO DE TRACTORES						
Succión					Nominal(pulg)	Espesor
Diámetro succión	ds	=	0.154	m	6.625	0.28
Velocidad en succión	Vs	=	1.82	m/s		
Longitud succión	Ls	=	2.000	m		
Suma coeficientes	Σkma		2.000			
Pérdida x .accesorios coeficiente pérdida	kme	=	2.000			
entrada	Σkmv	=	2.000			
Suma coefis. pérdid.						
Válv./codos	kms	=	6.000			
Pérdidas fricción succión	hfs	=	$f \cdot Ls \cdot V^2 / (d \cdot 2 \cdot g)$	=	0.038	m
Pérdidas menores succión	hms	=	$kms \cdot (V^2 / 2g)$	=	1.013	m
H pérdidas succión total	Hs	=	Σhfs+Σhms	=	1.05	m
NPSH (considerando que opera a 2770 msnm)						
altura msnm			2770.5	msnm	9089.57	pies
Longitud succión	Ls	=	2	m		
Velocidad de succión	Vs	=	1.82	m/s		
Suma coefis pérdidas menores	Σkms	=	6.000			

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 62.

Memoria de cálculo de la línea de impulsión de PTARI a lavaderos.

DOCUMENTO		MEMORIA DE CALCULO IMPULSION DE AGUA TRATADA DESDE BOMBAS C2-5790-PW-2917/2918 DE PTARI A TANQUES DE LAVADERO DE TRACTORES			
Peso específico	pe	=	9810	N/m ³	
Presión atmosférica	Pa	=	72166.04	N/m ²	10.4668 psi
A temp. 15°					
Densidad del fluido	p	=	1000	kg/m ³	
Presión de vapor	Pv	=	0.180	m	1767.13 N/m ² 0.26 psi
Altura bomba-nivel succión	hs	=	0.8	m	
Pérdidas menores succión	hms	=	$km*(V^2/2g)$	=	1.013 m
Pérdidas fricción succión	hfs	=	$f*L*V^2/(d*2*g)$	=	0.038 m
	Hs	=	$hms+(Vs^2/2g)$	=	-0.081 m

NPSH

$$\frac{\text{disponible}}{\text{disponible}} = \frac{(Pa/\rho g) - (Pv/\rho g) + Hs}{\text{disponible}} = \underline{\underline{7.1 \text{ m}}}$$

Fuente: Elaboración propia.

El TDH total máximo para la línea por ejemplo de lavadero de tractores

determinamos por:

Altura de succión : 2769.84 m.s.n.m.

Altura de descarga ; 2779.16 m.s.n.m.

Altura geo máxima : 9.32 m

Pérdida por fricción : 28.849

$$P = 1000 \text{ (kg/m}^3\text{)} \times 9.32 \text{ (m)} \times 9.80665 \text{ (m/s}^2\text{)} = 91,397.978 \text{ Pa} = 9.32 \text{ m.c.a.}$$

Siendo el T.D.H. = 38.17.

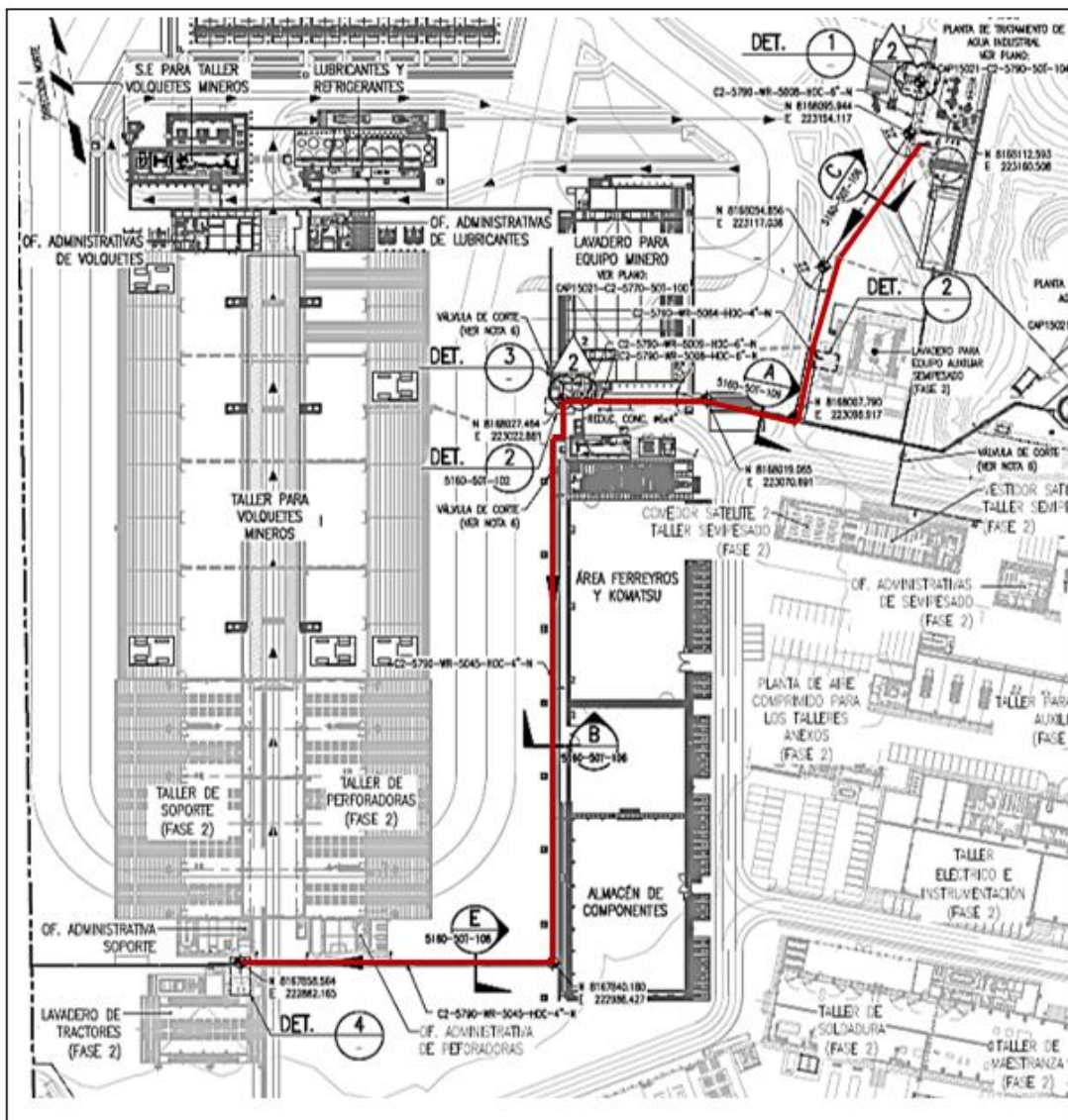
El TDH total máximo para la línea primaria es de 23.16

El TDH total máximo para la línea de lavadero de volquetes es de 21.59

El TDH total máximo para la línea de lavadero de semipesado es de 21.95

Figura 54.

Plano de línea troncal de la línea de impulsión.



Fuente: Prodis-SMCV.

3.10. Metrados del sistema de impulsión de agua para lavadero de equipo minero.

Para la instalación del sistema de impulsión de agua tratada por tuberías, tiene los siguientes componentes de suministros, los cuales se encuentran detallados en cantidad, diámetros, así como en metros lineales y algunas observaciones descriptivas.

Tabla 63.*Metrados de tuberías y accesorios. Lavadero equipo minero (1).*

Área de Trabajo		5770 SISTEMA DE AGUA PARA LAVADERO EQUIPO MINERO			
ITEM	DESCRIPCION	DIA	UND	CAN	OBSERVACION
1.00	SUMINISTRO DE TUBERIAS				
	Tubería sin costura, acero al carbono ASTM A53 Gr.				
1.01	B, Sch 40, dimensiones según ASME B16.10, extremos biselados	6"	ML	42.00	PR 92574234
	Tubería sin costura, acero al carbono ASTM A53 Gr.				
1.02	B, Sch 40, dimensiones según ASME B16.10, extremos biselados	4"	ML	180.00	PR 92574234 / PR 92574791
	Tubería sin costura, acero al carbono ASTM A53 Gr.				
1.03	B, Sch 40, dimensiones según ASME B16.10, extremos biselados	3"	ML	48.00	PR 92574234
	Tubería sin costura, acero al carbono ASTM A53 Gr.				
1.04	B, Sch 40, dimensiones según ASME B16.10, extremos biselados	2 1/2"	ML	6.00	PR 92574234
	Tubería sin costura, acero al carbono ASTM A53 Gr.				
1.05	B, Sch 80, dimensiones según ASME B36.10, extremos biselados	2"	ML	42.00	PR 92574234
	Tubería sin costura, acero al carbono ASTM A53 Gr.				
1.06	B, Sch 80, dimensiones según ASME B36.10, extremos biselados	1 1/2"	ML	18.00	PR 92574234
	Tubería sin costura, acero al carbono ASTM A53 Gr.				
1.07	B, Sch 80, dimensiones según ASME B36.10, extremos planos	1"	ML	228.00	PR 92574234
	Tubería sin costura, acero al carbono ASTM A53 Gr.				
1.08	B, Sch 80, dimensiones según ASME B36.10, extremos planos	1/2"	ML	6.00	PR 92574234
	Tubería de Polietileno de alta densidad (HDPE)				
1.09	ASTM D3350 PE4710, SDR 11, dimensiones según ASTM F714 / D3035, extremos planos para termo fusión.	4"	ML	120.00	PR 92574664
	Tubería de Polietileno de alta densidad (HDPE)				
1.10	ASTM D3350 PE4710, SDR 11, dimensiones según ASTM F714 / D3035, extremos planos para termo fusión.	2"	ML	264.00	PR 92574664

Fuente: Elaboración propia en base a PRODISE S.R.L

Tabla 64.*Metrados de tuberías y accesorios. Lavadero equipo minero (2).*

Área de Trabajo		5770 SISTEMA DE AGUA PARA LAVADERO EQUIPO MINERO			
ITEM	DESCRIPCION	DIA	UND	CANT	OBSERVACION
2.00	SUMINISTRO DE ACCESORIOS PARA TUBERIAS				
	Codo 90° RL, Sch 40, acero al carbono forjado				
2.01	ASTM A234 Gr. WPB, dimensiones según ASME B16.9, extremos biselados	6"	UND	17.00	PR 92574234
	Codo 45° RL, Sch 40, acero al carbono forjado				
2.02	ASTM A234 Gr. WPB, dimensiones según ASME B16.9, extremos biselados	6"	UND	2.00	PR 92574234
	Codo 90° RL, Sch 40, acero al carbono forjado				
2.03	ASTM A234 Gr. WPB, dimensiones según ASME B16.9, extremos biselados	4"	UND	24.00	PR 92574234 / PR 92574791
	Codo 90° RL, Sch 40, acero al carbono forjado				
2.04	ASTM A234 Gr. WPB, dimensiones según ASME B16.9, extremos biselados	3"	UND	28.00	PR 92574234
	Codo 90°, 150#, hierro maleable ASTM A197,				
2.05	dimensiones según ASME B16.3, extremos roscados NPT	2"	UND	18.00	PR 92574234
	Codo 45°, 150#, hierro maleable ASTM A197,				
2.06	dimensiones según ASME B16.3, extremos roscados NPT	2"	UND	2.00	PR 92574234
	Codo 90°, 150#, hierro maleable ASTM A197,				
2.07	dimensiones según ASME B16.3, extremos roscados NPT	1 1/2"	UND	18.00	PR 92574234
	Codo 90°, 3000#, hierro maleable ASTM A197,				
2.08	dimensiones según ASME B16.3, extremos roscados NPT	1"	UND	56.00	PR 92574234

Fuente: Elaboración propia en base a PRODISE S.R.L.

Tabla 65.*Metrados de tuberías y accesorios. Lavadero equipo minero (2).*

Área de Trabajo		5770 SISTEMA DE AGUA PARA LAVADERO EQUIPO MINERO			
ITEM	DESCRIPCION	DIA	UND	CANT	OBSERVACION
2.09	Codo 90°, 150#, hierro maleable ASTM A197, dimensiones según ASME B16.3, extremos roscados NPT	1"	UND	24.00	PR 92574234
2.10	Codo 45°, 150#, hierro maleable ASTM A197, dimensiones según ASME B16.3, extremos roscados NPT	1"	UND	2.00	PR 92574234
2.11	Codo 90°, 150#, hierro maleable ASTM A197, dimensiones según ASME B16.3, extremos roscados NPT	1/2"	UND	3.00	PR 92574791
2.12	Codo 90°, SDR 11, Moldeado, Polietileno de alta densidad (HDPE) ASTM D3261, extremos planos para termo fusión.	4"	UND	8.00	PR 92574664
2.13	Codo 90°, SDR 11, Moldeado, Polietileno de alta densidad (HDPE) ASTM D3261, extremos planos para termo fusión.	2"	UND	36.00	PR 92574664
2.14	Tee, Sch 40, acero al carbono forjado ASTM A234 Gr. WPB, dimensiones según ASME B16.9, extremos biselados	6" x 6"	UND	4.00	PR 92574234
2.15	Tee, Sch 40, acero al carbono forjado ASTM A234 Gr. WPB, dimensiones según ASME B16.9, extremos biselados	4" x 4"	UND	7.00	PR 92574234 / PR 92574791
2.16	Tee, 150#, hierro maleable ASTM A197, dimensiones según ASME B16.3, extremos roscados NPT	2" x 2"	UND	2.00	PR 92574234
2.17	Tee, 3000#, hierro maleable ASTM A197, dimensiones según ASME B16.3, extremos roscados NPT	1" x 1"	UND	2.00	PR 92574234
2.17	Tee reductora, Sch 40, acero al carbono forjado ASTM A234 Gr. WPB, dimensiones según ASME B16.9, extremos biselados	4"x3"	UND	24.00	PR 92574234
2.18	Tee, SDR 11, Moldeado, Polietileno de alta densidad (HDPE) ASTM D3261, extremos planos para termo fusión.	4" x 4"	UND	2.00	PR 92574664

Fuente: Elaboración propia en base a PRODIS E S.R.L.

Tabla 66.*Metrados de tuberías y accesorios. Lavadero equipo minero (3).*

Área de Trabajo 5770 SISTEMA DE AGUA PARA LAVADERO EQUIPO MINERO					
ITE M	DESCRIPCION	DIA	UND	CAN T	OBSERVACION
2.19	Reducción excéntrica, Sch 40, acero al carbono forjado ASTM A234 Gr. WPB, dimensiones según ASME B16.9, extremos biselados	6"x4"	UND	3.00	PR 92574234
2.20	Reducción concéntrica, Sch 40, acero al carbono forjado ASTM A234 Gr. WPB, dimensiones según ASME B16.9, extremos biselados	6"x4"	UND	2.00	PR 92574791
2.21	Reducción concéntrica, Sch 40, acero al carbono forjado ASTM A234 Gr. WPB, dimensiones según ASME B16.9, extremos biselados	3"x2 1/2"	UND	20.00	PR 92574234
2.22	Reducción concéntrica, Sch 40, acero al carbono forjado ASTM A234 Gr. WPB, dimensiones según ASME B16.9, extremos biselados	3"x1 1/2"	UND	4.00	PR 92574234
2.23	Reducción concéntrica, 150#, hierro maleable ASTM A197, dimensiones según ASME B16.3, extremos roscados NPT	2"x1"	UND	4.00	PR 92574234
2.24	Unión universal, 150#, hierro maleable ASTM A197, dimensiones según ASME B16.3 extremos roscados NPT	2"	UND	16.00	PR 92574234
2.25	Unión universal, 150#, hierro maleable ASTM A197, dimensiones según ASME B16.3, extremos roscados NPT	1"	UND	18.00	PR 92574234
2.26	Unión, 3000#, acero al carbono forjado ASTM A105, dimensiones según ASME B16.3, extremos roscados NPT	1"	UND	16.00	PR 92574234
2.27	Brida slip on, acero al carbono forjado ASTM A105, dimensiones según ASME B16.5, 150#, cara resaltada(RF)	6"	UND	43.00	PR 92574234
2.28	Brida welding neck, acero al carbono forjado ASTM A105, dimensiones según ASME B16.5, 150#, cara resaltada (RF)	6"	UND	6.00	PR 92574234 / PR 92574791

Fuente: Elaboración propia en base a PRODIS E S.R.L.

Tabla 67.*Metrados de tuberías y accesorios. Lavadero equipo minero (4).*

Área de Trabajo		5770 SISTEMA DE AGUA PARA LAVADERO EQUIPO MINERO				
ITE	DESCRIPCION	DIA	UND	CAN T	OBSERVACIO N	
2.29	Brida slip on, acero al carbono forjado ASTM A105, dimensiones según ASME B16.5, 150#, cara resaltada(RF)	4"	UND	95.00	PR 92574234 / PR 92574791	
2.30	Brida slip on, acero al carbono forjado ASTM A105, dimensiones según ASME B16.5, 150#, cara resaltada(RF)	3"	UND	92.00	PR 92574234	
2.31	Brida welding neck, acero al carbono forjado ASTM A105, dimensiones según ASME B16.5, 150#, cara resaltada (RF)	2 1/2"	UND	20.00	PR 92574234	
2.32	Brida welding neck, acero al carbono forjado ASTM A105, dimensiones según ASME B16.5, 150#, cara resaltada (RF)	4"	UND	3.00	PR 92574234	
2.33	Brida slip on, acero al carbono forjado ASTM A105, dimensiones según ASME B16.5, 150#, cara resaltada(RF)	2"	UND	14.00	PR 92574234	
2.34	Brida slip on, acero al carbono forjado ASTM A105, dimensiones según ASME B16.5, 150#, cara plana (RF)	1 1/2"	UND	8.00	PR 92574234	
2.35	Brida slip on, acero al carbono forjado ASTM A105, dimensiones según ASME B16.5, 900 #, cara resaltada (RF)	1"	UND	8.00	PR 92574234	
2.36	Brida blind, acero al carbono forjado ASTM A105, dimensiones según ASME B16.5, 150#, cara resaltada (RF)	4"	UND	6.00	PR 92574234	
2.37	Brida de respaldo (Backing ring), 150#, hierro dúctil ASTM A536, dimensiones según ASME B16.5, cara plana (FF)	4"	UND	4.00	PR 92574664	
2.38	Adaptador de brida (Flange adapter), SDR 11, Polietileno de alta densidad (HDPE) ASTM D3035 PE4710, extremos planos para termo fusión.	4"	UND	4.00	PR 92574664	
2.39	Brida de respaldo (Backing ring), 150#, hierro dúctil ASTM A536, dimensiones según ASME B16.5, cara plana (FF)	2"	UND	14.00	PR 92574664	

Fuente: Elaboración propia en base a PRODIS E S.R.L.

Tabla 68.*Metrados de tuberías y accesorios. Lavadero equipo minero (5).*

Área de Trabajo		5770 SISTEMA DE AGUA PARA LAVADERO EQUIPO MINERO				
ITE	DESCRIPCION	DIA	UND	CAN	OBSERVACION	
M				T		
	Adaptador de brida (Flange adapter), SDR 11,					
2.40	Polietileno de alta densidad (HDPE) ASTM D3035 PE4710, extremos planos para termo fusión.	2"	UND	14.00	PR 92574664	
2.41	Threadolet, 3000#, acero al carbono forjado ASTM A105, dimensiones según ASME B16.11, extremos biselados	4"x 1/2"	UND	10.00	PR 92574234 / PR 92574791	
2.42	Busing hexagonal, 150#, hierro maleable ASTM A197, dimensiones según ASME B16.3, extremos roscados NPT	2" x 1/2"	UND	2.00	PR 92574234	
2.43	Busing hexagonal, 3000#, hierro maleable ASTM A197, dimensiones según ASME B16.3, extremos roscados NPT	1" x 3/4"	UND	2.00	PR 92574234	
2.44	Unión universal, 150#, hierro maleable ASTM A197, dimensiones según ASME B16.3, extremos roscados NPT	1 1/2"	UND	12.00	PR 92574234	
2.45	Coupling, de manguera universal 300#	1/2"	UND	2.00		
2.46	Coupling, de manguera universal 150#	1/2"	UND	2.00		
2.47	Empaquetadura plana libre de asbesto, Caucho de Nitrilo (NBR), 150# espesor 1/8", dimensiones según ASME B16.21, para bridas de cara resaltada plana (RF)	6"	UND	28.00	PR 92574702	
2.48	Empaquetadura plana libre de asbesto, Caucho de Nitrilo (NBR), 150# espesor 1/8", dimensiones según ASME B16.21, para bridas de cara resaltada plana (RF)	4"	UND	78.00	PR 92574702	
2.49	Empaquetadura plana libre de asbesto, Caucho de Nitrilo (NBR), 150# espesor 1/8", dimensiones según ASME B16.21, para bridas de cara resaltada plana (RF)	3"	UND	70.00	PR 92574702	
2.50	Empaquetadura plana libre de asbesto, Caucho de Nitrilo (NBR), 150# espesor 1/8", dimensiones según ASME B16.21, para bridas de cara resaltada plana (RF)	2"	UND	14.00	PR 92574702	

Fuente: Elaboración propia en base a Prodise S.R.L.

Tabla 69.

Metrados de tuberías y accesorios. Lavadero equipo minero (6).

Área de Trabajo		5770 SISTEMA DE AGUA PARA LAVADERO EQUIPO MINERO			
ITE	DESCRIPCION	DIA	UND	CANT	OBSERVACION
	Empaquetadura plana libre de asbesto, spiral wound				
2.51	clase 900 # espesor 1/8", dimensiones según ASME B16.21, para bridas de cara resaltada plana (RF)	1"	UND	4.00	PR 92574702
	Empaquetadura plana libre de asbesto, Caucho de Nitrilo (NBR), 150# espesor 1/8", dimensiones según ASME B16.21, para bridas de cara resaltada plana (RF)	1 1/2"	UND	4.00	PR 92574702
2.53	Barra roscada de 3/4" de 3.6 metros de longitud aleación de acero ASTM A193 Gr B7	3/4"	UND	11.00	PR 92574748
2.54	Barra roscada de 5/8" de 3.6 metros de longitud aleación de acero ASTM A193 Gr B7	5/8"	UND	21.00	PR 92574748
2.55	Barra roscada de 1/2" de 3.6 metros de longitud aleación de acero ASTM A193 Gr B7	1/2"	UND	3.00	PR 92574748
2.56	Tuercas hexagonales de 3/4" ASTM A194 Gr 2H	3/4"	UND	608.00	PR 92574748
2.57	Tuercas hexagonales de 5/8" ASTM A194 Gr 2H	5/8"	UND	1,192.00	PR 92574748
2.58	Tuercas hexagonales de 1/2" ASTM A194 Gr 2H	1/2"	UND	128.00	PR 92574748
3.00 SUMINISTRO DE VÁLVULAS					
3.01	Válvula mariposa tipo lug, 175 PSI, cuerpo hierro dúctil ASTM A395 Gr.60/40/18, disco hierro dúctil ASTM A536 Gr.65/45/12, eje inox 316 o 416, asiento BUNA-N, extremos para bridas ASME B16.5, bidireccional, cero fugas según API 598, operación con caja de engranajes.	6"	UND	9.00	PR 92574708
3.02	Válvula mariposa tipo lug, 175 PSI ON / OFF Eléctrica	6"	UND	2.00	
3.03	Válvula mariposa tipo lug, 175 PSI, cuerpo hierro dúctil ASTM A395 Gr.60/40/18, disco hierro dúctil ASTM A536 Gr.65/45/12, eje inox 316 o 416, asiento BUNA-N, extremos para bridas ASME B16.5, bidireccional, cero fugas según API 598, operación con caja de engranajes	4"	UND	11.00	PR 92574708 / PR 92574792

Fuente: Elaboración propia en base a PRODISSE S.R.L.

Tabla 70.*Memoria Metrados de tuberías y accesorios. Lavadero equipo minero (7).*

Área de Trabajo		5770 SISTEMA DE AGUA PARA LAVADERO EQUIPO MINERO			
ITE	DESCRIPCION	DIA	UND	CANT	OBSERVACION
3.04	Válvula mariposa tipo lug, 175 PSI, cuerpo hierro dúctil ASTM A395 Gr.60/40/18, disco hierro dúctil ASTM A536 Gr.65/45/12, eje inox 316 o 416, asiento BUNA-N, extremos para bridas ASME B16.5, bidireccional, cero fugas según API 598, operación con caja de engranajes	3"	UND	22.00	PR 92574708
3.05	Válvula mariposa tipo lug, 175 PSI ON / OFF HIDRAULICA	3"	UND	2.00	
3.06	Válvula de retención tipo lug, doble disco, 150# (RF), cuerpo acero al carbono ASTM A216 Gr. WCB, claveta de acero inoxidable AISI 316, asiento BUNA-N, extremos para bridas ASME B16.5	4"	UND	4.00	PR 92574792
3.07	Válvula de bola, 2 piezas, 1000 PSI, cuerpo acero al carbono ASTM A216 Gr. WCB, bola acero al carbono ASTM A216 Gr. WCB, asiento PTFE, extremos roscados NPT, una pieza, operación con palanca	2"	UND	7.00	PR 92574708
3.08	Válvula de bola, 2 piezas, 1000 PSI, cuerpo acero al carbono ASTM A216 Gr. WCB, bola acero al carbono ASTM A216 Gr. WCB, asiento PTFE, extremos roscados NPT, una pieza, operación con palanca	1 1/2"	UND	4.00	PR 92574708
3.09	Válvula de bola, 2 piezas, 2000 PSI, cuerpo acero al carbono ASTM A216 Gr. WCB, bola acero al carbono ASTM A216 Gr. WCB, asiento PTFE, extremos roscados NPT, una pieza, operación con palanca	1"	UND	8.00	PR 92574708
3.10	Válvula de bola, 2 piezas, 1000 PSI, cuerpo acero al carbono ASTM A216 Gr. WCB, bola acero al carbono ASTM A216 Gr. WCB, asiento PTFE, extremos roscados NPT, una pieza, operación con palanca	3/4"	UND	4.00	PR 92574708

Fuente: Elaboración propia en base a PRODISE S.R.L.

Tabla 71.

Memoria Metrados de tuberías y accesorios. Lavadero equipo minero (8).

Área de Trabajo 5770 SISTEMA DE AGUA PARA LAVADERO EQUIPO MINERO					
ITE	DESCRIPCION	DIA	UND	CAN	OBSERVAC
M				T	ION
3.11	Válvula de bola, 2 piezas, 1000 PSI, cuerpo acero al carbono ASTM A216 Gr. WCB, bola acero al carbono ASTM A216 Gr. WCB, asiento PTFE, extremos roscados NPT, operación con palanca	1/2"	UND	10.00	PR 92574792
3.12	Válvula de bola, 2 piezas, 2000 PSI, cuerpo acero al carbono ASTM A216 Gr. WCB, bola acero al carbono ASTM A216 Gr. WCB, asiento PTFE, extremos roscados NPT, operación con palanca	1/2"	UND	2.00	PR 92574792
3.13	Flujómetros magnético de 6" clase 150 #	6"	UND	2.00	
3.14	Filtro tipo canasta extremos para bridas ASME B16.5	6"	UND	3.00	PR 92574729

Fuente: Elaboración propia en base a PRODISE S.R.L.

La tubería de acero tiene una longitud por pieza de 6 metros.

La tubería de HDPE de 6" tiene una longitud por pieza de 12 metros.

La tubería de HDPE de 2" se suministró en rollos de 100 metros.

3.11. Puntos de operación

3.11.1. Puntos de Operación de los 3 sistemas en conjunto

Puntos de operación:

Tabla 72.*Bombas en paralelo y curva de la bomba.*

Bombas en Paralelo 3 sistemas juntos		CURVA DE LA BOMBA	
Q (m3/h)	H (m)	Q (m3/h)	H (m)
0	11.0100144	0	43.2
10	11.3360054	20	43.1
20	12.3139782	50	43
30	13.9439328	60	42.9
40	16.2258693	61.05	42.89
50	19.1597877	72.7	42.83
60	22.745688	80	42
61.05	23.1600306	90	41
70	26.9835701	100	40
80	31.873434		
90	37.4152798		
100	43.6091075		

Fuente: Sociedad Minera Cerro Verde.

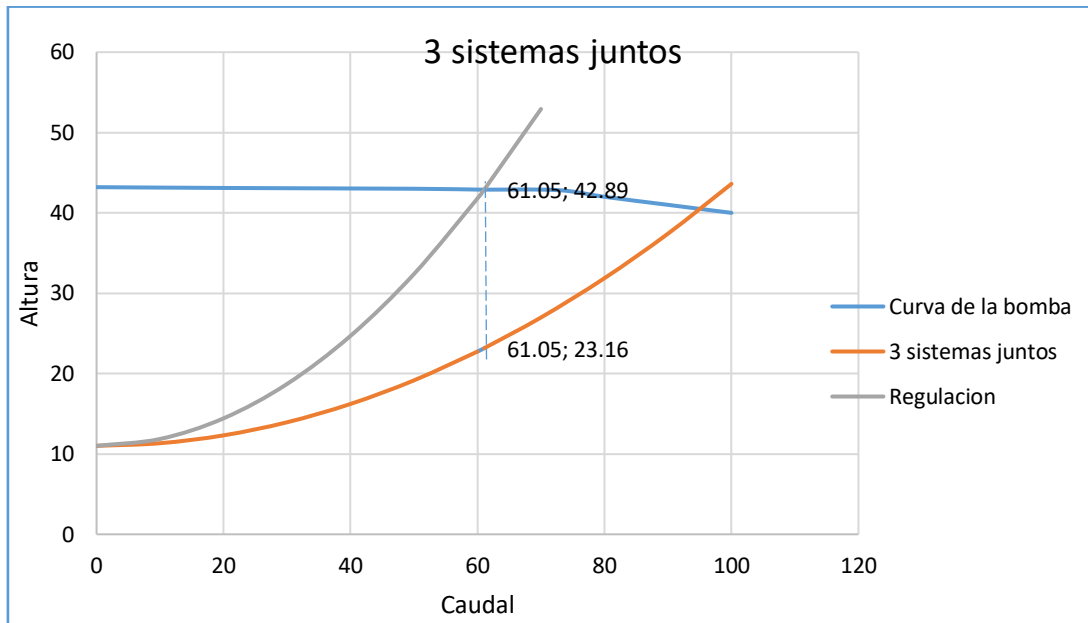
Tabla 73.*Regulación de caudal y altura.*

Regulación	
Q (m3/h)	H (m)
0	11.0100334
10	11.8653922
20	14.4314687
30	18.7082628
40	24.6957745
50	32.3940039
60	41.802951
61.05	42.8901334
70	52.9226157

Fuente: Sociedad Minera Cerro Verde.

Figura 55.

Curvas características de los puntos de operación de los 3 sistemas juntos.



Fuente: Elaboración propia en base a información de SMCV.

3.11.2. Puntos de operación en Lavadero de Tractores

Tabla 74.

Bombas en paralelo y curva de la bomba.

Bomba 67 m ³ /h		CURVA DE LA BOMBA	
Q (m ³ /h)	H (m)	Q (m ³ /h)	H (m)
0	9.32016784	0	43.3
10	9.85131991	20	43.2
20	11.4447761	50	43.1
30	14.1005365	60	43
40	17.8186009	72.7	42.83
50	22.5989696	73.7	42.7
60	28.4416423	80	42
70	35.3466192	90	41
73.7	38.1707017	100	40
80	43.3139002		
90	52.3434854		

Fuente: Sociedad Minera Cerro Verde.

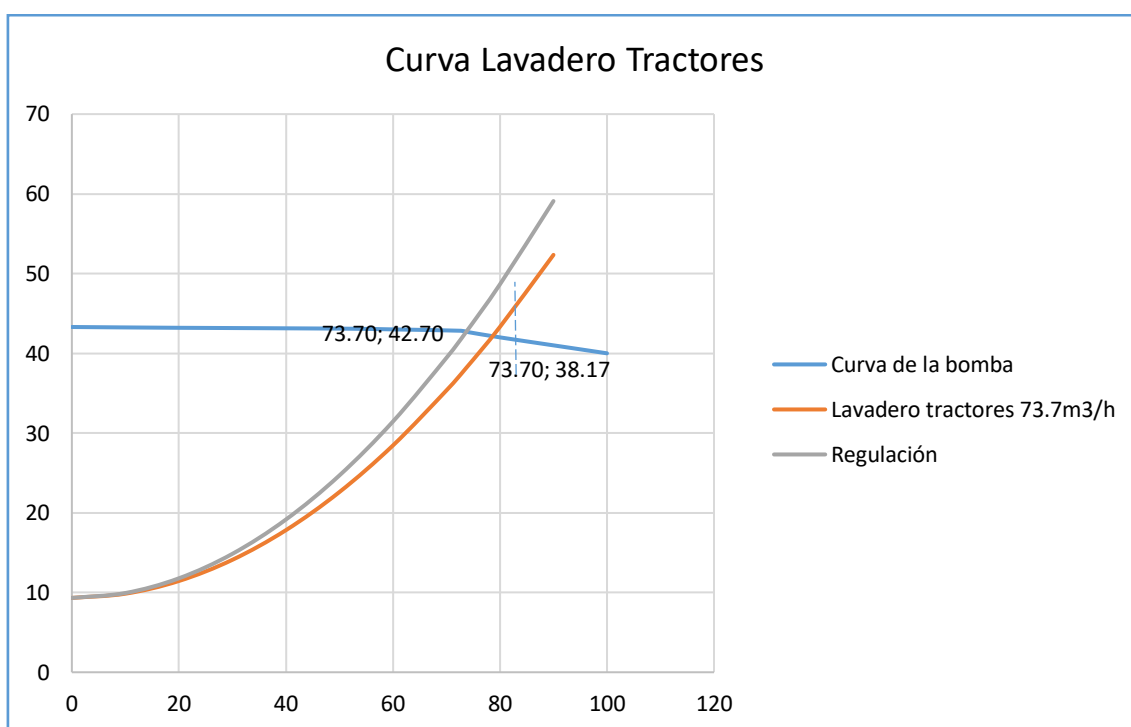
Tabla 75.
Regulación de caudal y altura.

Regulación	
Q (m ³ /h)	H (m)
0	9.32004892
10	9.93459397
20	11.7782291
30	14.8509544
40	19.1527698
50	24.6836752
60	31.4436708
70	39.4327565
73.7	42.7002311
80	48.6509323
90	59.0981982

Fuente: Sociedad Minera Cerro Verde.

Figura 56.

Curvas características de los puntos de operación de Lavadero de Tractores.



Fuente: Elaboración propia en base a información de SMCV.

3.11.3. Puntos de operación en el Lavadero de Volquetes

Tabla 76.

Puntos de operación lavadero de volquetes.

Bombas en paralelo 129m ³ /h-64.9		CURVA DE LA BOMBA	
Q (m ³ /h)	H (m)	Q (m ³ /h)	H (m)
0	10.59	0	43.3
10	10.851158	20	43.2
20	11.6346319	50	43.1
30	12.9404218	60	43
40	14.7685276	64.9	42.9
50	17.1189494	72.7	42.83
60	19.9916871	80	42
64.9	21.59	90	41
70	23.3867407	100	40
80	27.3041104	110	39
90	31.7437959	120	38.5
100	36.7057974		
120	48.1967483		

Fuente: Sociedad Minera Cerro Verde.

Tabla 77.

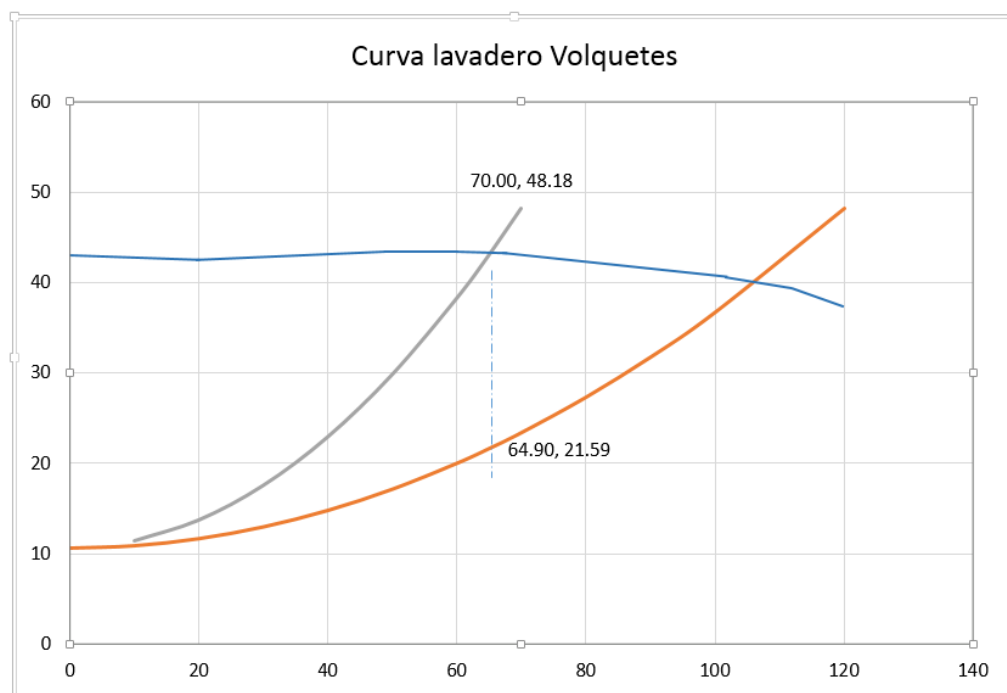
Regulación de caudal y altura.

Regulación	
Q (m ³ /h)	H (m)
0	10.5901964
10	11.3573029
20	13.6586223
30	17.4941546
40	22.8639
50	29.7678582
60	38.2060295
64.9	42.9007978
70	48.1784136

Fuente: Sociedad Minera Cerro Verde.

Figura 57.

Curvas características de los puntos de operación de lavadero de volquetes.



Fuente: Elaboración propia en base a información de SMCV.

3.11.4. Puntos de operación en el Lavadero de Semipesado

Tabla 78.

Puntos de operación en lavadero de semipesado.

Bombas en paralelo 128.7m ³ /h-64.35		CURVA DE LA BOMBA	
Q (m ³ /h)	H (m)	Q (m ³ /h)	H (m)
0	7.66001442	0	43.3
10	8.00510738	20	43.2
20	9.04038623	50	43.1
30	10.765851	60	43
40	13.1815016	64.35	42.9
50	16.2873382	72.7	42.83
60	20.0833607	80	42
64.35	21.9500461	90	41
70	24.569569	100	40
80	29.7459633		
90	35.6125434		
100	42.1693095		

Fuente: Sociedad Minera Cerro Verde.

Tabla 79.

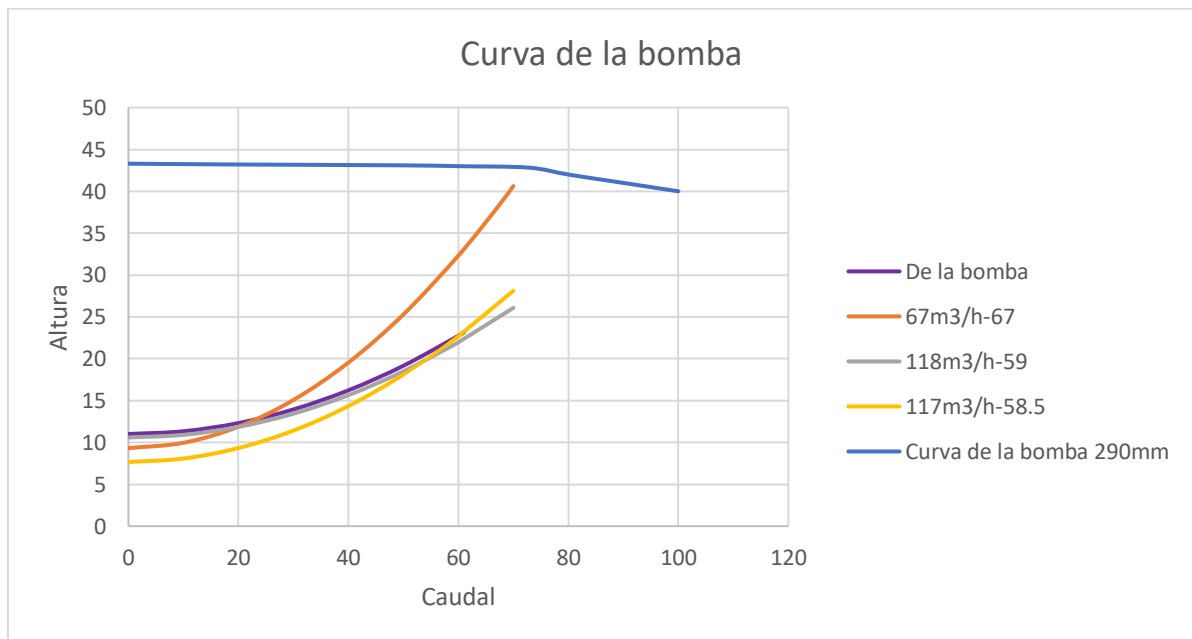
Regulación de caudal y altura.

Regulación	
Q (m ³ /h)	H (m)
0	7.66001736
10	8.51103773
20	11.0640989
30	15.3192007
40	21.2763433
50	28.9355267
60	38.2967508
64.35	42.9001115
70	49.3600157

Fuente: Sociedad Minera Cerro Verde.

Figura 58.

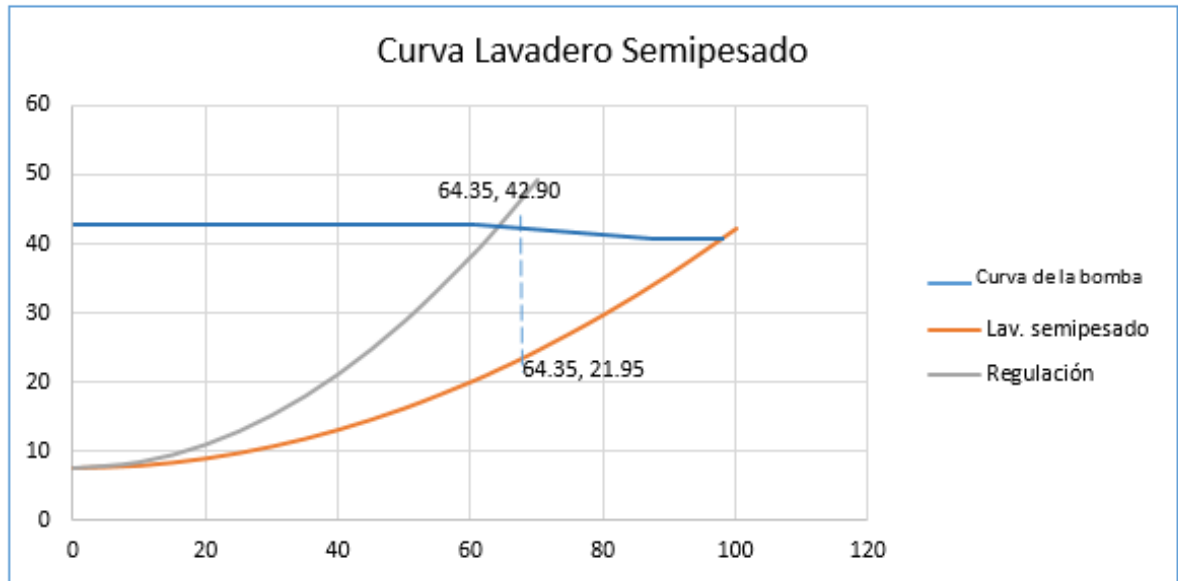
Curvas características de los puntos de operación de Lavadero de Semipesado.



Fuente: Elaboración propia en base a Sociedad Minera Cerro Verde.

Tabla 80.

Curva lavadero de semipesado

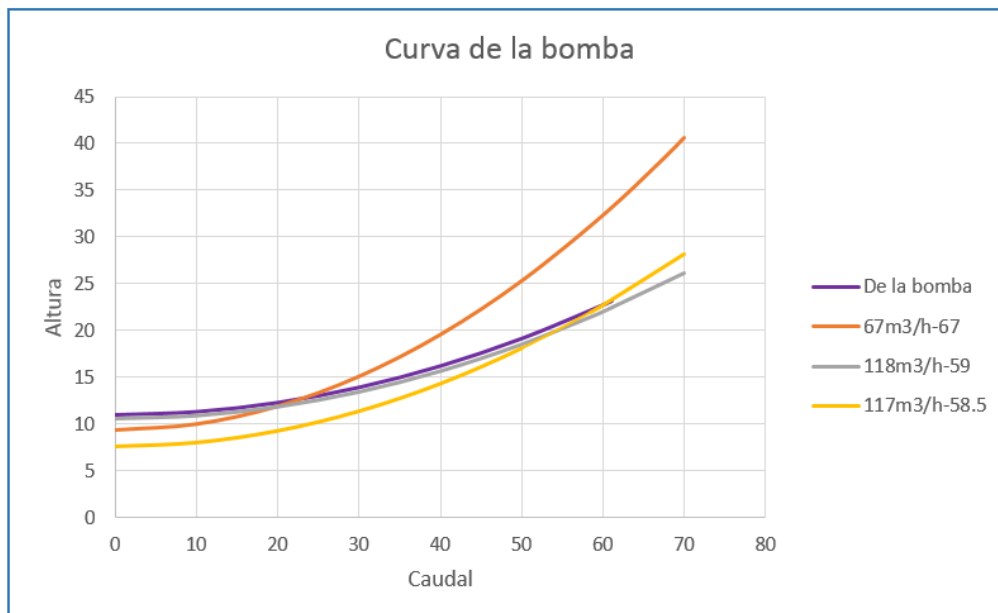


Fuente: Elaboración propia en base a información de SMCV.

3.11.5. Resumen de los Sistemas de bombeo

Figura 59.

Curva resumen de la bomba con los 3 sistemas.



Fuente: Elaboración propia en base a información de SMCV.

CONCLUSIÓN: Para el lavadero de tractores solo se usa una bomba, en los demás casos se opera con 2 bombas en paralelo.

3.12. Selección de la Bomba centrífuga.

De acuerdo a los cálculos realizados y requerimientos en el bombeo de agua tratada, se determina de acuerdo a los siguientes parámetros.

La altura, rendimiento y potencia del motor. Tenemos que la eficiencia de rendimiento de una bomba nueva es del 75%.

La bomba centrífuga elegida es de marca KSB de 60 Hz., y el motor de marca Toshiba,

Tenemos los datos de entrada: De acuerdo a las curvas características de la bomba. Tenemos un r.p.m. de 1750, de tamaño 125-80-315. El NPSH disponible es 7.1.

Figura 60.

Características del motor Toshiba.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 61.

Características de la Bomba hidráulica KSB.



Fuente: Elaboración propia.

Con el caudal de $111 \text{ m}^3/\text{s}$ se aplica cuando se tiene en funcionamiento paralelo de las bombas centrífugas.

Determinando los campos característicos, con la altura en m^3/h a 1,750 r-p-m, de 125-80-315, en el siguiente gráfico determinamos por caudal y altura. La bomba requiere 1775 r.p.m., la bomba más aproximada es la de 1750 r.p.m. De acuerdo al TDH más elevado es de 38.17, se le aplica un 10% adicional, lo cual aproxima a 42,1 y teniendo un caudal máximo de $129.8 \text{ m}^3/\text{h}$. Con estos datos ubicamos el campo que se ubica en 80-315.

Figura 62.

Tamaño de la bomba y número de revoluciones de bomba centrífuga.

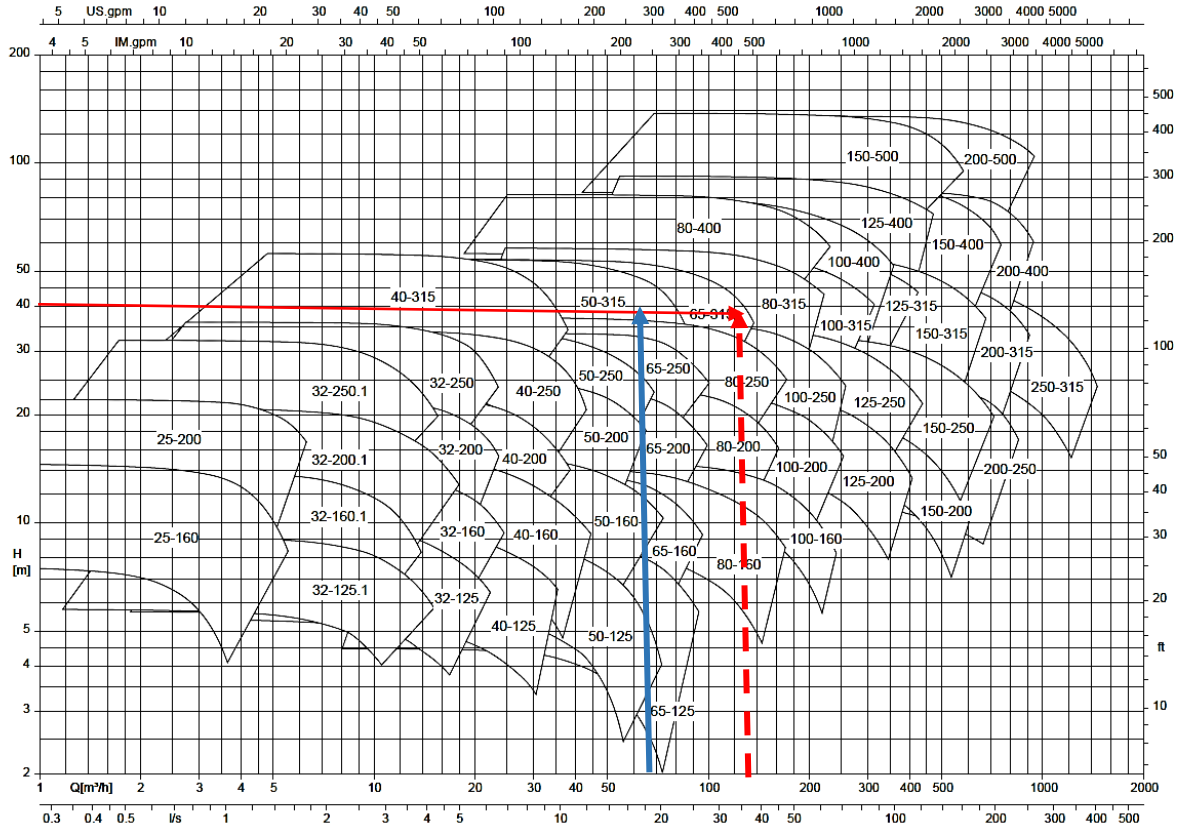
Tamaño	Número de revoluciones [rpm]																			
	3500						1750						1160							
	Meg aC PK	HPK-L	Mag nochem	Mag nochem-Bloc	Meg an orm	Meg ab loc	Meg aC PK	HPK-L	Mag nochem	Mag nochem-Bloc	Meg an orm	Meg ab loc	Meg aC PK	HPK-L	Mag nochem	Mag nochem-Bloc	Meg an orm			
040-025-160	X	X	X	X	X	X	(= Página 12)	X	X	X	X	X	-	(= Página 49)	X	X	X	X	X	(= Página 101)
040-025-200	X	X	X	X	X	X	(= Página 13)	X	X	X	X	X	-	(= Página 50)	X	X	X	X	X	(= Página 102)
050-032-125.1	X	X	X	X	X	X	(= Página 14)	X	X	X	X	X	-	(= Página 51)	X	X	X	X	X	(= Página 103)
050-032-160.1	X	X	X	X	X	X	(= Página 15)	X	X	X	X	X	-	(= Página 52)	X	X	X	X	X	(= Página 104)
050-032-200.1	X	X	X	X	X	X	(= Página 16)	X	X	X	X	X	-	(= Página 53)	X	X	X	X	X	(= Página 105)
050-032-250.1	X	X	X	X	X	X	(= Página 17)	X	X	X	X	X	-	(= Página 54)	X	X	X	X	X	(= Página 106)
050-032-125	X	X	X	X	X	X	(= Página 18)	X	X	X	X	X	-	(= Página 55)	X	X	X	X	X	(= Página 107)
050-032-160	X	X	X	X	X	X	(= Página 19)	X	X	X	X	X	-	(= Página 56)	X	X	X	X	X	(= Página 108)
050-032-200	X	X	X	X	X	X	(= Página 20)	X	X	X	X	X	-	(= Página 57)	X	X	X	X	X	(= Página 109)
050-032-250	X	X	X	X	X	X	(= Página 21)	X	X	X	X	X	-	(= Página 58)	X	X	X	X	X	(= Página 110)
065-040-125	X	X	X	X	X	X	(= Página 22)	X	X	X	X	X	-	(= Página 59)	X	X	X	X	X	(= Página 111)
065-040-160.1	X	-	X	X	X	-	(= Página 23)	X	-	X	X	X	-	(= Página 60)	X	-	X	X	X	(= Página 112)
065-040-160	X	X	X	X	X	X	(= Página 24)	X	X	X	X	X	-	(= Página 61)	X	X	X	X	X	(= Página 113)
065-040-200	X	X	X	X	X	X	(= Página 25)	X	X	X	X	X	-	(= Página 62)	X	X	X	X	X	(= Página 114)
065-040-250.1	X	-	X	X	X	-	(= Página 26)	X	-	X	X	X	-	(= Página 63)	X	-	X	X	X	(= Página 115)
065-040-250	X	X	X	X	X	X	(= Página 27)	X	X	X	X	X	-	(= Página 64)	X	X	X	X	X	(= Página 116)
065-040-315	X	X	X	X	X	-	(= Página 28)	X	X	X	X	X	-	(= Página 65)	X	X	X	X	X	(= Página 117)
080-050-125	X	X	X	X	X	X	(= Página 29)	X	X	X	X	X	-	(= Página 66)	X	X	X	X	X	(= Página 118)
080-050-160	X	X	X	X	X	X	(= Página 30)	X	X	X	X	X	-	(= Página 67)	X	X	X	X	X	(= Página 119)
080-050-200	X	X	X	X	X	X	(= Página 31)	X	X	X	X	X	-	(= Página 68)	X	X	X	X	X	(= Página 120)
080-050-250	X	X	X	X	X	X	(= Página 32)	X	X	X	X	X	-	(= Página 69)	X	X	X	X	X	(= Página 121)
080-050-315.1	X	-	X	X	X	-	(= Página 33)	X	-	X	X	X	-	(= Página 70)	X	-	X	X	X	(= Página 122)
080-050-315	X	X	X	X	X	-	(= Página 34)	X	X	X	X	X	-	(= Página 71)	X	X	X	X	X	(= Página 123)
100-065-125	X	X	X	X	X	X	(= Página 35)	X	X	X	X	X	-	(= Página 72)	X	X	X	X	X	(= Página 124)
100-065-160	X	X	X	X	X	X	(= Página 36)	X	X	X	X	X	-	(= Página 73)	X	X	X	X	X	(= Página 125)
100-065-200	X	X	X	X	X	X	(= Página 37)	X	X	X	X	X	-	(= Página 74)	X	X	X	X	X	(= Página 126)
100-065-250	X	X	X	X	X	-	(= Página 38)	X	X	X	X	X	-	(= Página 75)	X	X	X	X	X	(= Página 127)
100-065-315	X	X	X	X	X	-	(= Página 39)	X	X	X	X	X	-	(= Página 76)	X	X	X	X	X	(= Página 128)
125-080-160	X	X	X	X	X	-	(= Página 40)	X	X	X	X	X	-	(= Página 77)	X	X	X	X	X	(= Página 129)
125-080-200	X	X	X	X	X	-	(= Página 41)	X	X	X	X	X	-	(= Página 78)	X	X	X	X	X	(= Página 130)
125-080-250	X	X	X	X	X	-	(= Página 42)	X	X	X	X	X	-	(= Página 79)	X	X	X	X	X	(= Página 131)
125-080-315	X	X	X	X	X	-	(= Página 43)	X	X	X	X	X	-	(= Página 80)	X	X	X	X	X	(= Página 132)
125-080-400	-	-	-	-	-	-	-	X	X	X	X	X	-	(= Página 81)	X	X	X	X	X	(= Página 133)
125-100-160	X	X	X	X	X	-	(= Página 44)	X	X	X	X	X	-	(= Página 82)	X	X	X	X	X	(= Página 134)
125-100-200	X	X	X	X	X	-	(= Página 45)	X	X	X	X	X	-	(= Página 83)	X	X	X	X	X	(= Página 135)
125-100-250	X	X	X	X	X	-	(= Página 46)	X	X	X	X	X	-	(= Página 84)	X	X	X	X	X	(= Página 136)
125-100-315	X	X	X	X	X	-	(= Página 47)	X	X	X	X	X	-	(= Página 85)	X	X	X	X	X	(= Página 137)
125-100-400	-	-	-	-	-	-	-	X	X	X	X	X	-	(= Página 86)	X	X	X	X	X	(= Página 138)
150-125-200	X	X	X	X	X	-	(= Página 48)	X	X	X	X	X	-	(= Página 87)	X	X	X	X	X	(= Página 139)
150-125-250	-	-	-	-	-	-	-	X	X	X	X	X	-	(= Página 88)	X	X	X	X	X	(= Página 140)
150-125-315	-	-	-	-	-	-	-	X	X	X	X	X	-	(= Página 89)	X	X	X	X	X	(= Página 141)
150-125-400	-	-	-	-	-	-	-	X	X	X	X	X	-	(= Página 90)	X	X	X	X	X	(= Página 142)
200-150-200	-	-	-	-	-	-	-	X	X	X	X	X	-	(= Página 91)	X	X	X	X	X	(= Página 143)
200-150-250	-	-	-	-	-	-	-	X	X	X	X	X	-	(= Página 92)	X	X	X	X	X	(= Página 144)
200-150-315	-	-	-	-	-	-	-	X	X	X	-	X	-	(= Página 93)	X	X	X	-	X	(= Página 145)
200-150-400	-	-	-	-	-	-	-	X	X	X	-	X	-	(= Página 94)	X	X	X	-	X	(= Página 146)
200-150-500	-	-	-	-	-	-	-	X	X	X	-	X	-	(= Página 95)	X	X	X	-	X	(= Página 147)
200-200-250	-	-	-	-	-	-	-	X	X	X	-	X	-	(= Página 96)	X	X	X	-	X	(= Página 148)
250-200-315	-	-	-	-	-	-	-	X	X	X	-	X	-	(= Página 97)	X	X	X	-	X	(= Página 149)
250-200-400	-	-	-	-	-	-	-	X	X	X	-	X	-	(= Página 98)	X	X	X	-	X	(= Página 150)
250-200-500	-	-	-	-	-	-	-	X	X	X	-	X	-	(= Página 99)	X	X	X	-	X	(= Página 151)
300-250-315	-	-	-	-	-	-	-	X	X	X	-	X	-	(= Página 100)	X	X	X	-	X	(= Página 152)

Fuente: KSB (2019).

Figura 63.

Campos característicos para bomba de 1750 r.p.m.

HPK-L, n = 1.750 rpm

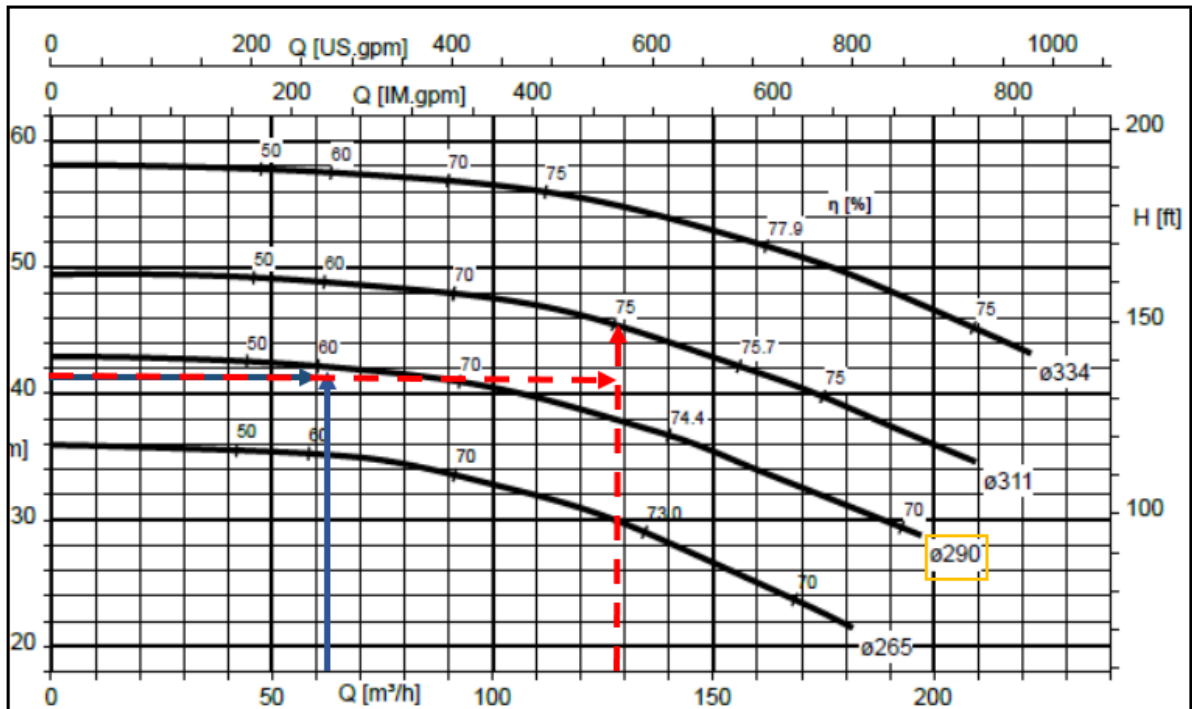


Fuente: Bombas centrífugas Toshiba - KSB. Folleto de curvas características (2019).

En el siguiente gráfico tenemos las curvas características de campo. Tenemos el diagrama de curvas de altura versus caudal, donde se determina la eficiencia y el rendimiento. La eficiencia es del 62.5%. Lo cual se identifica en el rodete de Ø 290, determinando con una altura de 41.99 metros y un caudal de 129.8 m³/h.

Figura 64.

Diagrama de curvas de altura para eficiencia de bomba.

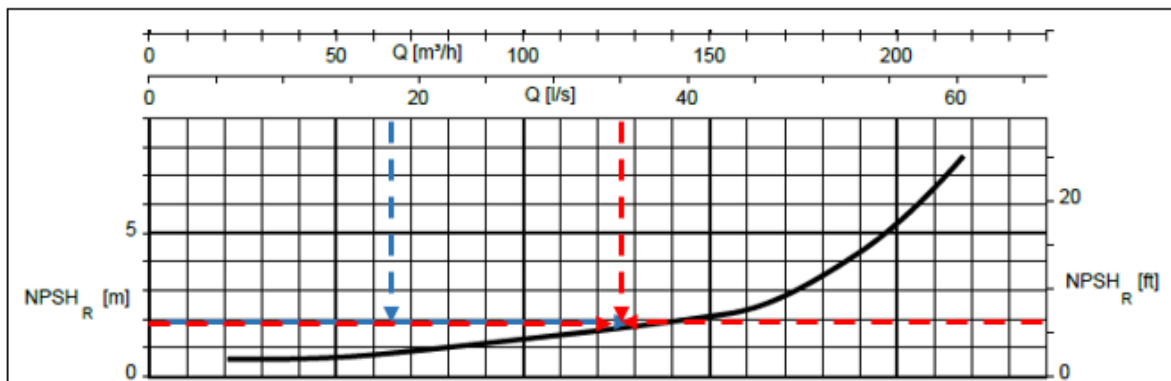


Fuente: Elaboración propia en base a Bombas centrífugas KSB. Curvas características (2019).

Tenemos que el NPSH disponible es el requerido más medio metro adicional de resguardo tenemos 7.1 m. El caudal es de 129.8 m³/h. Ubicando los valores y determinamos que la bomba si trabaja con los parámetros requeridos y evitando la cavitación, como se muestra en el siguiente diagrama:

Figura 65.

Eficiencia de trabajo de la bomba (Relación NPSH y caudal).

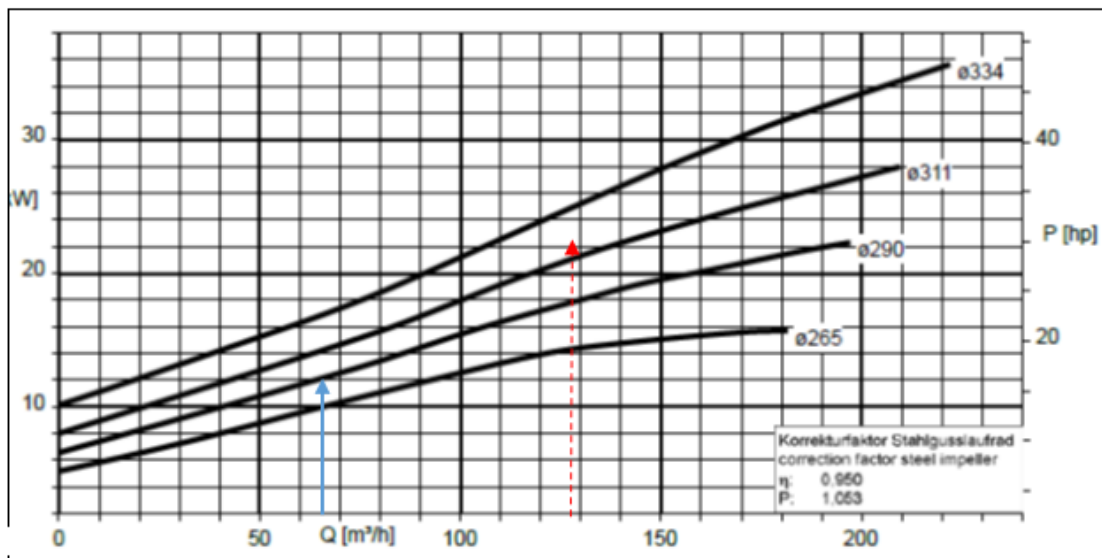


Fuente: Elaboración propia en base a Bombas centrífugas KSB. Curvas características (2019).

Evaluando la potencia de transmisión del motor a la bomba (potencia mecánica). La potencia mecánica es de 17.03, y el caudal de 129.8 m³/h, el diámetro de rodete es de 311 (valor con el funcionamiento de una bomba), con el funcionamiento de ambas bombas el caudal es 65.5 y el rodete es de diámetro 290. Lo que nos presenta una potencia mecánica de 23.44 kW y 26 H.P. de potencia.

Figura 66.

Curvas características de potencia de transmisión de motor de bomba.



Fuente: Elaboración propia en base a Bombas centrífugas KSB. Curvas características (2019).

Tabla 81.

Comportamiento hidráulico.

TIPO	POTENCIA NOMINAL		POTENCIA ABS.	In Ampere
	P2	P1	P1	
Trifásico	HP	kW	kW	Trifásico
460 V- 50 Hz				3 x 400 V
.TOSHIBA EQP 841	30	22,5	27	43

Fuente: Elaboración propia en base a KSB y HGT (2019).

Tabla 82.

Caudal y alturas de impulsión.

Bomba		Q = CAUDAL												
Trifásico	m ³ /h	27	30	33	36	39	42	48	54	60	66	72	78	
460 V	l/min	450	500	550	600	650	700	800	900	1000	1100	1200	1300	
Toshiba	H(m)	90	89.7	89.3	89	88.5	55	86.5	85	83	81	79	71	

Fuente: Elaboración propia en base a KSB y HGT (2019).

3.13. Montaje de línea y bombas de impulsión de conducción PTARI – lavaderos.

3.13.1. Transporte y manipuleo de tuberías, accesorios y bombas

El transporte de tuberías se realizó en camiones con tolva de paredes laterales móviles, los cuales permiten acceder a la carga y descarga lateral de los vehículos.

Los vehículos deben tener la base del piso de transporte llana, sin desniveles. Tampoco deben contar con la presencia de aristas, salientes (tuercas, clavos, pernos, entre otros), ya que la presencia de estas irregularidades causa daños a la tubería transportada. Los daños pueden ocurrir por causas de rozamientos, presiones o impactos que dañen a los elementos de conducción e impulsión.

Las tuberías rectas y varas se apoyan en toda su longitud sobre el piso del vehículo para evitar flexiones o deformaciones.

3.13.2. Operación de Izaje de carga de tuberías, accesorios y equipo

3.13.2.1 Normativas de referencia

Tabla 83.

Normas internacionales para equipo de izaje.

Equipo de izaje	Norma internacional	Contenido
Grúas móviles	ASME B 30.5	Grúas móviles
Grúas de brazo articulado	ASME B 30.22	Grúas de brazo articulado
Grúas de pedestal	ASME B 30.4	Torre grúas con desplazamiento de base y grúas de pedestal.
Grúas pluma lateral	ASME B 30.14	Tractores con equipo de izaje en el costado.
Winches	ASME B 30.7	Cable para izaje montado sobre tambor.

Fuente: Cidelsa.com

Tipos de grúas empleadas

Se aplicó dos tipos de grúas en el izaje

- a) **Grúa montada sobre camión (TM):** Es una grúa provista de un sistema hidráulico que esta puesto sobre un camión transportador de carga de izaje, esta grúa tiene una capacidad de 18 .M.

- b) **Grúa hidráulica de pedestal:** Grúa provista de un sistema hidráulico el cual opera son un sistema de guinches que elevan y bajan la pluma y la carga por medio de cables, el cual está

montado sobre un pedestal fijo, donde es su punto de gravedad, el cual gira para poder aplicar los levantamientos, adicionalmente tiene una pluma de celosía de longitud fija y no ajustable.

3.13.2.2 Accesorios de izaje de carga

Son elementos que garantizan una adecuada aplicación de las maniobras, las cuales previenen accidentes.

Tabla 84.

Accesorios de izaje de carga.

Accesorios de sujeción	Estrobo de grilletes
	Eslingas de cadena
	Eslingas de cable metálico (aceradas)
	Eslingas de cuerda (nylon, poliéster, etc)
	Argollas
Elementos de unión	Ganchos de izaje
	Anillos póricos
	Grapas tensores
	Guardacabos
	Escuadras

Fuente: Empresa Crane & Service (2018).

3.13.2.3 Componentes de maquina levanta carga.

Los componentes de la máquina que realiza el izaje tienen los componentes necesarios para la seguridad de izaje y desplazamiento y colocación.

Tabla 85.

Componentes de la máquina levanta carga.

Componente	Concepto	Imágenes
Pluma	Es el brazo de levante principal de la grúa, extremidad de donde se suspende el bloque del gancho de carga y consecuentemente la carga.	Pluma telescópica 
Indicador digital de momento de izaje(lmi)	Monitoreo de cargas en grúas móviles: Sistema electrónico	
Gancho de carga	Es un componente metálico de montaje de poleas y cables de acero, con un gancho distal inferior, el cual sujeta la carga.	
Estabilizadores	Son elementos laterales de fijación al piso con base de disco de contacto, da estabilidad a la grúa, los cuales son regulables independientemente para lograr la estabilidad horizontal	

Fuente: Elaboración propia en base a la Empresa Crane & Service

3.13.2.4 Cálculos de la maniobra de izaje

Tipo de tubería: Tuberías de acero de 4" SCH 40 y 6" SCH 80, 6" SCH 40.

Amarre: Tipo ahorcado con grilletes

Distancia de amarre: A 2 metros de cada extremo de la tubería

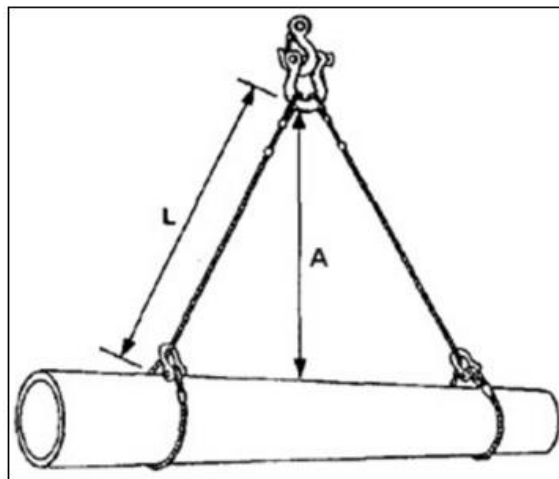
- Cálculo de carga de trabajo seguro
- Cálculo del porcentaje de maniobra

Datos:

- Diámetro del estrobo: 1 pulgada
- Longitud del estrobo: 12 metros
- Diámetro de tubería: 4 pulgadas
- Longitud de la tubería: 6 metros
- Espesor: 6 milímetros

Figura 67.

Cálculo de izaje de tuberías.



Fuente: Christian Effio – Ingeniería de Izajes

a) Peso de tubería HDPE

La tubería utilizada en el proyecto es de HDPE ASTM F714:13. PE 3608, con SDR 11, el cual tiene 160 PSI. De acuerdo a la empresa Calplast y de acuerdo a la NTP-ISO 4427:2008, el peso por cada metro de tubería de polietileno de alta densidad (HDPE/PEAD) se determina por:

Tabla 86.

Peso nominal en kg. Por metro de tubería de HDPE/PEAD.

Porte nominal IPS* (pulgadas).	Diámetro nominal (milímetros)	SDR 11 160 PSI
4"	114.3	3.200 kg
6"	168.3	6.935 kg.

Fuente: Elaboración propia en base a CALPLAST.

En tuberías de 4" SDR 11 de 6m de longitud: 20.40 kg.

En tuberías de 6" SDR 11 de 6m de longitud: 41.61 kg.

b) Cálculo del peso de tubería de acero

De acuerdo a las especificaciones técnicas del fabricante el peso de las tuberías de acero se detallan en la tabla LXV y en el Anexo 12:

Tabla 87.

Peso de tubería de acero por diámetro y espesor de pared.

Diámetro nominal		Diámetro Exterior		Espesor de pared		Peso del tubo	
NPS	DN	Real					
Pulgadas	mm	Pulgadas	mm	Pulgadas	mm	Lb/pie	Kg/m
4"	100	4.500	114.3	0.237	6.02	10.79	16.07
6"	150	6.625	168.3	0.432	10.973	28.67	42.56
				0.280	7.112	18.97	28.26

Fuente: Elaboración propia en base a VEMACERO, C.A.

3.13.2.5 Plan de Izaje.

Datos del equipo:

- a) **Radio de giro:** Distancia medida del centro de giro al centro del gancho: 7 metros.
- b) **Longitud en metros de la pluma:** 12,20

Tabla 88.

Tabla de carga de equipo.

Radio en metros	# 0001							
	Longitud de la Pluma Principal en metros							
	8.8	12.2	15.2	18.3	21.3	24.4	27.4	29.0
3	30.000 (61)	22.700 (70)	21.275 (74.5)					
3.5	25.650 (57)	22.700 (67.5)	20.625 (72.5)					
4	22.775 (53)	21.050 (64.5)	19.725 (70.5)	*17.600 (76)				
4.5	19.850 (48.5)	20.000 (62)	18.750 (68.5)	16.350 (72.5)	*13.350 (76)			
5	17.875 (43.5)	18.300 (59)	17.125 (66)	15.500 (71)	13.100 (74)	*10.175 (76)		
6	14.250 (31.5)	14.700 (53.5)	14.775 (62)	13.550 (67.5)	12.425 (71)	10.175 (74)	*8.410 (76)	
7		12.300 (47)	12.500 (57.5)	11.900 (64)	11.250 (68)	9.330 (71.5)	7.870 (74)	*7.030 (76)
8		10.300 (39.5)	10.500 (52.5)	10.375 (60)	10.075 (65)	8.465 (69)	7.245 (72)	6.700 (73)
9		8.750 (30.5)	8.955 (47.5)	9.055 (56.5)	9.040 (62)	7.755 (66)	6.630 (69.5)	6.075 (71)
10		7.530 (17)	7.785 (42)	7.925 (52.5)	7.970 (59)	7.145 (63.5)	6.100 (67.5)	5.555 (69)

Fuente: Talento y equipo SAS (2020).

Figura 68.
Plan de izaje de tuberías.



Fuente: Talento y equipo SAS (2020).

Datos de la tubería (carga):

Peso del gancho o bloque + peso de herramientas de izaje + peso de la tubería.

- **Peso del gancho:** 30 kilos
- **Peso de herramientas de izaje:** 11 kilos.
- **Peso de la tubería:** 42.56 kilos la máxima carga.
- **Peso total:** 83.56 kilos.

El montaje fue realizado de acuerdo a la secuencia de armado siguiente:

- Pruebas del área de las secciones de armado.
- Desarrollo del armado de los principales elementos y estructuras en la machina o piso.
- Posicionar los accesorios de sujeción con las tuberías para mantener la posición.
- Aplicación de controles de alineamiento vertical y horizontal para el inicio del armado de los elementos principales.
- Armado de los demás elementos secundarios para su ensamble.
- Empernado de accesorios.
- Fijado de los elementos con puntos de apuntalamiento.
- Revisión y constatación de la distribución estructural del sistema de impulsión.
- Armonización y control de la codificación del armado de las líneas.

3.14. Instalación de bombas.

Instalación de bombas y anclaje:

Figura 69.

Montaje de bombas.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 70.

Anclaje e instalación de bombas paralelas.



Fuente: Elaboración propia.

Se procedió a la disposición final de instalación de spools y bombas centrífugas. Las bombas son instaladas al pie del tanque PTARI, son dos bombas en paralelo, las bombas fueron ancladas en lozas de concreto.

Figura 71.

Disposición final de instalación de spool y bombas centrífugas.



Fuente: Elaboración propia.

Luego se procedió a la instalación de elementos del sistema de impulsión, con las bases y soportería de tubería:

Figura 72.

Instalación de accesorios en el sistema de impulsión.



Fuente: Elaboración propia.

Seguidamente se procedió a la instalación de válvulas:

Figura 73.

Instalación de válvulas en el sistema de impulsión de agua tratada.



Fuente: Elaboración propia.


3.15. Instalación de tuberías.


En la figura 67 tenemos el registro dimensional de armado del sistema de línea de tuberías.

Se tiene como regla general, que durante todo el proceso de carga, transporte y colocación de elementos de tubería, accesorios, equipos y bombas; estos no deben estar propensos a esfuerzos de tracción, choques, abolladuras, arrastres, impactos externos, etc., en resumen los materiales no deben sufrir ningún daño por alguna mala maniobra que determine pérdidas en la conservación de los elementos.

Figura 74.

Sistema de calidad en el montaje y armado PRODISE.

		SISTEMA DE GESTIÓN DE CALIDAD - PRODISE REGISTRO DE CONTROL DIMENSIONAL EN EL ARMADO				Formato : PRO-QC-RAD-06 03-02 Revisión : 0 Fecha : Junio 2018			
		N-REGISTRO		PRO - 588 - CDA -					
1.0. - DATOS Y DESIGNACIÓN									
PROYECTO:	REUBICACIÓN DE FACILIDADES SUR - FASE I			LUGAR:	PLANTA PRODISE				
CLIENTE:	SOCIEDAD MINERA CERRO VERDE S.A.A.			OTP:	588				
OBRA:	FABRICACIÓN EN PLANTA			ORDEN DE COMPRA:					
NORMA REFERENCIAL:	*			DOC. REFERENCIAL:	PR588-E-015-TUB-PTARI-018				
ELEMENTO:	SPOOL			FECHA ACTUALIZADA:	martes, 06 de noviembre de 2018				
2.0. - DOCUMENTOS ADJUNTOS									
SE ADJUNTA PLANO									
ELEMENTO		DIMENSIONES (mm)						RESULTADO	
CÓDIGO	COTA	A	B	C	D	E	F		G
SPOOL 5032-1	DIMENSIÓN NOMINAL	2665	150	-	-	-	-		-
	DIMENSIÓN REAL	2665	149	-	-	-	-		-
	TOLERANCIA	+/-3	+/-3	-	-	-	-		-
	DIFERENCIA	0	-1	-	-	-	-	-	
OK									

		SISTEMA DE GESTIÓN DE CALIDAD - PRODISE REGISTRO DE CONTROL DIMENSIONAL EN EL ARMADO				Formato : PRO-QC-RAD-06 03-02 Revisión : 0 Fecha : Junio 2018			
		N-REGISTRO		PRO - 588 - CDA -					
1.0. - DATOS Y DESIGNACIÓN									
PROYECTO:	REUBICACIÓN DE FACILIDADES SUR - FASE I			LUGAR:	PLANTA PRODISE				
CLIENTE:	SOCIEDAD MINERA CERRO VERDE S.A.A.			OTP:	588				
OBRA:	FABRICACIÓN EN PLANTA			ORDEN DE COMPRA:					
NORMA REFERENCIAL:	*			DOC. REFERENCIAL:	PR588-E-015-TUB-PTARI-018				
ELEMENTO:	SPOOL			FECHA ACTUALIZADA:	martes, 06 de noviembre de 2018				
2.0. - DOCUMENTOS ADJUNTOS									
SE ADJUNTA PLANO									
ELEMENTO		DIMENSIONES (mm)						RESULTADO	
CÓDIGO	COTA	A	B	C	D	E	F		G
SPOOL 5033-1	DIMENSIÓN NOMINAL	2665	150	-	-	-	-		-
	DIMENSIÓN REAL	2664	148	-	-	-	-		-
	TOLERANCIA	+/-3	+/-3	-	-	-	-		-
	DIFERENCIA	-1	-2	-	-	-	-	-	
OK									

Fuente: Elaboración propia.

Para el montaje y armado se tiene un control dimensional de armado, el cual está regido por el sistema de calidad de la empresa PRODISE, teniendo los formatos del trabajo en la figura 67.

El montaje de tubería HDPE, se realizó con el apoyo de un carro móvil, con las medidas de seguridad requeridas, además de las conexiones con bridas de las tuberías según el diseño de acuerdo a la figura 68.

Figura 75.
Montaje de tubería HDPE.



Fuente: Elaboración propia.

Los trabajos de ensamble y montaje se realizan con los equipos de protección personal requeridos para estas maniobras, así como los equipos de corte, biselado y de uniones soldadas, además de tener un piso de relieve uniforme por donde pasa el viaducto de agua tratada, lo cual esta explícito en la figura 69.

Figura 76.
Bridado de líneas HDPE.



Fuente: Elaboración propia.

3.15.1. Soldadura de Tuberías al arco eléctrico

Uso de los EPP completos según ANSI Z49.

a) Dimensiones de las tuberías

Las tuberías utilizadas son de 4" y 6" de Schedule 40S y Schedule 80 S.

En la tabla LXXII se tiene las dimensiones de diámetro interno y grosor en milímetros.

Tabla 89.

Dimensiones de tuberías Schedule ASTM acero inoxidable.

Diámetro nominal de la tubería SCH (pulg)	Diámetro externo (mm)	Grosor (mm)	Diámetro externo (mm)	Grosor (mm)
	SCHEDULE 40 S		SCHEDULE 80 S	
4"	6.02	16.32	8.56	22.62
6"	7.11	28.69	10.947	43.16

Fuente: Acinesgon (2017).

b) Preparación de las tuberías.

Son las acciones previas a la unión de dos tuberías:

- Trazo de la tubería.
- Corte de la tubería: Aplicando el oxicorte con la regulación de llama adecuada.
- Biselado de la tubería: Esmerilado del bisel acorde a los diseños de conducción.
- Pulido con eliminación de rebabas.
- Protección de las juntas.

c) Fijación de la tubería.

Procedimiento de ensamblaje de los tubos a ser soldados, con el apoyo de platinas interiores que calcen de acuerdo al diámetro de la tubería.

- Fijado de las tuberías: Apuntalado de 3 puentes en las tuberías, contemplando una luz de espacio por donde pasará la raíz, el puente contienen una “V” en el centro. El apuntalado debe ser equidistante entre ellos.
- Montado de la tubería: Montado de la tubería en los soportes de sujeción.

Figura 77.

Montaje de bombas, tuberías y accesorios.



Fuente: Elaboración propia.

d) Control de biseles y la luz de la raíz.

Operación permanente, donde se hace controles de calidad en las uniones a soldar. Se realiza las siguientes actividades:

- Aplicación en uso de herramientas y equipos certificados.
- Eliminar los rebordes, para que los biseles tengan formas regulares en todo su perímetro, y
- Aplicar las inspecciones de luz de la abertura raíz.

e) Ejecución del pase raíz en posición plana 1G.

En donde se ejecutó el soldado del primer pase, denominado pase raíz, aplicando el soldado en posición plana, lo cual se hace realizando rotaciones.

- Soldeo de la raíz: Comprobación del amperaje, Al culminar el cordón de soldado se realiza una entrada con el uso del esmeril con el disco de trabajo de corte de dimensión de 1/8" y por último se cepilla y limpia los empalmes realizados.
- Verificación de la profundidad de la raíz.: Para esto se comparó los requisitos que se requieren en el código que se aplica., no se realizaron golpes de arco por no estar permitidos.

f) Ejecución de pase de relleno, en posición plana 1G.

Contempla la segunda soldada con el relleno encima del pase raíz, se aplica una progresión en zigzag.

g) Ejecución del pase de acabado en posición plana 1G

Se denomina así a la tercera pasada o de acabado de las juntas de las tuberías.

3.15.2. Soldadura de bridas con tubo en ángulo interior.

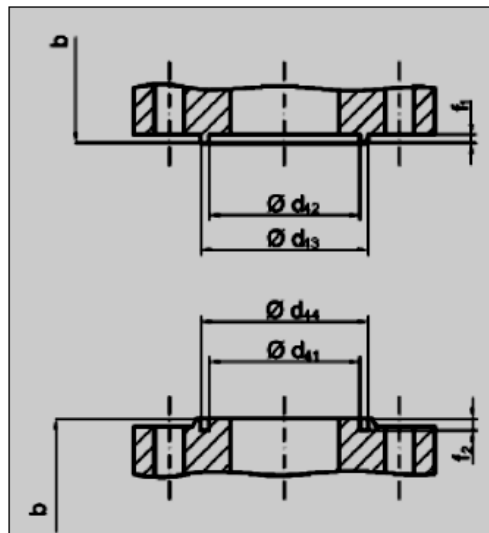
Las bridas se utilizaron para la unión de las tuberías, accesorios y equipos y como boquilla de los tanques de lavaderos.

- **Welding neck flange:** Las bridas regulares se emplearon en la soldadura de unión de tuberías en las secciones donde se encontró percances para su alineación. Se usaron las bridas de cuello largo en las secciones de tanques como boquillas, se tuvo el cuidado necesario de que las bridas y las tuberías tengan el mismo diámetro interno.
- **Proceso de soldadura:**

Extremos de Junta con encaje DIN 2512 y DIN 2513.

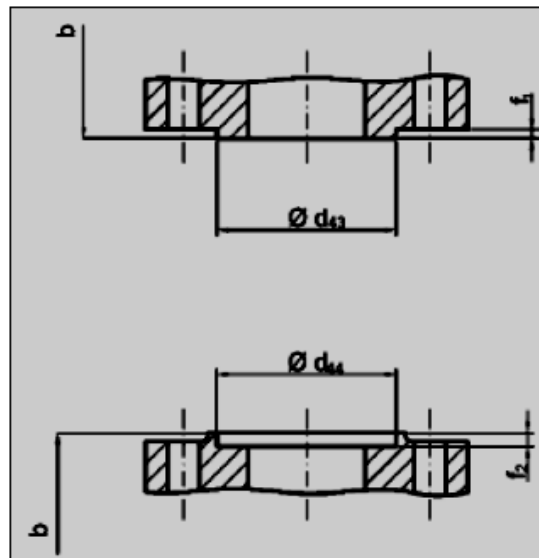
Figura 78.

Junta de encaje DIN 2512.



Fuente: Encaje Norma DIN

Figura 79.
Junta de encaje DIN 2513.



Fuente: Encaje Norma DI.

Regulación del amperaje de acuerdo a la tabla de espesores y diámetro del electrodo, fijación de la tubería con los soportes, elección de la brida apropiada para el soldado a la tubería. Usar el nivel para determinar su horizontalidad en el soldado y fijado de la tubería en posición regulada. Proceso de soldado de la tubería y brida, verificando la altura del cateto de acuerdo a la norma y códigos.

- **Soldaduras Bidas Slip-on**

En la industria se trabajan con tuberías de diversos códigos y regidos a variadas normas en el diseño y construcción. El código que se trabaja en el sistema de tuberías es el ASME B31.3.

En el trabajo realizado para tuberías de media y baja presión son las bridas slip-on.

Al aplicar la norma ASME B31.3, en el soldado de bridas slip-on se realizan dos cordones de soldadura, que son la interior y exterior.

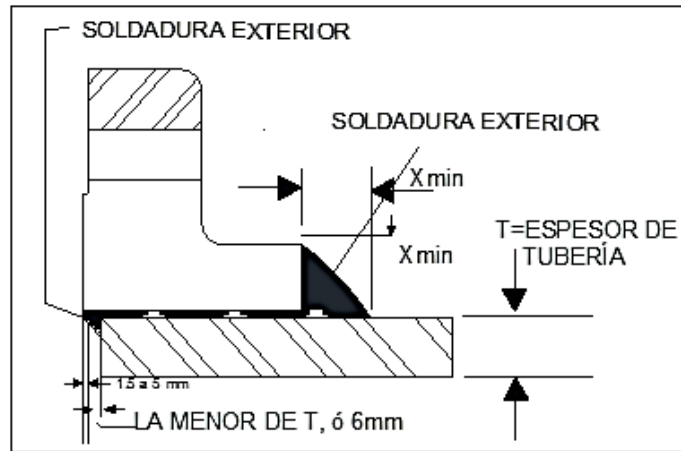
Tabla 90.*Tabla de bridas normalizadas.*

DN	MACHO			HEMBRA			
	d_{42}	d_{43}	f_1	d_{41}	d_{44}	DIN 2512 f_2	DIN 2513 f_2
	+0.5 -0	0 -0.5	+0.5 0	0 -0.5	+0.5 0	+0.5 0	+0 -0.5
10	24	34		23	35		
15	29	39		28	40		
20	36	50		35	51		
25	43	57		42	58		
32	51	65	4	50	66	2.5	3
40	61	75		60	76		
50	73	87		72	88		
65	95	109		94	110		
80	106	120		105	121		
100	129	149		128	150		
125	155	175		154	176		
150	183	203		182	204		
175	213	233	4.5	212	234	3	3.5
200	239	259		238	260		
250	292	312		291	313		
300	343	363		342	364		
350	395	421		394	422		
400	447	473		446	474		
500	549	575		548	576		
600	649	675	5	648	676	3.5	4
700	751	777		750	778		
800	856	882		855	883		
900	961	987		960	988		
1000	1062	1092	6	1060	1094	4.5	5

Fuente: Encaje DIN.

Figura 80.

Menor de $1.4T$ ó el grosor del tubo.



Fuente: Elaboración propia en base a Sarmiento S. Soldadura bridas slip-on – PRODISE.

Soldadura externa de la brida, determinada en la figura como soldadura X_{min} , en donde la dimensión de la soldadura de filete es de $1.4T$, en donde T es el espesor del tubo:

Tubería de 4”:

SCH 40S: 6.02 mm

SCH 80S: 8.56 mm

Tubería de 6”:

SCH 40S: 7.11 mm

SCH 80S: 10.94 mm

En las tuberías empleadas tenemos:

En la tubería de 4” tiene un espesor de 6.02 mm, el tamaño de la soldadura de filete debe ser de 8.42 mm, este resultado sale de multiplicar 1.4×6.02 (equivale a T) = 14mm. Esta soldadura de filete es la que realmente soporta el trabajo mecánico de la brida.

De igual modo en le tubería de 6" el tamaño de soldadura de filete es de 11.98 mm.

Soldadura Interior de la brida, el soldado que se desarrolla en el interior de la tubería y la brida, es la llamada soldadura de sello.

De acuerdo a la norma dice:

- Cuando el espesor de la tubería es \leq a 6 mm, entonces al grosor de la soldadura filete interior es del espesor de la tubería.
- Cuando el espesor del tubo es $>$ a 6 mm, entonces el grosor de la soldadura de filete interior es 6 mm.

Entonces la soldadura interior de la brida se realizó con 6 mm de espesor.

Figura 81.

Armado de Spools.



Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo al Process Industry Practice Piping PNSC001 Metallic Piping Fabrication and Examination Specification, el espacio mínimo que debe haber entre la cara de la brida y el pie de soldadura de filete se halla entre 1.5 mm a 5 mm.

Podemos determinar que la soldadura externa de la brida es la que soporta el esfuerzo mecánico de la brida y la soldadura interna cumple una función de sello.

Figura 82.

Soldadura de Spools.



Fuente: Elaboración propia.

3.15.3. Registro de Calificación de procedimiento (PQR).

Las operaciones de soldadura fueron calificadas. Tenemos las características del proceso de soldadura:

Tabla 91.

Características del proceso de soldadura.

Proceso de soldadura	SMAW (Shielded Metal Arc Welding)
Tipo de proceso	Manual
METAL BASE (QW-403)	
Especificación. del material	SA 53
Tipo o Grado	Grado B
Espesor de ensayo	Ranura: 7.11 mm Diámetro exterior del tubo: 168.3 mm Máximo espesor depositado por pase: 3.0 mm

Fuente: Elaboración propia.

Los procesos de soldadura son del tipo SMAW con las normativas del caso, ejecutadas de forma manual, de grado B, en el caso de la figura LXXIV el espesor máximo depositado es de 3 milímetros en una tubería de 168.3 milímetros de diámetro.

Tabla 92.

Metales de aporte (QW-404)

METALES DE APORTE (QW-404)		
	1	2
Proceso	SMAW	SMAW
Especificación SFA	SFA 5.1	SFA 5.1
Clasificación AWS	E6010	E7018
Metal de aporte F N°	F N° 3	F N° 4
Metal de soldadura A N°	A N° 1	A N° 1
Tamaño del metal de aporte	3.25 mm	2.50 mm
Forma de Prod. De Metal de Aporte	E, revestido	E, revestido
Espesor de metal de soldadura	3 mm	4.11 mm
Otros	Cellocord PT	Supecito

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 93.*Posición (QW-405).*

POSICION(QW-405)	
Posición de ranura	6G (Todas)
Progresión vertical	Ascendente
PRECALENTAMIENTO (QW-406)	
Temperatura de precalentamiento	10°C
Temperatura de entre pases	Mín. 10°C - Máximo 200°C

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 94.*Características eléctricas (QW-409).*

CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS (QW-409)		
	1	2
Proceso	SMAW	
Corriente	DC	DC
Polaridad	Inversa (EP)	Inversa (EP)
Fuente de poder	CV	CV
Amperios (Rango)	71-86	84-100
Voltios (Rango)	24 – 30	22-24
Técnica	Ascendente	Ascendente

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 95.*Técnicas (QW-410).*

TÉCNICA (QW-410)		
	1	2
Procesos	SMAW	SMAW
Velocidad de avance	60 mm/min	80 mm/min
Recto u oscilado	Oscilado	Oscilado
Ancho de oscilación	Lo requerido	Lo requerido
Pase por lado	Multipase	Multipase
Electrodo	Simple	Simple
Limpieza entre pases	Escobilla C.	Amolado
Inspección de soldadura	Tintes penetrantes	

Fuente: Elaboración propia.

Figura 83.

Inspección de soldadura por tintes penetrantes.



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 96.

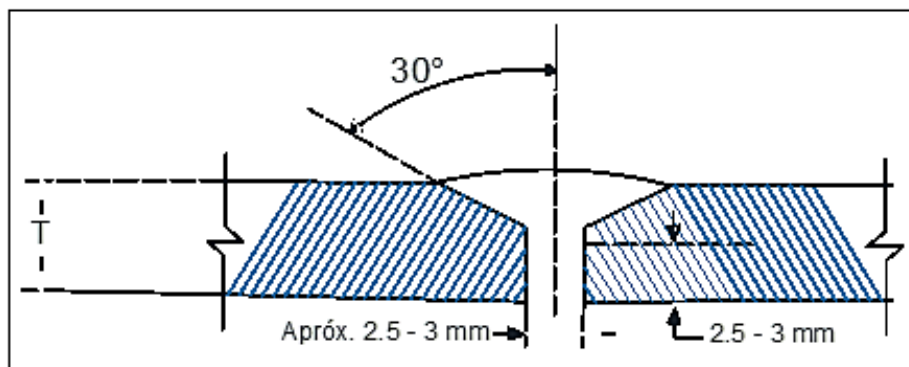
Ensayos de dobles guiado (QW-170).

Código de espécimen	Resultado
JCS80-129-18-DC-1	Aceptado
JCS80-129-18-DC-2	Aceptado
JCS80-129-18-DC-1	Aceptado
JCS80-129-18-DC-2	Aceptado

Fuente: Elaboración propia.

Figura 84.

Diseño de ranura de cupo de ensayo.



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 97.

Ensayo de tensión (QW-150).

ENSAYO DE TENSIÓN (QW-150)						
Especie N°	Ancho (mm)	Espesor (mm)	Área (mm)	Carga de ruptura Total (N)	Última Unidad de Esfuerzo (Mpa)	Tipo de Falla y Localización
T1	19.25	6.61	127.24	63.880 N	502	Dúctil en metal base
T2	19.35	6.62	128.10	66.677N	521	Dúctil en metal base

Fuente: Elaboración propia.

3.15.4. Elección del electrodo.

- Material a soldar: Acero con aleaciones.
- Espesor del material: Tubería 6" sch 80: 10.973, Tubería de 6" sch 40: 7.112. Tubería 4" sdr 11: 10.389.

Tabla 98.

Tipos y aplicaciones de electrodos.

Tipo de electrodo	Ventajas	Desventajas	Aplicaciones
Rutilo	<ul style="list-style-type: none">- Costo económico.- Arco estable.- Cebado accesible.- Corriente CA y CC.- Acabado de cordón estético.- Alta conservación.	<ul style="list-style-type: none">- Balo fluido.- Poco efecto de limpieza.- Alto consumo de hidrógeno.	<ul style="list-style-type: none">- Soldadura horizontal, vertical y angular.- Acero bajo en carbono y pocas impurezas.- Buena estética.- Buena resistencia, con riesgo a grietas.
Celulósico	<ul style="list-style-type: none">- Alta penetración.- Alta manejabilidad.- Producción de escoria mínima.	<ul style="list-style-type: none">- Se requiere generadores de CC con alta tensión de vació.- Alto consumo de hidrógeno.	<ul style="list-style-type: none">- Soldadura para todas las posiciones.- Soldadura para tubos y donde no se aplique cordón al reverso.- Donde el acceso del electrodo resulta crítico.- Acero bajo en carbono con emisión mínima de impurezas.

Fuente: Elaboración propia en base a soldadora invertir.com

Los electrodos con los que se trabajó son con los de rutilo y celulósicos.

3.16. Prueba hidrostática en tuberías de agua residual industrial.

a) **Presurización:** Se inicia con el llenado completo de toda la extensión de la línea de tuberías.

El régimen de presurización se realiza a en psi/minuto.

Las fases de presurización y estabilización se manifiesta en tiempos aplicados, los cuales se registraron cada hora (no deben ser menores de 30 minutos).

Se aplica las pruebas de resistencia y hermeticidad.

Se tiene un gráfico de variación de presión versus el tiempo previsto de prueba.

Figura 85.

Preparación de Spool para pruebas hidrostáticas.



Fuente: Elaboración propia.

En la fase de llenado de la línea de tubería y ésta llegue a un nivel del 50% de la presión de prueba se estabiliza el sistema por media hora. Luego se incrementó la presión hasta un 75% de la presión de prueba y luego se repite la estabilización por 30 minutos, luego se continúa con incrementar la

presión de fluido al 100% y se volvió a estabilizar el sistema por otra media hora para luego continuar con la prueba hidrostática.

b) Normativas:

- ASME B31.3. Process piping.
- ASTM E 1003 – 95. Standard Test Method for Hydrostatic Leak Testing.
- NRF – 150 – PEMEX – 2005. Rev. 0 – Pruebas Hidrostáticas de Tuberías y Equipos.

c) Cálculos de P.H. en tubería HDPE y acero.

De acuerdo a la norma AWWA C605 la presión de prueba (p_p) no debe ser menor 1.25 veces que la presión de trabajo (P_t), medida en el punto más alto de la tubería. La prueba duró 2 horas, la presión de prueba debe mantener una presión de +- 5psi (34 kPa). Se evaluó las fugas de agua que se presente en los tramos, las fugas no deben ser mayores de los límites aceptables de acuerdo a la fórmula:

$$Q_f = \frac{L * D * \sqrt{P_p}}{795000}$$

Donde para una tubería de 6" HDPE SDR11:

Q_f : Caudal de agua adicional por fuga para mantener la presión de prueba (l/h).

L: Longitud de la línea de prueba (m): 72 metros.

D: Diámetro nominal de la tubería (mm): 0.138 m = 138 mm

P_p : Presión de prueba de la sección de prueba (kPa) = 34 kPa.

$$Q_f = \frac{72 \text{ m} * 138 \text{ mm} * \sqrt{34}}{795000} = 0.0728 \text{ l/h/mm}$$

Siendo la tolerancia de la prueba 0.0728 l/h/mm.

$P_t = 5 \text{ PSI (34 kPa)}$.

Se cumple la condición que $0.0728 <$ en 1.25 veces menor que 5 psi.

Conforme a los protocolos de prueba hidrostática en las tuberías de conducción de agua residual industrial realizadas por la Sociedad Minera Cerro Verde S.A.A. se tiene los siguientes resultados:

Tabla 99.

Prueba hidrostática de tuberías.

PROYECTO	REUBICACION DE FACILIDADES SUR – FASE I	N° SISTEMA	CAP15021- C2-5790A
PRODUCTO ENTREGABLE	Fabricación e instalación de tuberías de acero	CÓDIGO FACILIDAD	CAP15021- C2-5790A
DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO	Línea de tubería de agua residual industrial		
LÍNEAS PROBADAS	005-WW-AC-4”	005-WW-AC- 4”	005-WW-AC- 4”
DATOS DE CAMPO Lectura			
N° lectura	Presión	Hora de lectura	Observaciones
Primera	225	14:00	0
Segunda	225	15:00	60
Tercera	220	16:00	120

Fuente: Elaboración propia.

La despresurización se realiza de forma gradual, la cual se hizo en rangos mayores a 15 psi/minuto, donde se bajó a 70% del valor de prueba, luego se reduce la presión a 50 psi/minuto hasta llegar a 0 psi.

Figura 86.

Gráfica de prueba de presión.



Fuente: Elaboración propia en base a Prodise S.R.L.

Tabla 100.

Datos de los equipos.

Tipo de bomba empleada	Manual
Fecha de prueba	13-01-2019
Nº del certificado de calibración del manómetro	IMN-017-2019 IMN-018-2019
Presión de prueba indicada en el listado de líneas	15.0 PSI
Resultado de la inspección visual de las juntas al momento de las pruebas	OK
Detección de fugas en las pruebas	No

Fuente: Elaboración propia en base a PRODISE.

3.17. Torque de Pernos y Espárragos.

a) Tubería con pernos: Torque de pernos.

Torque Barras roscadas de acero al carbono.

Tabla 101.

Rangos de torque de pernos.

Tamaño de tornillos		Rango de Torque	
mm	pulg	N-m	Lbs-ft
M20	3/4	100-235	74-170
M16	5/8	68-100	50-75
M12	1/2	35-60	25-45

Fuente: Elaboración propia en base a Hunan Great Steel Pipe CO., LTD

b) Torque para Espárragos de Uniones Bridadas

El torque de apriete en barra roscada A 193 Gr. B7 con tuercas A-194 Gr

2H.Carga a pernos: 50% Sy.

Tabla 102.

Torque de espárragos de uniones bridadas.

Diámetro espárrago	Tamaño de la tuerca	TORQUE SEGÚN TIPO DE LUBRICANTE – FT-LB				
		Disulfuro de Molibdeno $\mu=0.09$	Base Níquel $\mu=0.14$	Base Cobre $\mu=0.13$	Aceite $\mu=0.17$	Sin lubricante $\mu=0.23$
3/4	1-1/4	130	190	180	230	300
5/8	1-1/16	80	110	100	130	170
1/2	7/8	40	60	60	70	90

Fuente: Elaboración propia en base a Hunan Great Steel Pipe CO., LTD

Tabla 103.

Secuencia para enumerar espárragos en el sentido horario.

Número de tornillos de la brida	Secuencia de numeración (sentido horario)
4	-1-3-2-4
8	-1-5-3-7-2-6-4-8
12	-1-5-9-3-7-7-2-6-10-4-8-12

Fuente: Elaboración propia en base a Hunan Great Steel Pipe CO., LTD.

3.18. Montaje de línea metal mecánica:

- Tubería sin costura, acero al carbono ASTM A53 Gr. B, Sch 40, extremos biselados. Tubería sin costura, acero al carbono ASTM A53 Gr. B, Sch 80, extremos biselados.

Tabla 104.

Tolerancias dimensionales de la tubería de acero al carbono sin costura.

Tipo de tubería	Tamaño de tubería (mm)	Tolerancias	
Laminado en caliente	sobredosis	<50	± 0,50 mm
		≥ 50	± 1%
	WT	<4	± 12,5%
		≥ 4 ~ 20	+15% - 12,5%
	>20	± 12,5%	
Estirado en frío	sobredosis	6 ~ 10	± 0,20 mm
		10 ~ 30	± 0,40 mm
		30 ~ 50	± 0,45
		>50	± 1%
	WT	< 1	± 0,15 mm
		>1 ~ 3	+ 15% - 10%
	>3	+12,5% - 10%	

Fuente: Elaboración propia en base a Hunan Great Steel Pipe CO., LTD

Tabla 105.

Componentes químicos (%).

Estándar	Grado	Componentes químicos (%)								Resistencia a tracción (Mpa)	Fuerza de rendimiento	Alargamiento (%)
		C	Si	Manganese	PAG	S	Mn	Cr	V			
ASTM A 53	UN	≤0,95	/	≤0,95	≤0,05	≤0,06	≤0,15	≤0,4	≤0,08	≥ 330	≥205	≥29.5
	si	≤0.30	/	≤1.2	≤0.05	≤0.06	≤0.15	≤0.40	≤0.08	≥415	≥240	≥29.5

Fuente: Elaboración propia en base a Hunan Great Steel Pipe CO., LTD.

3.19. Selección del sistema de pintura exterior y cálculo de pintura.

Para lograr la mejor protección de las tuberías es necesario el recubrimiento, la elección del recubrimiento se determina por las condiciones de ataque o intemperismo de las tuberías y accesorios se encuentren expuestas.

3.19.1. Tipos de recubrimiento

- Polímeros.
- Metálicos
- No metálicos

Los polímeros son de procedencia sintética, tienen una buena resistencia mecánica ya que sus cadenas poliméricas se atraen. El grado de atracción intermolecular del compuesto se va a determinar por su composición química, las cuales son de diversas clases:

- Polímeros naturales o sintéticos.
- Por su mecanismos de polimerización por condensación o adición.
- Por sus aplicaciones: Recubrimiento, adhesivos y elastómeros.

3.19.2. Recubrimiento con polímeros orgánicos.

Polímeros de origen natural o sintético, aplicados en forma líquida que se endurecen en forma de película delgada en el material a recubrir.

Este tipo de pintura es el más adecuado por sus ventajas económicas y técnicas, son pinturas empleadas en la industria y la construcción.

Este polímero está compuesto por sólidos con partículas finas y disueltas en un fluido aglutinante la cual es la formadora de la película de recubrimiento, ésta se encuentra disueltas en un solvente, que se le introducen aditivos y plastificantes.

Propiedades de la pintura protectora:

- Resistencia hídrica y baja absorción.
- Aguante al traspaso de vapor de agua.
- Repelencia a la intromisión de iones de cloruro, sulfato, carbonato, etc. Que son los que inician y crean la corrosión.
- Aguante a la intemperie.
- Resistencia a la abrasión: Las tuberías se encuentran expuestas a los procesos de abrasión causados por el desplazamiento de equipos, accesorios, entre otros.

La limpieza de las superficies a pintar se realizaron con labores de granallado ó arenado bajo la norma americana SSPC VIS 1-89, grado SSPC SP 10, el cual es de granallado/arenado cerca de metal blanco.

La pintura aplicada fue poliuretanos y epóxica, la cual ofrece resistencia química frente a sustancias corrosivas como sales, agua y ácidos. Los recubrimientos son duros y de acabado brillante. La limpieza aplicada fue con pistola de aire a presión.

3.19.3. Cálculo de pintura.

a) **Cálculo del área de pintura:** Tubería de 6" y 6 m de largo.

Perímetro: $\text{Diámetro} \times \pi = (168.3\text{mm}) \times (3.14) = 528.46 \text{ mm} = 0.53$
metros.

Área de pintado: Perímetro de tubería x largo.

$AP = (0.53 \text{ m}) (6\text{m})$

$AP = 3.18 \text{ m}^2$.

b) **Rendimiento de un galón de pintura:** 30 m^2 .

Número de manos de pintura: 02.

Un galón permite pintar: 4.72 tubos de 6" de 6m de largo.

$\text{Rto/gal} = 30 \text{ m}^2 / 2 \text{ manos} / 3.18 \text{ m}^2$

$\text{Rto/gal} = 4.72 \text{ tubos}$.

Figura 87.

Recubrimiento de pintura de Spools.



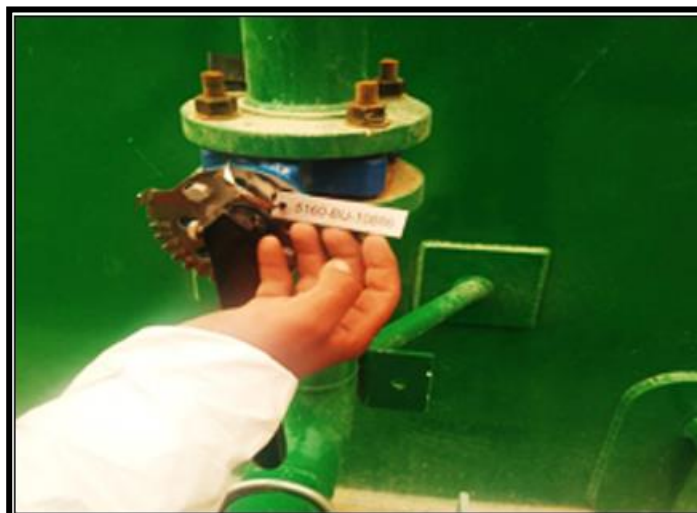
Fuente: Elaboración propia.

3.19.4. Tag numbers de líneas y válvulas

Identificación del tipo y función de cada dispositivo, mediante la codificación de identificación de los mismos.

Figura 88.

Tags de válvulas y líneas



Fuente: Elaboración propia.

3.20. Dossier del sistema de impulsión de agua tratada.

3.20.1. Obras eléctricas, Caseta eléctrica PTARI.

Tabla 106.

Dossier de montaje y líneas de tubería de acero.

Ítem	Documento	Ubicación
ZONA 4		
3.6.2.2.14.	Montaje de bombas tanque 2937 C2-5790-PW-2917/2918	Tomo 7
3.6.2.2.15..	Montaje de caseta almacén PTARI	Tomo 7
3.6.2.2.16. LÍNEAS DE TUBERÍA DE ACERO		
3.6.2.2.16.1.	Línea C2-5790-SW-5015-C1A-8"-N.	Tomo 8
3.6.2.2.16.2.	Línea C2-5790-SW-5990-C1A-6"-N /C2-5790-SW-5012-C1A-6"-N	Tomo 8
3.6.2.2.16.3.	Línea C2-5790-SW-5036-C1A-3#-N.	Tomo 8
3.6.2.2.16.4.	Línea C2-5790-5005-HOC-4"-N / C2-5790-5005-HOC-6"-N / C2-5790-5009-HOC-4"-N	Tomo 8
3.6.2.2.16.5.	Línea C2-5790-SW-5038-C1A-2"-N	Tomo 8
3.6.2.2.16.6.	Línea C2-5790-SW-5029-C1A-6"-N / 003-WW-AC-4"	Tomo 8
3.6.2.2.16.7.	Línea C2-5790-SW-5029-C1A-6"-N / 002-WW-AC-4"	Tomo 8
3.6.2.2.16.8.	Línea 005-WW-AC-4"	Tomo 8
3.6.2.2.16.9.	Línea 008-WW-AC-4"	Tomo 8
3.6.2.2.16.10.	Línea 028-WW-AC-6" / 031-WW-AC-4"/030-WW-AC-4"/032-WW-AC-4"	Tomo 8
3.6.2.2.16.11.	Línea 016-WW-PPH-4" / 019-WW-AC-4"/018-WW-AC-4"/020-WW-AC-4"	PPH
3.6.2.2.16.12.	Línea C2-5790-WR-5001/5002/5004/5003/5005-C1A-6"-N	Tomo 8
3.6.2.2.16.13.	Línea C2-5790-WR-5009-C1A-6"-N	Tomo 8
3.6.2.2.16.14.	Línea C2-5790-WR-5009-C1A-8"-N	Tomo 8
3.6.2.2.16.16.	Línea C2-5460-WF-5014-C1A-6"-N	Tomo 8
3.6.2.2.16.18.	Línea C2-5790-WF-5006-C1A-8"-N	Tomo 8
3.6.2.2.19.1.	Línea 011-WW-HDPE-6"	Tomo 9
3.6.2.2.19.2.	Línea 021-WW-HDPE 6"	Tomo 9
3.6.2.2.19.3.	Línea 023-WW-HDPE 6"	Tomo 9

Fuente: Elaboración propia en base a PRODISSE.

3.20.2. Dossier de fabricación de tuberías – PTARI.

Registro de inspección y fabricación, los cuales se ubican en el Tomo 11.

Tabla 107.*Dossier de fabricación de tuberías.*

DOCUMENTO	CÓDIGO
Inspección visual de soldadura J307-J308-J309-J310	PRO-QC-RAQ-06-04-02
Inspección visual de soldadura J312-J313-J315-J317-J318-J319	PRO-QC-RAQ-06-04-02
Registro de inspección por ultrasonido J297-J298-J301	PI03-QS-RE01
Registro de inspección por ultrasonido J308-J309	PI03-QS-RE01
Registro de preparación superficial y aplicación de pintura spool 016-01.	PRO-QC-RAQ-06-06-01
Registro de preparación superficial y aplicación de pintura spool 016-02 (1).	PRO-QC-RAQ-06-06-01
Registro de preparación superficial y aplicación de pintura spool 016-02 (2).	PRO-QC-RAQ-06-06-01
Registro de preparación superficial y aplicación de pintura spool 016-02 (3).	PRO-QC-RAQ-06-06-01
Registro de preparación superficial y aplicación de pintura spool 018-01(1).	PRO-QC-RAQ-06-06-01
Registro de preparación superficial y aplicación de pintura spool 018-02(1).	PRO-QC-RAQ-06-06-01
Registro de preparación superficial y aplicación de pintura spool 018-01(2).	PRO-QC-RAQ-06-06-01
Registro de preparación superficial y aplicación de pintura spool 018-02(2).	PRO-QC-RAQ-06-06-01
Registro de preparación superficial y aplicación de pintura spool 020-3.	PRO-QC-RAQ-06-06-01
Registro de preparación superficial y aplicación de pintura spool 020-2.	PRO-QC-RAQ-06-06-01
Registro de preparación superficial y aplicación de pintura spool 020-1.	PRO-QC-RAQ-06-06-01
Registro de preparación superficial y aplicación de pintura spool 020-4.	PRO-QC-RAQ-06-06-01
Registro de preparación superficial y aplicación de pintura spool 020-5.	PRO-QC-RAQ-06-06-01
Registro de preparación superficial y aplicación de pintura spool 020-6.	PRO-QC-RAQ-06-06-01

Fuente: Elaboración propia en base a PRODISE.

Tabla 108.*Inspección de fabricación de línea.*

ITEM	DOCUMENTO	CÓDIGO
3.17	Inspección de fabricación. Línea C2-5790 –WR-2001-C1A-6”-N(C2-5790-WR-5002-C1A-6”N/C2-5790-WR-5003-C1A-6”-M/C2-C1A-6”-N.	
	Registro de control trazabilidad y habilitación Spool 5001-1.	PRO-QC-RAQ-06-02-01
	Registro de control trazabilidad y habilitación Spool 5003-1.	PRO-QC-RAQ-06-02-01
	Registro de control trazabilidad y habilitación Spool 5003-2.	PRO-QC-RAQ-06-02-01
	Registro de control trazabilidad y habilitación Spool 5005-1.	PRO-QC-RAQ-06-02-01
	Registro de control trazabilidad y habilitación Spool 5005-2.	PRO-QC-RAQ-06-02-01
	Registro de control dimensional del armado Spool 5001-1.	PRO-QC-RAQ-06-03-02
	Registro de control dimensional del armado Spool 5003-1.	PRO-QC-RAQ-06-03-02
	Registro de control dimensional del armado Spool 5003-2.	PRO-QC-RAQ-06-03-02

Registro de control dimensional del armado Spool 5005-1.	PRO-QC-RAQ-06-03-02
Registro de control dimensional del armado Spool 5001-2.	PRO-QC-RAQ-06-03-02
Inspección por tintes penetrantes J324-J325-J329-J330.	PRO-QC-RAQ-06-05-01
Inspección por tintes penetrantes J335-J336-J337. PRO-QC-RAQ-06-06-01	PRO-QC-RAQ-06-05-01
Inspección por tintes penetrantes J338-J339-J340-J341-J342.	PRO-QC-RAQ-06-05-01
Inspección visual de soldadura J320.	PRO-QC-RAQ-06-04-02
Inspección visual de soldadura J322.	PRO-QC-RAQ-06-04-02
Inspección visual de soldadura J324-J325-J329-J330.	PRO-QC-RAQ-06-04-02
Inspección visual de soldadura J326-J331.	PRO-QC-RAQ-06-04-02
Inspección visual de soldadura J334, J335, J336, J337.	PRO-QC-RAQ-06-04-02
Inspección visual de soldadura J338, JJ339, J340, J341, J342.	PRO-QC-RAQ-06-04-02
Registro de inspección por ultrasonido J337, J340, J341.	PI03-QS-RE01.
Registro de preparación superficial y aplicación de pintura spool 5001-1	PRO-QC-RAQ-06-06-01
Registro de preparación superficial y aplicación de pintura spool 5001-1(2).	PRO-QC-RAQ-06-06-01
Registro de preparación superficial y aplicación de pintura spool 5003-1(1).	PRO-QC-RAQ-06-06-01
Registro de preparación superficial y aplicación de pintura spool 5003-1(2)	PRO-QC-RAQ-06-06-01
Registro de preparación superficial y aplicación de pintura spool 5003-2(1)	PRO-QC-RAQ-06-06-01

Fuente: Elaboración propia en base a PRODISE.

Tabla 109.

Inspección de fabricación de línea.

ITEM	DOCUMENTO	CÓDIGO
3.21	Inspección de fabricación. Línea C2-5790 –SW-5014-C1A-6”	
	Registro de preparación superficial y aplicación de pintura spool 5003-2(2)	PRO-QC-RAQ-06-06-01
	Registro de preparación superficial y aplicación de pintura spool 5003-2(2)	PRO-QC-RAQ-06-06-01
	Registro de preparación superficial y aplicación de pintura spool 5005-1	PRO-QC-RAQ-06-06-01
	Registro de control trazabilidad y habilitación spool 5014-2	PRO-QC-RAQ-06-02-01
	Registro de control trazabilidad y habilitación spool 5014-1	PRO-QC-RAQ-06-02-01
	Registro de control dimensional del armado spool 5014-2	PRO-QC-RAQ-06-03-02

Registro de control dimensional del armado spool 5014-1	PRO-QC-RAQ-06-03-02
Inspección por tintes penetrantes J396, J397	PRO-QC-RAQ-06-05-01
Inspección visual de soldadura J394	PRO-QC-RAQ-06-04-02
Inspección visual de soldadura J396, J397	PRO-QC-RAQ-06-04-02
Registro de inspección por ultrasonido J397	PRO-QC-RAQ-06-03-02
Registro de preparación superficial y aplicación de pintura spool 5014-2.	PRO-QC-RAQ-06-06-01
Registro de preparación superficial y aplicación de pintura spool 5014-2.	PRO-QC-RAQ-06-06-01

Fuente: Elaboración propia en base a PRODISE.

El dossier de fabricación contempla la inspección visual de la soldadura, los registros de inspección por ultrasonido, seguidamente los registros de preparación superficial y aplicación de pintura en spool; los registros de control de trazabilidad y habilitación, los registros de control dimensional del armado, inspección por tintes penetrantes.

3.21. Análisis económico.

El diseño y montaje de tuberías para la impulsión de agua tratada se tiene el presupuesto de obra a todo costo, donde se tienen los trabajos de ingeniería en gabinete incluyen los trabajos de mano de obra, uso de herramientas, accesorios y materiales (cinta teflón, acoples, pintura).

Los costos integrales por cada operación se encuentran incluidos en cada material y accesorio utilizado, el costeo se realizó con el software Powercost 4.0, y MS Project donde podemos determinar lo siguiente:

3.21.1. Presupuesto de obra (PV).

Tenemos 6 fases o etapas en el desarrollo del proyecto, por lo que se tiene una ejecución de obra de 33 días calendario, teniendo en cuenta que los días domingos no son laborables y no se cuentan en el calendario de obra, la programación de obra se realizó de forma semanal.

Figura 89.

Presupuesto valorizado de obra. Fase 6.

CÁLCULO Y MONTAJE DEL SISTEMA DE IMPULSIÓN DE AGUA TRATADA DESDE PTARI HASTA LAVADERO DE										
	OBRA	: LINEA DE IMPULSION DE AGUA TRATADA								
	PROPIETARIO	: SOCIEDAD MINERA CERRO VERDE								
	UBICACIÓN	: UNIDAD MINERA CERRO VERDE								
	FORMULA	: PRESUPUESTO INDUSTRIAL								
ITEM	DESCRIPCION DE PARTIDAS	PRESUPUESTO GENERAL				Plan Value (PV) Curva "S" en soles				
		UNIDAD	P. PARCIAL (soles)	Cantidad	Duración (días)	Noviembre (2019)			Diciembre	
						04 al 09	11 al 16	18 al 23	25 al 30	02 al 07
	IMPULSIÓN DE AGUA TRATADA: DISEÑO Y MONTAJE				33					
1.0.	FASE 1: OBRAS PREVISIONALES		S/. 13,600.00		6					
1.1.	TRANSPORTE DE TUBERÍAS Y ACCESORIOS	Gib.	S/. 6,800.00		1	S/. 6,800.00				
1.2.	IZAJE DE TUBERÍAS	Gib.	S/. 3,450.00		1	S/. 3,450.00				
1.3.	IZAJE DE BOMBAS	Gib.	S/. 790.00		1	S/. 790.00				
1.4.	ACONDICIONAMIENTO DE RELIEVE - EXCAVACIONES/COBERTURA	Gib.	S/. 2,560.00		3	S/. 2,560.00				
2.0.	FASE 2: INSTALACION LINEA PRINCIPAL DE BOMBEO	mes	S/. 2,400.00		3					
2.1.	INSTALACIÓN DE BOMBAS	Gib.	S/. 860.00		1		S/. 860.00			
2.2.	INSTALACIÓN DE FILTROS	Gib.	S/. 460.00		1		S/. 460.00			
2.3.	INSTALACION Y SOLDADURA DE TUBERÍAS Y ACCESORIOS	Gib.	S/. 1,080.00		1		S/. 1,080.00			
3.0.	FASE 3: LINEA PRINCIPAL: PTARI A LAVADEROS		S/. 17,841.14		6					
3.1.	INSTALACIÓN Y SOLDADURA DE TUBERÍAS Y ACCESORIOS	Gib.	S/. 1,640.00		6		S/. 656.00	S/. 984.00		
3.2.	TUBERIA DE ACERO SCHEDULE - 40 P/EQ. 6" (150MM) INC. 1% DESP	M	S/. 168.52	4.90			S/. 4.90			
3.3.	VALVULA MARIPOSA ø 6" Clase 150	PZA	S/. 1,188.33	3.00			S/. 3.00			
3.4.	TUBERIA DE ACERO SCHEDULE - 40 P/EQ. 6" (150MM) INC. 1% DESP	M	S/. 168.52	0.40			S/. 0.40			
3.5.	Filtro 6"	UND	S/. 2,100.00	1.00			S/. 2,100.00			
3.6.	TUBERIA DE ACERO SCHEDULE - 40 P/EQ. 6" (150MM) INC. 1% DESP	M	S/. 168.52	2.10				S/. 168.52		
3.7.	TEE DE ACERO SCH 40 DE ø 6"	PZA	S/. 272.23	2.70				S/. 272.23		
3.8.	SUMINISTRO REDUCCION 6"x4" sch 40	UND	S/. 300.56	1.00				S/. 300.56		
3.9.	SUMINISTRO AMPLIACION 3"x6"	UND	S/. 300.56	1.00				S/. 300.56		
3.10.	TUBERIA DE ACERO SCHEDULE - 40 P/EQ. 6" (150MM) INC. 1% DESP	M	S/. 168.52	0.30				S/. 168.52		
3.11.	VALVULA CHECK 6" CLASE 150	UND	S/. 392.00	1.00				S/. 392.00		
3.12.	TUBERIA DE 6" HDPE SDR 11	M	S/. 52.25	197.82				S/. 52.25		
3.13.	6" TEE HDPE SDR 11	UND	S/. 25.64	1.00				S/. 25.64		
3.14.	6" CODO 90° HDPE sdr 11	PZA	S/. 101.36	2.00				S/. 101.36		
3.15.	6"x4" TEE HDPE sdr 11	UND	S/. 25.64	1.00				S/. 25.64		
3.16.	4" CODO 90° HDPE SDR 11	UND	S/. 10.95	5.00				S/. 10.95		
3.17.	SUMINISTRO REDUCCION 6"x4" SDR 11	UND	S/. 300.56	1.00				S/. 300.56		
3.18.	TUBERIA DE 4" HDPE SDR 11	M	S/. 84.95	292.87				S/. 84.95		
3.19.	TUBERIA DE 4" SCH 40	M	S/. 84.95	7.00				S/. 84.95		
3.20.	VALVULA MARIPOSA ø 4" Clase 150	PZA	S/. 1,188.33	3.00				S/. 1,188.33		
3.21.	4" TEE SCH 40	PZA	S/. 100.31	2.00				S/. 100.31		
3.22.	4" CODO 90 SCH 40	UND	S/. 28.44	5.00				S/. 28.44		
3.23.	BOMBAS DE IMPULSIÓN	UND	S/. 8,970.00	2.00			S/. 8,970.00			

Fuente: Elaboración propia.

Figura 90.
Presupuesto valorizado

ITEM	DESCRIPCION DE PARTIDAS	UNIDAD	PRESUPUESTO GENERAL			Plan Value (PV) Curva "S" en soles							
			P.PARCIAL (soles)	Cantidad	Duración (días)	Noviembre (2019)				Diciembre			
						04 al 09	11 al 16	18 al 23	25 al 30	02 al 07	09 al 14		
	IMPULSION DE AGUA TRATADA: DISEÑO Y MONTAJE				33								
4.0.	FASE 4: LINEA PRINCIPAL A LAVADERO DE TRACTORES		S/. 6,934.47		6								
4.1.	IZAJE DE TUBERÍAS Y ACCESORIOS	Glb.	S/. 640.00		1			S/. 640.00					
4.2.	INSTALACION Y SOLDADURA DE TUBERIAS Y ACCESORIOS	Glb.	S/. 1,100.00		5			S/. 550.00	S/. 550.00				
4.3.	TUBERIA DE ACERO SCHEDULE - 80 P/EQ. 6" (150MM) INC. 1% DESP	M	S/. 176.12	0.30				S/. 176.12					
4.4.	VALVULA MARIPOSA ø 6" Clase 150	PZA	S/. 1,174.94	7.00				S/. 587.47	S/. 587.47				
4.5.	TUBERIA DE ACERO SCHEDULE - 40 P/EQ. 6" (150MM) INC. 1% DESP	M	S/. 176.12	1.00				S/. 176.12					
4.6.	Filtro 6"	UND	S/. 1,659.00	1.00				S/. 1,659.00					
4.7.	REDUCCION DE 6" X 4" Sch 40	UND	S/. 250.00	1.00				S/. 250.00					
4.8.	AMPLIACION 3"x 6" SCH 40	UND	S/. 257.00	1.00				S/. 257.00					
4.6.	VALVULA CHECK DE 6" clase 150	UND	S/. 490.21	1.00				S/. 490.21					
4.10.	TEE SANITARIA DE 6"x6"	UND	S/. 40.42	3.00				S/. 40.42					
4.11.	TUBERIA DE ACERO SCHEDULE - 40 P/EQ. 6" (150MM) INC. 1% DESP	M	S/. 176.12	6.50				S/. 176.12					
4.12.	TUBERIA DE 6" HDPE SDR 11	M	S/. 89.07	292.14				S/. 89.07					
4.13.	6" CODO 90° HDPE sdr 11	PZA	S/. 102.36	4.00				S/. 102.36					
4.14.	TUBERIA DE 6" HDPE SDR 11	M	S/. 89.07	102.00				S/. 89.07					
4.15.	6"x4" TEE HDPE sdr 11	UND	S/. 40.42	1.00				S/. 40.42					
4.16.	6" TEE HDPE SDR 11	UND	S/. 40.42	1.00				S/. 40.42					
4.17.	SUMINISTRO REDUCCION 6"x4" SDR 11	UND	S/. 257.00	1.00				S/. 257.00					
4.18.	TUBERIA DE 4" HDPE SDR 11	M	S/. 78.05	308.81				S/. 78.05					
4.19.	4" CODO 90° HDPE SDR 11	UND	S/. 10.86	5.00							S/. 10.86		
4.20.	TUBERIA DE 4" Sch 40	M	S/. 37.01	1.00							S/. 37.01		
4.21.	TEE 4" SCH 40	UND	S/. 25.15	2.00							S/. 25.15		
4.22.	CODO 90° x 4" SCH 40	UND	S/. 25.13	5.00							S/. 25.13		
5.0.	FASE 5: LINEA PRINCIPAL A LAVADERO DE VOLQUETES		S/. 7,872.76		6								
5.1.	IZAJE DE TUBERÍAS Y ACCESORIOS	Glb.	S/. 640.00		1			S/. 640.00					
5.2.	INSTALACIÓN Y SOLDADURA DE TUBERÍAS Y ACCESORIOS	Glb.	S/. 1,100.00		5			S/. 550.00	S/. 550.00				
5.3.	TUBERIA DE ACERO SCHEDULE - 80 P/EQ. 6"	M	S/. 168.52	0.30							S/. 168.52		
5.4.	VALVULA MARIPOSA ø 6" Clase 150	PZA	S/. 1,188.33	4.00							S/. 1,188.33		
5.5.	TUBERIA DE ACERO SCHEDULE - 40 P/EQ. 6" (150MM) INC. 1% DESP	M	S/. 158.62	21.10							S/. 158.62		
5.6.	FILTRO 6"	UND	S/. 2,100.00	0.40				S/. 2,100.00					
5.7.	REDUCCION DE 6" X 4" SCH 40	UND	S/. 67.19	1.00							S/. 67.19		
5.8.	AMPLIACION 3"x 6" SCH 40	UND	S/. 61.45	1.00							S/. 61.45		
5.9.	VALVULA CHECK DE 6"	UND	S/. 489.30	1.00							S/. 489.30		
5.10.	VALVULA MARIPOSA ø 6" Clase 150	PZA	S/. 1,188.33	2.00							S/. 1,188.33		
5.11.	TEE DE ACERO SCH 40 DE ø 6"	PZA	S/. 272.23	5.00							S/. 272.23		
5.12.	TUBERIA DE 6" HDPE SDR 11	M	S/. 52.25	177.00							S/. 52.25		
5.13.	6" CODO 90° HDPE sdr 11	PZA	S/. 101.36	3.00							S/. 101.36		
5.14.	6" TEE HDPE SDR 11	UND	S/. 25.20	1.00							S/. 25.20		
5.15.	TUBERIA DE ACERO SCHEDULE - 40 P/EQ. 6" (150MM) INC. 1% DESP	M	S/. 158.62	13.00								S/. 158.62	
5.16.	CODO DE ACERO SCH 40 DE ø 6" x 90°	PZA	S/. 101.36	5.00								S/. 101.36	

Fuente: Elaboración propia

Figura 91.
Presupuesto valorizado (3)

ITEM	DESCRIPCION DE PARTIDAS	PRESUPUESTO GENERAL				Plan Value (PV) Curva "S" en soles							
		UNIDAD	P.PARCIAL (soles)	Cantidad	Duración (días)	Noviembre (2019)				Diciembre			
						04 al 09	11 al 16	18 al 23	25 al 30	02 al 07	09 al 14		
	IMPULSIÓN DE AGUA TRATADA: DISEÑO Y MONTAJE				33								
6.0.	FASE 6: LINE APRINCIPAL A LAVADERO DE SEMIPESADO		S/. 6,694.97		6								
6.1.	Izaje de tubería y accesorios	Glb.	S/. 640.00		1								S/. 640.00
6.2.	Instalación y soldadura de tuberías y accesorios	Glb.	S/. 1,100.00		5								S/. 1,100.00
6.3.	TUBERIA DE ACERO SCHEDULE - 80 P/EQ. 6"	M	S/. 168.52	0.30									S/. 168.52
6.4.	VALVULA MARIPOSA ø 6" Clase 150	PZA	1188.33	6.00									S/. 1,188.33
6.5.	TUBERIA DE ACERO SCHEDULE - 40 P/EQ. 6" (150MM) INC. 1% DESP	M	158.62	8.10									S/. 158.62
6.6.	Filtro 6"	UND	2100	1.00									S/. 2,100.00
6.7.	REDUCCION DE 6" X 4" SCH 40	UND	67.19	1.00									S/. 67.19
6.8.	AMPLIACION 3"x 6" SCH 40	UND	61.45	1.00									S/. 61.45
6.9.	VALVULA CHECK DE 6"	UND	489.3	1.00									S/. 489.30
6.10.	TEE DE ACERO SCH 40 DE ø 6"	PZA	272.23	3.00									S/. 272.23
6.11.	TUBERIA DE 6" HDPE SDR 11	M	0.54	1.50									S/. 0.54
6.12.	TUBERIA DE 6" HDPE SDR 11	M	30.11	102.00									S/. 30.11
6.13.	6" CODO 90° HDPE sdr 11	PZA	101.36	1.00									S/. 101.36
6.14.	6" X 4" TEE HDPE SDR 11	UND	25.2	1.00									S/. 25.20
6.15.	TUBERIA 4" HDPE SDR 11	M	133.04	4.00									S/. 133.04
6.16.	SUMINISTRO E INSTALACION TUBERIA SCH-40 ø 4"	M	71.92	7.00									S/. 71.92
6.17.	CODO SCHD ø = 4" x 90°	UND	61.39	6.00									S/. 61.39
6.18.	TEE 4" SCH 40	UND	25.77	2.00									S/. 25.77
	TOTAL					S/. 13,600.00	S/. 14,134.30	S/. 8,378.48	S/. 6,337.61	S/. 4,420.93	S/. 6,954.95		
	TOTAL ACUMULADO					S/. 13,600.00	S/. 27,734.30	S/. 36,112.78	S/. 42,450.39	S/. 46,871.32	S/. 53,826.27		

Fuente: Elaboración propia

Figura 92.

Consolidado del presupuesto valorizado

ITEM	FASE	PERIODO	P.PARCIAL	Nº DÍAS
1.0.	FASE 1: OBRAS PREVISIONALES	04 al 09 Nov.	S/. 13,600.00	6
2.0.	FASE 2: INSTALACION LINEA PRINCIPAL DE BOMBEO	11 AL 13 Nov.	S/. 2,400.00	3
3.0.	FASE 3: LINEA PRINCIPAL: PTARI A LAVADEROS	14 AL 20 Nov.	S/. 16,324.07	6
4.0.	FASE 4: LINEA PRINCIPAL A LAVADERO DE TRACTORES	21 AL 27 Nov.	S/. 6,934.47	6
5.0.	FASE 5: LINEA PRINCIPAL A LAVADERO DE VOLQUETES	28 Nov.AL 04 Dic.	S/. 7,872.76	6
6.0.	FASE 6: LINE APRINCIPAL A LAVADERO DE SEMIPESADO	05 AL 11 Dic.	S/. 6,694.97	6
TOTAL			S/. 53,826.27	33

Fuente: Elaboración propia

3.21.2. Ejecución de obra valorizada (EV):

Se presente le cronograma ejecutado y valorizado, en donde se tiene incremento de tiempos y precios:

Figura 93.

Ejecución valorizada de obra. Fase 1 a la Fase 5.

CÁLCULO Y MONTAJE DEL SISTEMA DE IMPULSIÓN DE AGUA TRATADA DESDE PTARI HASTA LAVADERO DE CAMIONES												
OBRA		: LINEA DE IMPULSION DE AGUA TRATADA										
PROPIETARIO		: SOCIEDAD MINERA CERRO VERDE										
UBICACIÓN		: UNIDAD MINERA CERRO VERDE										
FORMULA		: EJECUCIÓN VALORIZADA										
ITEM	DESCRIPCION DE PARTIDAS	UNIDAD	PRESUPUESTO GENERAL			Plan Value (PV) Curva "S"						
			P.PARCIAL (soles)	Cantidad	Duración (días)	Noviembre (2019)			Diciembre (2019)			
						04 al 09	11 al16	18 al 23	25 al 30	02 al 07	09 al 14	16 al 21
	IMPULSIÓN DE AGUA TRATADA: DISEÑO Y MONTAJE				39							
1.0.	FASE 1: OBRAS PREVISIONALES		S/. 14,382.00		9							
1.1	TRANSPORTE DE TUBERÍAS Y ACCESORIOS	Glb.	S/. 7,260.00		2	S/. 6,800.00	S/. 460.00					
1.2.	IZAJE DE TUBERÍAS	Glb.	S/. 3,512.00		2	S/. 3,450.00	S/. 62.00					
1.3.	IZAJE DE BOMBAS	Glb.	S/. 790.00		1	S/. 790.00						
1.4.	ACONDICIONAMIENTO DE RELIEVE - EXCAVACIONES/COBERTURA	Glb.	S/. 2,820.00		4	S/. 2,560.00	\$260.00					
2.0.	FASE 2: INSTALACION LINEA PRINCIPAL DE BOMBEO	mes	S/. 2,680.00		3							
2.1.	INSTALACIÓN DE BOMBAS	Glb.	S/. 860.00		1		S/. 860.00					
2.2.	INSTALACIÓN DE FILTROS	Glb.	S/. 460.00		1		S/. 460.00					
2.3.	INSTALACION Y SOLDADURA DE TUBERÍAS Y ACCESORIOS	Glb.	S/. 1,360.00		1		S/. 1,360.00					
3.0.	FASE 3: LINEA PRINCIPAL: PTARI A LAVADEROS		S/. 17,905.14		7							
3.1.	INSTALACIÓN Y SOLDADURA DE TUBERÍAS Y ACCESORIOS	Glb.	S/. 1,704.00		7			S/. 720.00	S/. 984.00			
3.2.	TUBERIA DE ACERO SCHEDULE - 40 P/EQ. 6" (150MM) INC. 1% DESP	M	S/. 168.52	4.90				S/. 168.52				
3.3.	VALVULA MARIPOSA ø 6" Clase 150	PZA	S/. 1,188.33	3.00				S/. 1,188.33				
3.4.	TUBERIA DE ACERO SCHEDULE - 40 P/EQ. 6" (150MM) INC. 1% DESP	M	S/. 168.52	0.40				S/. 168.52				
3.5.	Filtro 6"	UND	S/. 2,100.00	1.00				S/. 2,100.00				
3.6.	TUBERIA DE ACERO SCHEDULE - 40 P/EQ. 6" (150MM) INC. 1% DESP	M	S/. 168.52	2.10				S/. 168.52				
3.7.	TEE DE ACERO SCH 40 DE ø 6"	PZA	S/. 272.23	2.70				S/. 272.23				
3.8.	SUMINISTRO REDUCCION 6"x4" sch 40	UND	S/. 300.56	1.00				S/. 300.56				
3.9.	SUMINISTRO AMPLIACION 3"x6"	UND	S/. 300.56	1.00				S/. 300.56				
3.10.	TUBERIA DE ACERO SCHEDULE - 40 P/EQ. 6" (150MM) INC. 1% DESP	M	S/. 168.52	0.30				S/. 168.52				
3.11.	VALVULA CHECK 6" CLASE 150	UND	S/. 392.00	1.00				S/. 392.00				
3.12.	TUBERIA DE 6" HDPE SDR 11	M	S/. 52.25	197.82				S/. 52.25				
3.13.	6" TEE HDPE SDR 11	UND	S/. 25.64	1.00				S/. 25.64				
3.14.	6" CODO 90° HDPE sdr 11	PZA	S/. 101.36	2.00				S/. 101.36				
3.15.	6"x4" TEE HDPE sdr 11	UND	S/. 25.64	1.00				S/. 25.64				
3.16.	4" CODO 90° HDPE SDR 11	UND	S/. 10.95	5.00				S/. 10.95				
3.17.	SUMINISTRO REDUCCION 6"x4" SDR 11	UND	S/. 300.56	1.00				S/. 300.56				
3.18.	TUBERIA DE 4" HDPE SDR 11	M	S/. 84.95	292.87				S/. 84.95				
3.19.	TUBERIA DE 4" SCH 40	M	S/. 84.95	7.00				S/. 84.95				
3.20.	VALVULA MARIPOSA ø 4" Clase 150	PZA	S/. 1,188.33	3.00				S/. 1,188.33				
3.21.	4" TEE SCH 40	PZA	S/. 100.31	2.00				S/. 100.31				
3.22.	4" CODO 90 SCH 40	UND	S/. 28.44	5.00				S/. 28.44				
3.23.	BOMBAS DE IMPULSIÓN	UND	S/. 8,970.00	2.00				S/. 8,970.00				

Fuente: Elaboración propia.

Figura 94.

Ejecución valorizada de obra. Fase 1 a la Fase 5 (2).

ITEM	DESCRIPCION DE PARTIDAS	PRESUPUESTO GENERAL				Costo real del trabajo realizado (AC)						
		UNIDAD	P.PARCIAL (soles)	Cantidad	Duración (días)	Noviembre (2019)				Diciembre (2019)		
						04 al 09	11 al 16	18 al 23	25 al 30	02 al 07	09 al 14	16 al 21
	IMPULSIÓN DE AGUA TRATADA: DISEÑO Y MONTAJE				14							
1.0.	FASE 1: OBRAS PREVISIONALES		S/. 9,120.59		14							
4.0.	FASE 4: LINEA PRINCIPAL A LAVADERO DE TRACTORES		S/. 7,069.47		7							
4.1.	IZAJE DE TUBERÍAS Y ACCESORIOS	Gib.	S/. 705.00		1			S/. 640.00	S/. 65.00			
4.2.	INSTALACION Y SOLDADURA DE TUBERIAS Y ACCESORIOS	Gib.	S/. 1,170.00		6			S/. 550.00	S/. 620.00			
4.3.	TUBERIA DE ACERO SCHEDULE - 80 P/EQ. 6" (150MM) INC. 1% DESP	M	S/. 176.12	0.30				S/. 176.12				
4.4.	VALVULA MARIPOSA ø 6" Clase 150	PZA	S/. 1,174.94	7.00				S/. 335.70	S/. 503.55	S/. 335.70		
4.5.	TUBERIA DE ACERO SCHEDULE - 40 P/EQ. 6" (150MM) INC. 1% DESP	M	S/. 176.12	1.00				S/. 176.12				
4.6.	Filtro 6"	UND	S/. 1,659.00	1.00				S/. 1,659.00				
4.7.	REDUCCION DE 6" X 4" Sch 40	UND	S/. 250.00	1.00					S/. 250.00			
4.8.	AMPLIACION 3"x 6" SCH 40	UND	S/. 257.00	1.00					S/. 257.00			
4.6.	VALVULA CHECK DE 6" clase 150	UND	S/. 490.21	1.00					S/. 490.21			
4.10.	TEE SANITARIA DE 6"x6"	UND	S/. 40.42	3.00					S/. 40.42			
4.11.	TUBERIA DE ACERO SCHEDULE - 40 P/EQ. 6" (150MM) INC. 1% DESP	M	S/. 176.12	6.50					S/. 176.12			
4.12.	TUBERIA DE 6" HDPE SDR 11	M	S/. 89.07	292.14					S/. 89.07			
4.13.	6" CODO 90° HDPE sdr 11	PZA	S/. 102.36	4.00					S/. 102.36			
4.14.	TUBERIA DE 6" HDPE SDR 11	M	S/. 89.07	102.00					S/. 89.07			
4.15.	6"x4" TEE HDPE sdr 11	UND	S/. 40.42	1.00					S/. 40.42			
4.16.	6" TEE HDPE SDR 11	UND	S/. 40.42	1.00					S/. 40.42			
4.17.	SUMINISTRO REDUCCION 6"x4" SDR 11	UND	S/. 257.00	1.00					S/. 257.00			
4.18.	TUBERIA DE 4" HDPE SDR 11	M	S/. 78.05	308.81					S/. 78.05			
4.19.	4" CODO 90° HDPE SDR 11	UND	S/. 10.86	5.00						S/. 10.86		
4.20.	TUBERIA DE 4" Sch 40	M	S/. 37.01	1.00						S/. 37.01		
4.21.	TEE 4" SCH 40	UND	S/. 25.15	2.00						S/. 25.15		
4.22.	CODO 90° x 4" SCH 40	UND	S/. 25.13	5.00						S/. 25.13		
5.0.	FASE 5: LINEA PRINCIPAL A LAVADERO DE VOLQUETES		S/. 8,097.76		7							
5.1.	IZAJE DE TUBERÍAS Y ACCESORIOS	Gib.	S/. 705.00		2				S/. 640.00	S/. 65.00		
5.2.	INSTALACIÓN Y SOLDADURA DE TUBERÍAS Y ACCESORIOS	Gib.	S/. 1,260.00		5				S/. 550.00	S/. 710.00		
5.3.	TUBERIA DE ACERO SCHEDULE - 80 P/EQ. 6"	M	S/. 168.52	0.30						S/. 168.52		
5.4.	VALVULA MARIPOSA ø 6" Clase 150	PZA	S/. 1,188.33	4.00						S/. 1,188.33		
5.5.	TUBERIA DE ACERO SCHEDULE - 40 P/EQ. 6" (150MM) INC. 1% DESP	M	S/. 158.62	21.10						S/. 158.62		
5.6.	FILTRO 6"	UND	S/. 2,100.00	0.40					S/. 2,100.00			
5.7.	REDUCCION DE 6" X 4" SCH 40	UND	S/. 67.19	1.00						S/. 67.19		
5.8.	AMPLIACION 3"x 6" SCH 40	UND	S/. 61.45	1.00						S/. 61.45		
5.9.	VALVULA CHECK DE 6"	UND	S/. 489.30	1.00						S/. 489.30		
5.10.	VALVULA MARIPOSA ø 6" Clase 150	PZA	S/. 1,188.33	2.00						S/. 1,188.33		
5.11.	TEE DE ACERO SCH 40 DE ø 6"	PZA	S/. 272.23	5.00						S/. 272.23		
5.12.	TUBERIA DE 6" HDPE SDR 11	M	S/. 52.25	177.00						S/. 52.25		
5.13.	6" CODO 90° HDPE sdr 11	PZA	S/. 101.36	3.00						S/. 101.36		
5.14.	6" TEE HDPE SDR 11	UND	S/. 25.20	1.00						S/. 25.20		
5.15.	TUBERIA DE ACERO SCHEDULE - 40 P/EQ. 6" (150MM) INC. 1% DESP	M	S/. 158.62	13.00							S/. 158.62	
5.16.	CODO DE ACERO SCH 40 DE ø 6" x 90°	PZA	S/. 101.36	5.00							S/. 101.36	

Fuente: Elaboración propia.

Figura 95.

Ejecución valorizada de obra. Fase 6.

ITEM	DESCRIPCION DE PARTIDAS	UNIDAD	PRESUPUESTO GENERAL			Costo real del trabajo realizado (AC)							
			P.PARCIAL (soles)	Cantidad	Duración (días)	Noviembre (2019)				Diciembre (2019)			
						# REF	04 al 09	11 al 16	18 al 23	25 al 30	02 al 07	09 al 14	16 al 21
	IMPULSIÓN DE AGUA TRATADA: DISEÑO Y MONTAJE												
6.0.	FASE 6: LINE A PRINCIPAL A LAVADERO DE SEMIPESADO		S/. 6,694.97		6								
6.1.	Izaje de tubería y accesorios	Glb.	S/. 640.00		1							S/. 640.00	
6.2.	Instalación y soldadura de tuberías y accesorios	Glb.	S/. 1,100.00		5							S/. 620.00	S/. 480.00
6.3.	TUBERIA DE ACERO SCHEDULE - 80 P/EQ. 6"	M	S/. 168.52	0.30								S/. 168.52	
6.4.	VALVULA MARIPOSA ø 6" Clase 150	PZA	1188.33	6.00								S/. 1,188.33	
6.5.	TUBERIA DE ACERO SCHEDULE - 40 P/EQ. 6" (150MM) INC. 1% DESP	M	158.62	8.10								S/. 158.62	
6.6.	Filtro 6"	UND	2100	1.00								S/. 2,100.00	
6.7.	REDUCCION DE 6" X 4" SCH 40	UND	67.19	1.00								S/. 67.19	
6.8.	AMPLIACION 3"x 6" SCH 40	UND	61.45	1.00								S/. 61.45	
6.9.	VALVULA CHECK DE 6"	UND	489.3	1.00								S/. 489.30	
6.10.	TEE DE ACERO SCH 40 DE ø 6"	PZA	272.23	3.00								S/. 272.23	
6.11.	TUBERIA DE 6" HDPE SDR 11	M	0.54	1.50								S/. 0.54	
6.12.	TUBERIA DE 6" HDPE SDR 11	M	30.11	102.00								S/. 30.11	
6.13.	6" CODO 90° HDPE sdr 11	PZA	101.36	1.00									S/. 101.36
6.14.	6" X 4" TEE HDPE SDR 11	UND	25.2	1.00									S/. 25.20
6.15.	TUBERIA 4" HDPE SDR 11	M	133.04	4.00									S/. 133.04
6.16.	SUMINISTRO E INSTALACION TUBERIA SCH-40 ø 4"	M	71.92	7.00									S/. 71.92
6.17.	CODO SCHD ø = 4" x 90°	UND	61.39	6.00									S/. 61.39
6.18.	TEE 4" SCH 40	UND	25.77	2.00									S/. 25.77
	TOTAL					27,200.00	47,434.00	53,947.12	58,654.13	59,837.64	73,839.49	59,525.38	
	TOTAL ACUMULADO					27,200.00	74,634.00	128,581.12	187,235.26	247,072.90	320,912.39	380,437.77	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 110.*Consolidado del presupuesto valorizado.*

ITEM	FASE	PERIODO	P.PARCIAL	N° DÍAS
1.0.	FASE 1: OBRAS PREVISIONALES	04 al 13 Nov.	S/. 14,382.00	9
2.0.	FASE 2: INSTALACION LINEA PRINCIPAL DE BOMBEO	14 AL 16 Nov.	S/. 2,680.00	3
3.0.	FASE 3: LINEA PRINCIPAL: PTARI A LAVADEROS	18 AL 25 Nov.	S/. 16,921.14	7
4.0.	FASE 4: LINEA PRINCIPAL A LAVADERO DE TRACTORES	26 Nov. AL 02 Dic.	S/. 7,069.47	7
5.0.	FASE 5: LINEA PRINCIPAL A LAVADERO DE VOLQUETES	03 Dic. AL 10 Dic.	S/. 8,097.76	7
6.0.	FASE 6: LINE APRINCIPAL A LAVADERO DE SEMIPESADO	11 Dic. AL 17 Dic.	S/. 6,694.97	6
TOTAL			S/. 55,845.34	39

Fuente: Elaboración propia

De las 6 fases: En la fase 1, se tuvo un retraso de 3 días y un incremento de costos de 782 soles. En la Fase 2 se tuvo un incremento de costos de 280 soles, en la Fase 3 se tuvo un retraso de un día y a la vez un incremento de costos en un rango de 597.07 soles. En la Fase 4, de igual modo se tuvo un retraso de un día con un incremento de costos de 135 soles. En la Fase 5 se tuvo un retraso de un día y un incremento de costos de 225 soles. En la Fase 6 no se tuvo variaciones a los tiempos de ejecución, ni en lo presupuestado.

Tabla 111.*Comparativo incremental de sobre tiempo y sobre costos.*

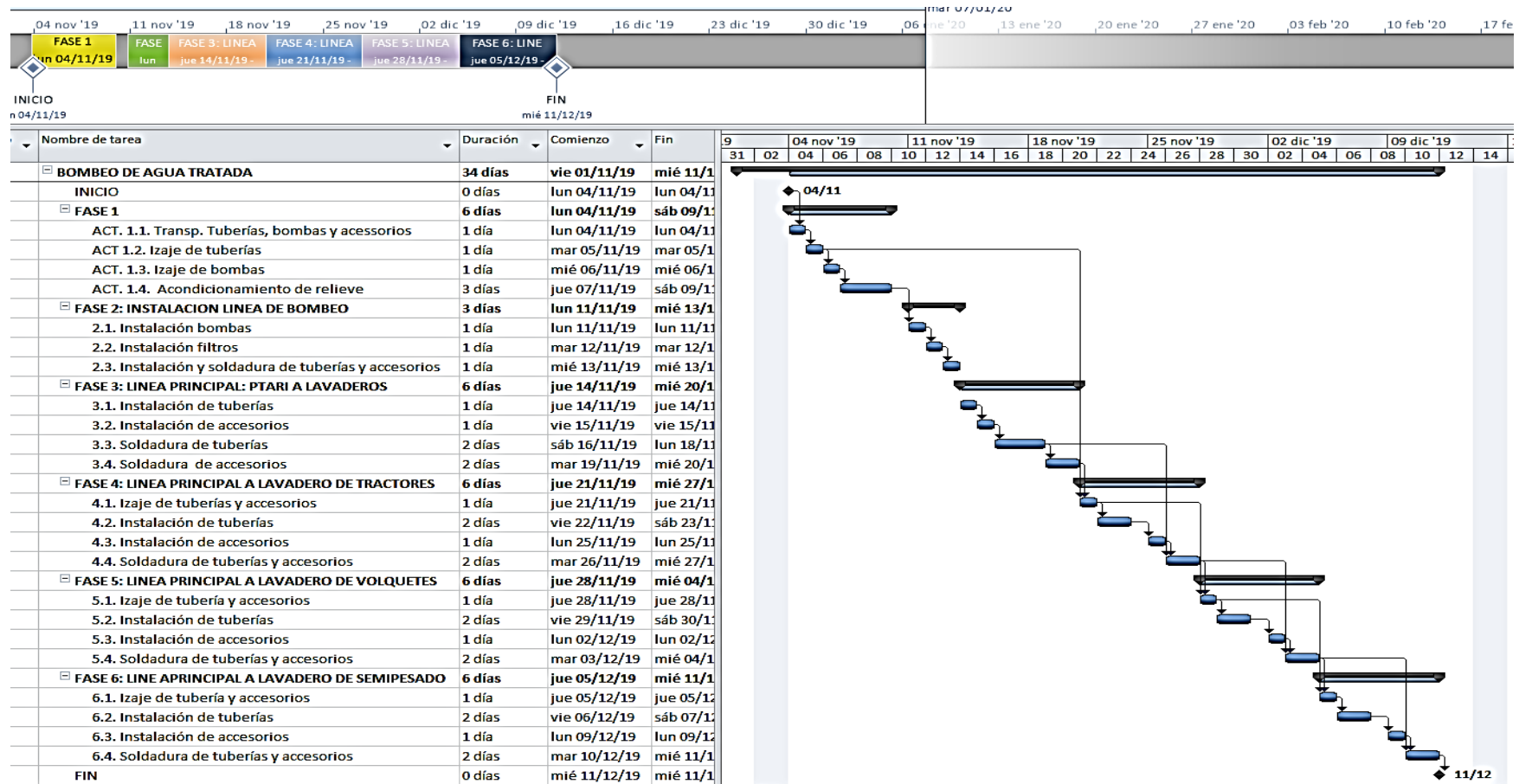
ITEM	FASE	PV		EV		EV-PV	
		N° DÍAS	COSTO	N° DÍAS	COSTO	N° DÍAS	COSTO
1.0.	FASE 1: OBRAS PREVISIONALES	6	S/. 13,600.00	9	S/. 14,382.00	3	S/. 782.00
2.0.	FASE 2: INSTALACION LINEA PRINCIPAL DE BOMBEO	3	S/. 2,400.00	3	S/. 2,680.00	0	S/. 280.00
3.0.	FASE 3: LINEA PRINCIPAL: PTARI A LAVADEROS	6	S/. 16,324.07	7	S/. 16,921.14	1	S/. 597.07
4.0.	FASE 4: LINEA PRINCIPAL A LAVADERO DE TRACTORES	6	S/. 6,934.47	7	S/. 7,069.47	1	S/. 135.00
5.0.	FASE 5: LINEA PRINCIPAL A LAVADERO DE VOLQUETES	6	S/. 7,872.76	7	S/. 8,097.76	1	S/. 225.00
6.0.	FASE 6: LINE APRINCIPAL A LAVADERO DE SEMIPESADO	6	S/. 6,694.97	6	S/. 6,694.97	0	S/. 0.00
TOTAL		33	S/. 53,826.27	39	S/. 55,845	6	S/. 2,019

Fuente: Elaboración propia.

Se tuvo un retraso de obra de 6 días y costo incremental total de 2,019 soles.

3.21.3. Diagrama de Gantt

Figura 96.
Diagrama de Gantt. Ejecución del proyecto.



Fuente: Elaboración propia

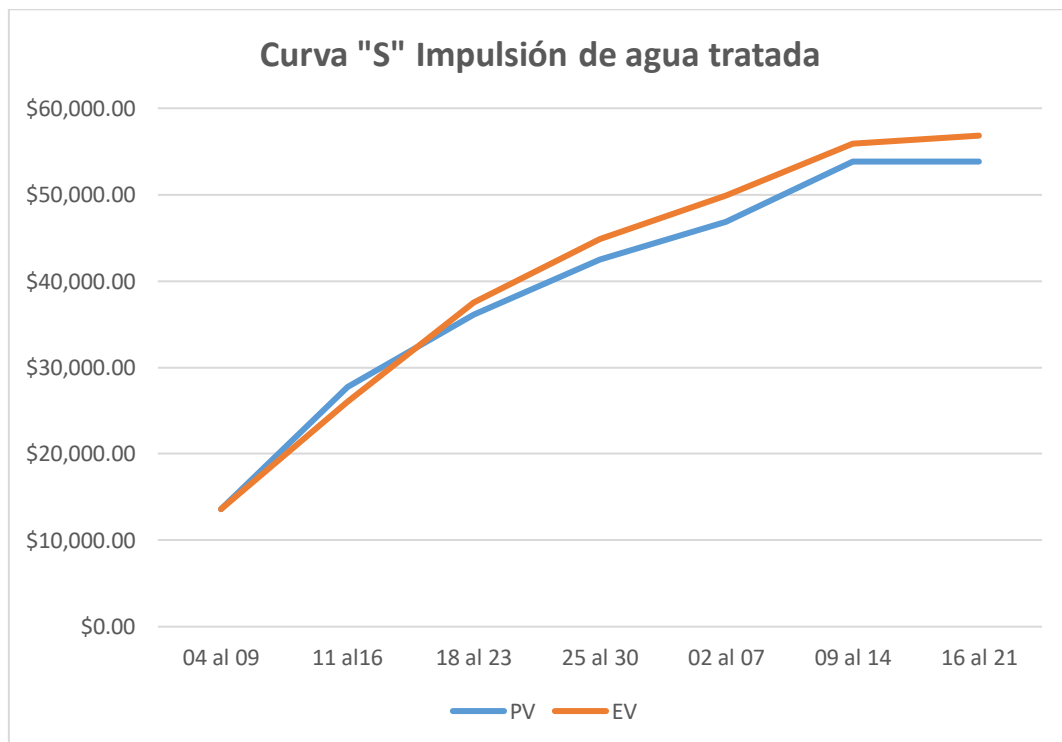
En las figuras 84 y 85 podemos ver en detalle las 6 fases del proyecto de diseño y montaje del sistema de impulsión de agua tratada desde PTARI hasta lavaderos de tractores, camiones tk semi pesado, se tiene actividades que se desarrollan paralelamente y en simultáneo en las distintas fases, tales como las operaciones de soldeo y ensamble en cada una de las etapas para sí aminorar tiempos, maquinaria, equipo y personal.

3.21.4. Curva "S"

Tenemos los costos del proyecto detallado por semanas, donde se evalúa lo proyectado con lo ejecutado, lo cual se representa en la gráfica de curvas "S".

Figura 97.

Curva "S".



Fuente: Elaboración propia

Tabla 112.

Costos del proyecto por semana.

SEMANA	04 al 09	11 al16	18 al 23	25 al 30	02 al 07	09 al 14	16 al 21
PV	\$13,600.00	\$27,734.30	\$36,112.78	\$42,450.39	\$46,871.32	\$53,826.27	\$53,826.27
EV	S/. 13,600.00	S/. 26,032.00	S/. 37,520.08	S/. 44,892.76	S/. 49,874.39	S/. 55,930.66	S/. 56,829.34

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS OBTENIDOS POSTERIORES A LA IMPLEMENTACION

4.1. EVALUACIÓN

El proyecto aplica dos bombas centrífugas paralelas horizontales teniendo un caudal de 111 m³/hr, con un TDH de 23.16 m.c.a. Se tiene dos bombas centrífugas, que garantizan el funcionamiento continuo del proceso de bombeo.

Luego de la impulsión, la distribución de agua tratada hacia los lavaderos se realiza por medio de una sola tubería troncal de HDPE que hace la repartición a todos los lavaderos.

La realizar las pruebas de bombeo se tuvo la aprobación de la buena aprobación de la eficiencia de bombeo de la línea.

4.2. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones:

De acuerdo a lo calculado ver Anexo 1, se concluye con lo siguiente:

- Para alimentar a todos los lavaderos a la vez se necesitó una bomba centrifuga horizontal que requiere un caudal = 111 m³/hr, con un TDH de 23.16 mca.

Para el cálculo de las bombas se toman en cuenta las pérdidas en las líneas, por lo que se toma un 10% adicional, por lo que se toma un caudal de 129.8 m³/hr.

El caudal y el punto de operación son proporcionados por la SMCV.

- Pero este mismo equipo seleccionado debe poder operar cuando se bombee hacia un solo lavadero a la vez, para lo cual se tendrían también los siguientes puntos de operación:
 - Operando solo el lavadero de tractores: Caudal de 67 m³/hr, con un TDH de 38 m.c.a
 - Operando solo el lavadero de volquetes: Caudal de 118 m³/hr, con un TDH de 21.59 m.c.a.
 - Operando solo el lavadero de semipesado Caudal: 117 m³/hr, con un TDH de 21.95 m.c.a

- Se tiene un NPSH disponible de 7.1 metros considerando una altura de nivel de agua tratada de 0.8 metros sobre el nivel de la boquilla de descarga.

- La distribución de agua tratada hacia los lavaderos se realiza por una sola tubería troncal de HDPE que hace la repartición a todos los lavaderos.

- De acuerdo a lo calculado ver Anexo 1, se puede concluir lo siguiente:
 - Para alimentar a todos los lavaderos a la vez se utiliza dos bombas centrifugas horizontales, las cuáles cada una de ellas tienen un caudal de trabajo de 72.70 m³/hr, haciendo las dos bombas 145.4 m³/hr. Lo cual tiene una amplitud holgada para cumplir los requerimientos de bombeo, además de tener un TDH de 23.16 m.c.a.

- Se tiene un NPSH disponible de 7.1 metros considerando una altura de nivel de agua tratada de 0.8 metros sobre el nivel de la boquilla de descarga.

- La distribución de agua tratada hacia los lavaderos se realizará por una sola tubería troncal de HDPE que hace la repartición a todos los lavaderos.

BIBLIOGRAFÍA

CALPLAST. Tablas de pesos de tubería de polietileno. Alta Densidad (HDPE/PEAD). Lima, Perú. (2020).

Capa V. “Diseño de conexiones soldadas”. Escuela Politécnica Nacional. (2009).

Código ASME B31.3-2008 (2008). “Tuberías de Proceso”, código ASME para tuberías a presión, B 31. Es un estándar nacional estadounidense. The American Society of Mechanical Engineers. U.S.A. (2008).

Cruz-Machado & Rosa- “ Planning Model base don Lean Construction for Short Term Works”. Lisboa – Portugal. (2007).

Decreto Supremo N° 010-2010-MINAM (2010) Límites Máximos Permisibles para la descarga de efluentes líquidos para las actividades minero-metalúrgicas, Artículo 3°, inciso 3.2. Perú.

EDEGEL S.A.A. Maniobras de izaje de carga. Código I.S.G.ED.004 (2015).

ESA. European Sealing Association e.V. Fluid Sealing Association (ESA). “Guía para la utilización segura de elementos de sellado: Juntas y bridas”. U.S.A. (2000).

EPM. Centro de excelencia técnica – Unidad de normalización y laboratorios. Norma de construcción para prueba de presión hidrostática en redes de agua potable. (2018).

Gutiérrez L. A. EOI. (2007-2008). Master en Ingeniería y Gestión Ambiental. Módulo Aguas: Cálculos hidráulicos. (2008).

<https://es.slideshare.net/yvomiltongaitanlujan/139316157>

[procedimientomontajedetuberiaengeneral.](#)

Iagua. Monge M. “Qué es y cómo se calcula el NPSH disp de una bomba centrífuga”.
España (2019).

Organización internacional de Normalización (2019). Estándares ISO. (2019).

Pérez Farras L. (2007), “Criterios de Diseño, Cálculo y Selección de Tuberías en Base al
Criterio de Prestaciones Equivalentes”. Perú (2007)

Plastiforte. (2012), Manual técnico Tubería HDPE Minería e Industria. Cochabamba –
Bolivia (2012).

Rivera, Víctor. “Programación y Planificación y control de obras de infraestructura civil”.
Guatemala- (2015).

SMCV. Gerencia de Proyectos Ingeniería y Construcción. *Proyecto de reubicación de
facilidades Sur – Fase I* (2018).

SPENAGROUP. Tratamiento de aguas y aguas residuales Perú. (2018).

SYNERTECH S.A.S. “Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales” (2019). Colombia.

Terán Puentes, M. R. (16 de junio de 2009). Saber UCV. Recuperado el 25 de abril de 2016, de Saber UCV: 190.169.94.11:8080/jspui/handle/123456789/6756?mode=full

UPC Grau. Fluidos, bombas e instalaciones hidráulicas. Barcelona España (2017).

Universidad Tecnológica de Pereira. “Metalografía- Soldadura. Metalurgia de la soldadura. Procesos de soldadura y soldabilidad: Protección contra la corrosión. Recubrimiento de polímeros”. Pereira, Colombia. 2005.

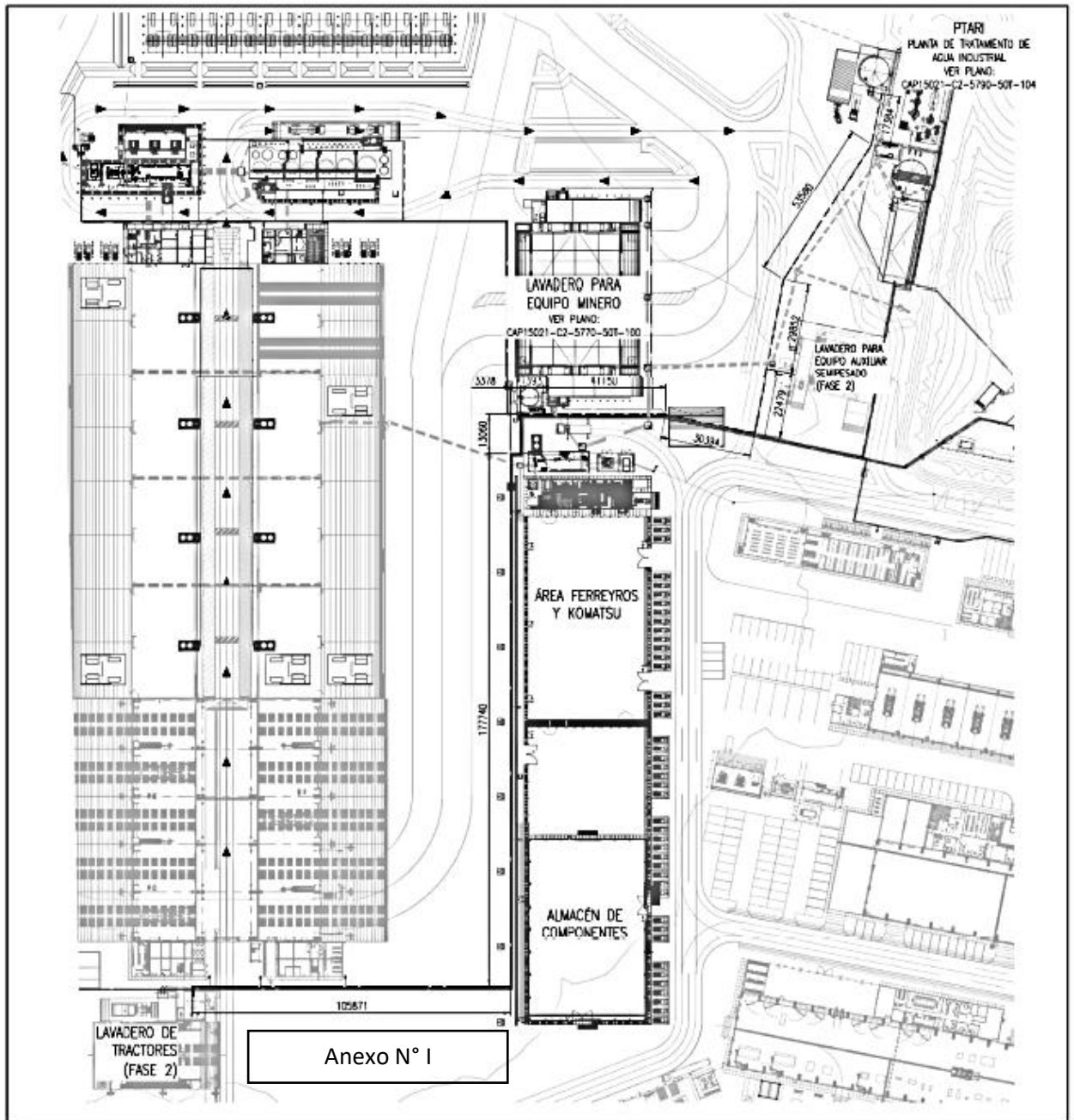
VECTOR C.A. Clasificación SDR en los tubos. (2019) – Caracas – Venezuela (2019)

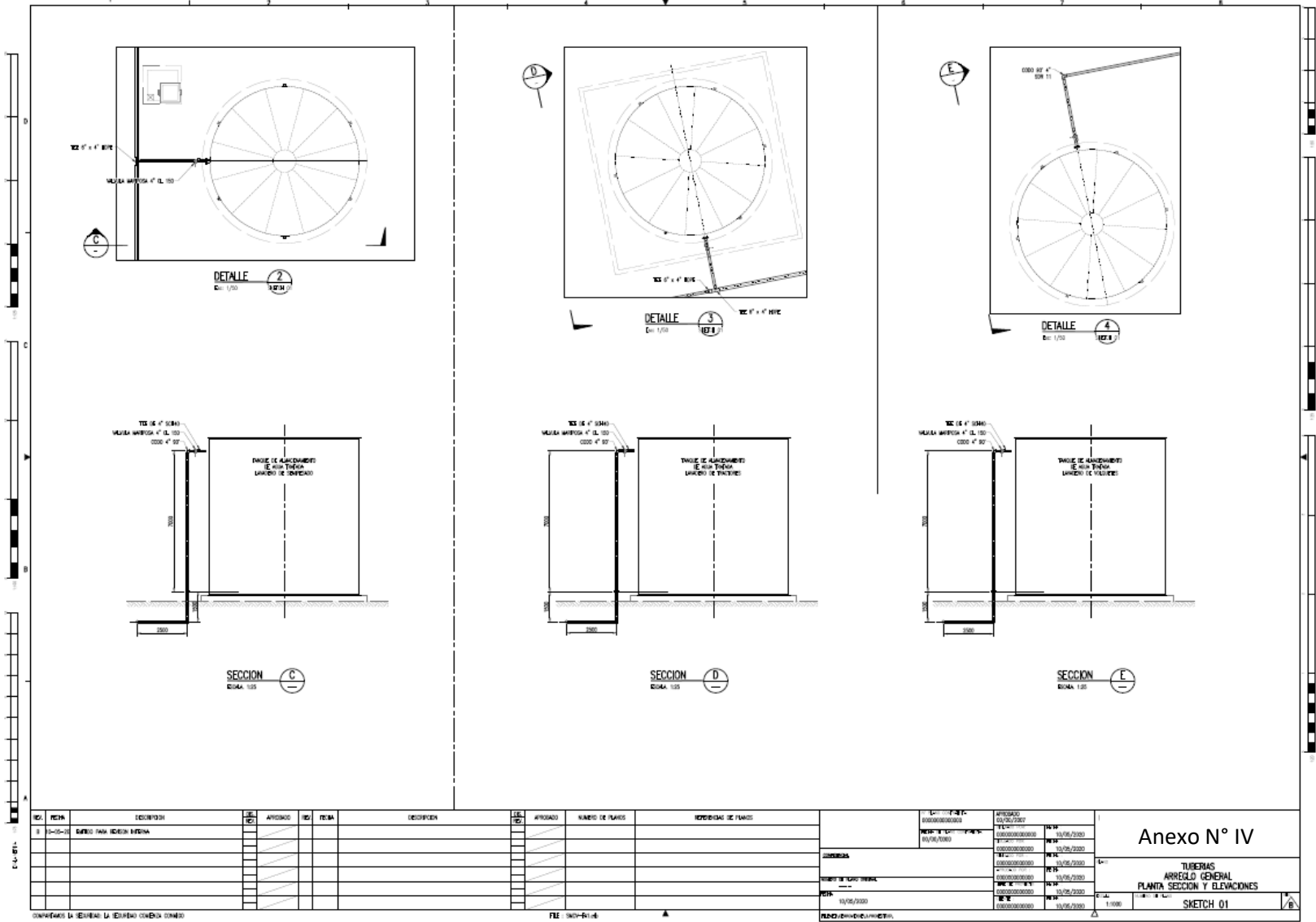
VERMACERO, C.A. Tuberías de acero al carbono. Barquisimeto, Colombia.

Viejo Zubicaray, M. (2003). Bombas: teoría, diseño y aplicaciones. México: Editorial Limusa.

ANEXOS

ANEXO N° 01. DISTRIBUCIÓN DE PLANTA Y ÁREAS DE LAVADEROS.





NO.	FECHA	DESCRIPCION	DE.	APROBADO	NO.	FECHA	DESCRIPCION	DE.	APROBADO	NOMBRE DE PLANO	IDENTIFICACION DE PLANO
1	13/05/2020	ARREGLO TUBERIA INTERNA									

APROBADO	FECHA	DESCRIPCION
000000000000	13/05/2020	ARREGLO TUBERIA INTERNA
000000000000	13/05/2020	ARREGLO TUBERIA INTERNA
000000000000	13/05/2020	ARREGLO TUBERIA INTERNA
000000000000	13/05/2020	ARREGLO TUBERIA INTERNA
000000000000	13/05/2020	ARREGLO TUBERIA INTERNA
000000000000	13/05/2020	ARREGLO TUBERIA INTERNA
000000000000	13/05/2020	ARREGLO TUBERIA INTERNA
000000000000	13/05/2020	ARREGLO TUBERIA INTERNA
000000000000	13/05/2020	ARREGLO TUBERIA INTERNA
000000000000	13/05/2020	ARREGLO TUBERIA INTERNA

Anexo N° IV
 TUBERIAS
 ARREGLO GENERAL
 PLANTA SECCION Y ELEVACIONES
 SKETCH 01

PROYECTO			REUBICACIÓN DE FACILIDADES SUR - FASE I														
DOCUMENTO			MEMORIA DE CÁLCULO IMPULSIÓN DE AGUA TRATADA DESDE BOMBAS C2-5790-PW-2917/2918 DE PTARI A TANQUE DE LAVADERO DE VOLQUETES, TRACTORES Y SEMIPESADO														
Datos del fluido		Agua Tratada		Datos ambientales						Cotas							
Densidad	998.29	(kg/m3)	Presión atm.	72.85	(Kpa)	Nivel de boquilla de descarga tk agua tratada ptari	2769.79	msnm									
Temperatura	20	(°C)	Presión atm.	7.45	m.c.a.	Se considera 5 psi de presión en punto de entrega	3.52	m.c.a.									
Peso específico	9783.242	N/m3	Presión vapor 20°C	2339.3	(Pa)	Nivel punto de llegada o punto más alto en recorrid	2777.29	msnm	Pot. Mecánica								
Viscosidad dinámica	0.001003	Ns/m2	H geo max.	11.01	(m)	Nivel final	2780.8	msnm	17.03								
Viscosidad cinemática	1.00E-06	(m2/seg)	Datos de fluido de agua tratada desde las bombas hacia el lavadero de volquetes											Pot. Eléctrica			
Presión atm 2700 msnm	0.719	atmósferas	Caudal a tk lavadero tractores	25.0	m3/hr	Caudal a tk lavadero volquetes	66.0	m3/hr	Caudal a tk lavadero semipesado	20.0	m3/hr	23.44					
			Factor Seguridad	10%		Factor Seguridad	10%		Factor Seguridad	10%		111.0					
			Cudal de diseño	27.5	m3/hr	Cudal de diseño	72.6	m3/hr	Cudal de diseño	22.0	m3/hr	122.1					
Elemento	Descripción	Material	Exterior (in)	Exterior (mm)	e(mm)	Interior (m)	Cant	Largo(m)	Caudal (m3/s)	Velocidad (m/s)	N° Re(-)	Rugosidad	Factor K	f	hk	hf	hp(m)
Tubería de 6" sch 80	succión	acero	6.625	168.3	10.973	0.146	1	0.30	0.034	2.02	293.729	0.04599	N/A	0.017188	-	0.007	0.007
Val. Mariposa 6" clase 150	succión	acero	6.625	168.3	7.112	0.154	1	N/A	0.034	1.82	279.006	0.04599	0.772	0.017163	0.130		0.130
Tubería de 6" sch 40	succión	acero	6.625	168.3	7.112	0.154	1	0.40	0.034	1.82	279.006	0.04599	N/A	0.017163		0.008	0.008
Filtro 6"	succión	acero	6.625	168.3	7.112	0.154	1	0.40	0.034	1.82	279.006	0.04599	N/A	0.017163		0.008	0.008
Tubería de 6" sch 40	succión	acero	6.625	168.3	7.112	0.154	1	0.60	0.034	1.82	279.006	0.04599	N/A	0.017163		0.011	0.011
Reducción de 6"x4" sch 40	succión	acero	6.625	168.3	7.112	0.154	1	N/A	0.034	1.82	279.006	0.04599	0.891	0.017163	0.150		0.150
Ampliación de 3"x6" Sch 40	descarga bomba	acero	6.625	168.3	7.112	0.154	1	N/A	0.034	1.82	279.006	0.04599	8.456	0.017163	1.428		1.428
Tubería de 6" sch 40	descarga bomba	acero	6.625	168.3	7.112	0.154	1	0.30	0.034	1.82	279.006	0.04599	N/A	0.017163		0.006	0.006
Val. Check 6" clase 150	descarga bomba	acero	6.625	168.3	7.112	0.154	1	N/A	0.034	1.82	279.006	0.04599	0.858	0.017163	0.145		0.145
Tubería de 6" sch 40	descarga bomba	acero	6.625	168.3	7.112	0.154	1	0.30	0.034	1.82	279.006	0.04599	N/A	0.017163		0.006	0.006
Val. Mariposa 6" clase 150	descarga bomba	acero	6.625	168.3	7.112	0.154	1	N/A	0.034	1.82	279.006	0.04599	0.772	0.017163	0.130		0.130
6" Tee sch 40	descarga bomba	acero	6.625	168.3	7.112	0.154	1	N/A	0.034	1.82	279.006	0.04599	1.03	0.017163	0.174		0.174
Tubería de 6" sch 40	descarga bomba	acero	6.625	168.3	7.112	0.154	1	4.60	0.034	1.82	279.006	0.04599	N/A	0.017163		0.086	0.086
6" Tee sch 40	descarga bomba	acero	6.625	168.3	7.112	0.154	2	N/A	0.034	1.82	279.006	0.04599	0.343	0.017163	0.116		0.116
Tubería de 6" sch 40	descarga bomba	acero	6.625	168.3	7.112	0.154	1	0.70	0.034	1.82	279.006	0.04599	N/A	0.017163		0.013	0.013
Val. Mariposa 6" clase 150	descarga bomba	acero	6.625	168.3	7.112	0.154	1	N/A	0.034	1.82	279.006	0.04599	0.772	0.017163	0.130		0.130
Tubería de 6" sch 40	descarga bomba	acero	6.625	168.3	7.112	0.154	1	1.20	0.034	2.28	312.151	0.04599	N/A	0.017163		0.023	0.023
Tubería de 6" hdpe SDR 11	cambio de material	HDPE	6.625	168.3	15.291	0.138	1	1.50	0.034	2.28	312.151	0.00152	N/A	0.014401		0.042	0.042
6" Codo 90° hdpe SDR 11	enterrada	HDPE	6.625	168.3	15.291	0.138	1	N/A	0.034	2.28	312.151	0.00152	0.432	0.014401	0.114		0.114
Tubería de 6" hdpe SDR 11	enterrada	HDPE	6.625	168.3	15.291	0.138	1	102.00	0.034	2.28	312.151	0.00152	N/A	0.014401		2.821	2.821
6" x4 Tee hdpe sdr 11	ingreso tk semipesado	HDPE	6.625	168.3	15.291	0.138	1	N/A	0.034	1.87	255.908	0.00152	0.864	0.014401	0.228		0.228
Tubería de 6" hdpe SDR 11	enterrada	HDPE	6.625	168.3	15.291	0.138	1	22.32	0.028	1.87	255.908	0.00152	N/A	0.014930		0.430	0.430
6" Codo 90 hdpe SDR 11	enterrada	HDPE	6.625	168.3	15.291	0.138	2	N/A	0.028	1.87	255.908	0.00152	0.448	0.014930	0.159		0.159
Tubería de 6" hdpe SDR 11	enterrada	HDPE	6.625	168.3	15.291	0.138	1	72.00	0.028	1.87	255.908	0.00152	N/A	0.014930		1.387	1.387
6" Tee hdpe sdr 11	ingreso tk volquetes	HDPE	6.625	168.3	15.291	0.138	1	N/A	0.028	1.87	255.908	0.00152	0.896	0.014930	0.160		0.160
Reducción de 6"x4" sdr 11	hacia tk tractores	HDPE	6.625	168.3	15.291	0.138	1	N/A	0.008	0.51	70.304	0.00152	0.366	0.019309	0.005		0.005
Tubería de 4" sdr 11	enterrada	HDPE	4.5	114.3	10.389	0.094	1	7.30	0.008	1.11	103.509	0.00152	N/A	0.017836			0.000
4" codo 90° hdpe sdr 11	enterrada	HDPE	4.5	114.3	10.389	0.094	1	N/A	0.008	1.11	103.509	0.00152	0.535	0.017836	0.034		0.034
Tubería de 4" sdr 11	enterrada	HDPE	4.5	114.3	10.389	0.094	1	13.06	0.008	1.11	103.509	0.00152	N/A	0.017836		0.157	0.157
4" codo 90 hdpe sdr 11	enterrada	HDPE	4.5	114.3	10.389	0.094	1	N/A	0.008	1.11	103.509	0.00152	0.535	0.017836	0.034		0.034
Tubería de 4" sdr 11	enterrada	HDPE	4.5	114.3	10.389	0.094	1	3.38	0.008	1.11	103.509	0.00152	N/A	0.017836		0.041	0.041

0.518

Anexo N° VI

PROYECTO			REUBICACIÓN DE FACILIDADES SUR - FASE I															
DOCUMENTO			MEMORIA DE CÁLCULO IMPULSIÓN DE AGUA TRATADA DESDE BOMBAS C2-5790-PW-2917/2918 DE PTARI A TANQUE DE LAVADERO DE VOLQUETES, TRACTORES Y SEMIPESADO															
Datos del fluido		Agua Tratada		Datos ambientales					Cotas									
Densidad	998.29	(kg/m3)	Presión atm.		72.85	(Kpa)	Nivel de boquilla de descarga tk agua tratada ptari		2769.84	msnm								
Temperatura	20	(°C)	Presión atm.		7.45	m.c.a.	Se considera 5 psi de presión en punto de entrega		3.52	m.c.a.								
Peso específico	9783.242	N/m3	Presión vapor 20°C		2339.3	(Pa)	Nivel punto de llegada o punto más alto en recorrid		2776.93	msnm	Pot. Mecánica							
Viscosidad dinámica	0.001003	Ns/m2	H geo max.		10.59	(m)	Nivel final		2780.43	msnm	17.03							
Viscosidad cinemática	1.00E-06	(m2/seg)	Datos de fluido de agua tratada desde las bombas hacia el lavadero de volquetes												Pot. Eléctrica			
Presión atm 2700 msnm	0.719	atmósferas	Caudal a tk lavadero tractores		25.0	m3/hr	Caudal a tk lavadero volquetes		66	m3/hr	Caudal a tk lavadero semipesado		20.0	m3/hr	23.44			
			Factor Seguridad		10%	Factor Seguridad		10%	Factor Seguridad		10%	111.00						
		Cudal de diseño		27.5	m3/hr	Cudal de diseño		72.6	m3/hr	Cudal de diseño		22	m3/hr	122.1				
Elemento	Descripción	Material	Exterior (in)	Exterior (mm)	e(mm)	Interior (m)	Cant	Largo(m)	Caudal (m3/s)	Velocidad (m/s)	N° Re(-)	Rugosidad	Factor K	f	hk	hf	hp(m)	
4" codo 90 hdpe sdr 11	enterrada	HDPE	4.5	114.3	10.389	0.094	1	N/A	0.008	1.11	103.509	0.00152	0.535	0.017836	0.034	-	0.034	
Tubería de 4" hdpe sdr 11	enterrada	HDPE	4.5	114.3	10.389	0.094	1	177.74	0.008	1.11	103.509	0.00152	N/A	0.017836		2.136	2.136	
4" codo 90° hdpe sdr 11	enterrada	HDPE	4.5	114.3	10.389	0.094	1	N/A	0.008	1.11	103.509	0.00152	0.535	0.017836	0.034		0.034	
Tubería de 4" hdpe sdr 11	enterrada	HDPE	4.5	114.3	10.389	0.094	1	105.83	0.008	1.11	103.509	0.00152	N/A	0.017836		1.272	1.272	
4" codo 90° hdpe sdr 11	enterrada	HDPE	4.5	114.3	10.389	0.094	1	N/A	0.008	1.11	103.509	0.00152	0.535	0.017836	0.034		0.034	
Tubería de 4" hdpe sdr 11	recorrido	HDPE	4.5	114.3	10.389	0.094	1	1.5	0.008	1.11	103.509	0.00152	N/A	0.017836		0.018	0.018	
Tubería de 4" sch 40	a cambio de material	acero	4.5	114.3	6.02	0.102	1	7.00	0.008	0.93	94.665	0.04599	N/A	0.020339		0.061	0.061	
Val. Mariposa 6" clase 150	ingreso tk tractores	acero	4.5	114.3	6.02	0.102	3	N/A	0.008	0.93	94.665	0.04599	0.915	0.020339	0.121	-	0.121	
4" Tee sch 40	ingreso tk tractores	acero	4.5	114.3	6.02	0.102	2	N/A	0.008	0.93	94.665	0.04599	0.407	0.020339	0.036	-	0.036	
4" codo 90 hdpe sdr 40	ingreso tk tractores	acero	4.5	114.3	6.02	0.102	5	N/A	0.008	0.93	94.665	0.04599	0.610	0.020339	0.135	-	0.135	
Resultados								521										12.15
TDH total	23.16	m.c.a.	33.08	psi														

Anexo N° VIII

PROYECTO			REUBICACIÓN DE FACILIDADES SUR - FASE I															
DOCUMENTO			MEMORIA DE CÁLCULO IMPULSIÓN DE AGUA TRATADA DESDE BOMBAS C2-5790-PW-2917/2918 DE PTARI A TANQUE DE LAVADERO DE VOLQUETES															
Datos del fluido		Agua Tratada	Datos ambientales						Cotas									
Densidad	998.29	(kg/m3)	Presión atm.			72.85	(Kpa)	Nivel de boquilla de descarga tk agua tratada ptari			2769.84	msnm						
Temperatura	20	(°C)	Presión atm.			7.45	m.c.a.	Se considera 5 psi de presión en punto de entrega			3.5	m.c.a.						
Peso específico	9783.242	N/m3	Presión vapor 20°C			2339.3	(Pa)	Nivel punto de llegada o punto más alto en recorrid			2776.93	msnm			Pot. Mecánica			
Viscosidad dinámica	0.001003	Ns/m2	H geo max.			10.59	(m)	Nivel final			2780.43	msnm	16.88					
Viscosidad cinemática	1.00E-06	(m2/seg)	Datos de fluido de agua tratada desde las bombas hacia el lavadero de volquetes															
Presión atm 2700 msnm	0.719	atmósferas				Caudal a tk lavadero volquetes			118.0	m3/hr				23.23	Pot. Eléctrica			
						Factor Seguridad			10%									
						Cudal de diseño			129.8	m3/hr								
Elemento	Descripción	Material	Exterior (in)	Exterior (mm)	e(mm)	Interior (m)	Cant	Largo(m)	Caudal (m3/s)	Velocidad (m/s)	N° Re(-)	Rugosidad	Factor K	f	hk	hf	hp(m)	
Tubería de 6" sch 80	succión	acero	6.625	168.3	10.973	0.146	1	0.30	0.036	2.14	312.252	0.04599	N/A	0.017093	-	0.008	0.008	
Val. Mariposa 6" clase 150	succión	acero	6.625	168.3	7.112	0.154	1	N/A	0.036	1.93	296.601	0.04599	0.768	0.017093	0.146		0.146	
Tubería de 6" sch 40	succión	acero	6.625	168.3	7.112	0.154	1	0.40	0.036	1.93	296.601	0.04599	N/A	0.017093		0.008	0.008	
Filtro 6"	succión	acero	6.625	168.3	7.112	0.154	1	0.40	0.036	1.93	296.601	0.04599	N/A	0.017093		0.008	0.008	
Tubería de 6" sch 40	succión	acero	6.625	168.3	7.112	0.154	1	0.60	0.036	1.93	296.601	0.04599	N/A	0.017093		0.013	0.013	
Reducción de 6"x4" sch 40	succión	acero	6.625	168.3	7.112	0.154	1	N/A	0.036	1.93	296.601	0.04599	0.891	0.017093	0.170		0.170	
Ampliación de 3"x6" Sch 40	descarga bomba	acero	6.625	168.3	7.112	0.154	1	N/A	0.036	1.93	296.601	0.04599	8.456	0.017093	1.613		1.613	
Tubería de 6" sch 40	descarga bomba	acero	6.625	168.3	7.112	0.154	1	0.30	0.036	1.93	296.601	0.04599	N/A	0.017093		0.006	0.006	
Val. Check 6" clase 150	descarga bomba	acero	6.625	168.3	7.112	0.154	1	N/A	0.036	1.93	296.601	0.04599	0.853	0.017093	0.163		0.163	
Tubería de 6" sch 40	descarga bomba	acero	6.625	168.3	7.112	0.154	1	0.30	0.036	1.93	296.601	0.04599	N/A	0.017093		0.006	0.006	
Val. Mariposa 6" clase 150	descarga bomba	acero	6.625	168.3	7.112	0.154	1	N/A	0.036	1.93	296.601	0.04599	0.768	0.017093	0.146		0.146	
6" Tee sch 40	descarga bomba	acero	6.625	168.3	7.112	0.154	1	N/A	0.036	1.93	296.601	0.04599	1.024	0.017093	0.195		0.195	
Tubería de 6" sch 40	descarga bomba	acero	6.625	168.3	7.112	0.154	1	4.60	0.036	1.93	296.601	0.04599	N/A	0.017093		0.097	0.097	
6" Tee sch 40	descarga bomba	acero	6.625	168.3	7.112	0.154	2	N/A	0.036	1.93	296.601	0.04599	0.341	0.017093	0.130		0.130	
Tubería de 6" sch 40	descarga bomba	acero	6.625	168.3	7.112	0.154	1	0.70	0.036	1.93	296.601	0.04599	N/A	0.017093		0.015	0.015	
Val. Mariposa 6" clase 150	descarga bomba	acero	6.625	168.3	7.112	0.154	1	N/A	0.036	1.93	296.601	0.04599	0.768	0.017093	0.146		0.146	
Tubería de 6" sch 40	descarga bomba	acero	6.625	168.3	7.112	0.154	1	1.20	0.036	1.93	296.601	0.04599	N/A	0.017093		0.025	0.025	
Tubería de 6" hdpe SDR 11	cambio de material	HDPE	6.625	168.3	15.291	0.138	1	1.50	0.036	2.42	331.836	0.00152	N/A	0.014244		0.046	0.046	
6" Codo 90 hdpe SDR 11	enterrada	HDPE	6.625	168.3	15.291	0.138	1	N/A	0.036	2.42	331.836	0.00152	0.427	0.014244	0.128		0.128	
Tubería de 6" hdpe SDR 11	enterrada	HDPE	6.625	168.3	15.291	0.138	1	102.00	0.036	2.42	331.836	0.00152	N/A	0.014244		3.143	3.143	
6" x4 Tee hdpe sdr 11	ingreso tk semipesado	HDPE	6.625	168.3	15.291	0.138	1	N/A	0.036	2.42	331.836	0.00152	0.855	0.014244	0.255		0.255	
Tubería de 6" hdpe SDR 11	enterrada	HDPE	6.625	168.3	15.291	0.138	1	22.32	0.036	2.42	331.836	0.00152	N/A	0.014244		0.688	0.688	
6" Codo 90 hdpe SDR 11	enterrada	HDPE	6.625	168.3	15.291	0.138	2	N/A	0.036	2.42	331.836	0.00152	0.427	0.014244	0.255		0.255	
Tubería de 6" hdpe SDR 11	enterrada	HDPE	6.625	168.3	15.291	0.138	1	72.00	0.036	2.42	331.836	0.00152	N/A	0.014244		2.218	2.218	
6" x4 Tee hdpe sdr 11	ingreso tk volquetes	HDPE	6.625	168.3	15.291	0.138	1	N/A	0.036	2.42	331.836	0.00152	0.855	0.014244	0.255		0.255	
Tubería de 6" hdpe sdr 11	a lavadero de volquetes	HDPE	6.625	168.3	15.291	0.138	1	1.50	0.036	2.42	331.836	0.00152	N/A	0.014244		0.046	0.046	
Tubería de 6" sch 40	a cambio de material	acero	6.625	168.3	6.02	0.156	1	13.00	0.036	1.88	292.454	0.04599	N/A	0.017057		0.256	0.256	
6" Codo 90 sch 40	sobre terreno	acero	6.625	168.3	6.02	0.156	5	N/A	0.036	1.88	292.454	0.04599	0.273	0.017057	0.246		0.246	
Val. Mariposa 6" clase 150	ingreso tk volquetes	acero	6.625	168.3	6.02	0.156	3	N/A	0.036	1.88	292.454	0.04599	0.768	0.017057	0.416		0.416	
6" Tee sch 40	descarga bomba	acero	6.625	168.3	7.112	0.154	2	N/A	0.036	1.93	296.601	0.04599	0.341	0.017063	0.130		0.130	
Resultados																		
TDH total	21.59	m.c.a.	30.84	psi														11.00

Anexo N° IX

PROYECTO			REUBICACIÓN DE FACILIDADES SUR - FASE I														
			MEMORIA DE CÁLCULO IMPULSIÓN DE AGUA TRATADA DESDE BOMBAS C2-5790-PW-2917/2918 DE PTARI A TANQUE DE LAVADERO DE SEMIPESADO														
Datos del fluido		Agua Tratada	Datos ambientales						Cotas								
Densidad	998.29	(kg/m3)	Presión atm.		72.85	(Kpa)	Nivel de boquilla de descarga tk agua tratada ptari		2769.84	msnm							
Temperatura	20	(°C)	Presión atm.		7.45	m.c.a.	Se considera 5 psi de presión en punto de entrega		3.50	m.c.a.							
Peso específico	9783.242	N/m3	Presión vapor 20°C		2339.3	(Pa)	Nivel punto de llegada o punto más alto en recorrido		2774.00	msnm	Pot. Mecánica (HP)						
Viscosidad dinámica	0.001003	Ns/m2	Δ geo max.		7.66	(m)	Nivel final		2777.50	msnm	17.02						
Viscosidad cinemática	1.00E-06	(m2/seg)	Datos de fluido de agua tratada desde las bombas hacia el lavadero de semipesado										Pot. Eléctrica (HP)				
Presión atm 2700 msnm	0.719	atmósferas										Caudal a tk lavadero semipesado	117.0	m3/hr	23.42		
												Factor Seguridad	10%				
												Cudal de diseño	128.7	m3/hr			
Elemento	Descripción	Material	Exterior (in)	Exterior (mm)	e(mm)	Interior (m)	Cant	Largo(m)	Caudal (m3/s)	Velocidad (m/s)	N° Re(-)	Rugosidad	Factor K	f	hk	hf	hp(m)
Tubería de 6" sch 80	succión	acero	6.625	168.3	10.973	0.146	1	0.3	0.0575	2.13	309.606	0.04599	N/A	0.017106	-	0.008	0.008
Val. Mariposa 6" clase 150	succión	acero	6.625	168.3	7.112	0.154	1	N/A	0.036	1.92	294.087	0.04599	0.768	0.017077	0.144		0.144
Tubería de 6" sch 40	succión	acero	6.625	168.3	7.112	0.154	1	0.4	0.036	1.92	294.087	0.04599	N/A	0.017077		0.008	0.008
Filtro 6"	succión	acero	6.625	168.3	7.112	0.154	1	0.4	0.036	1.92	294.087	0.04599	N/A	0.017077		0.008	0.008
Tubería de 6" sch 40	succión	acero	6.625	168.3	7.112	0.154	1	0.6	0.036	1.92	294.087	0.04599	N/A	0.017077		0.012	0.012
Reducción de 6"x4" sch 40	succión	acero	6.625	168.3	7.112	0.154	1	N/A	0.036	1.92	294.087	0.04599	0.891	0.017077	0.167		0.167
Ampliación de 3"x6" Sch 40	descarga bomba	acero	6.625	168.3	7.112	0.154	1	N/A	0.036	1.92	294.087	0.04599	8.456	0.017077	1.586		1.586
Tubería de 6" sch 40	descarga bomba	acero	6.625	168.3	7.112	0.154	1	0.30	0.036	1.92	294.087	0.04599	N/A	0.017077		0.006	0.006
Val. Check 6" clase 150	descarga bomba	acero	6.625	168.3	7.112	0.154	1	N/A	0.036	1.92	294.087	0.04599	0.854	0.017077	0.160		0.160
Tubería de 6" sch 40	descarga bomba	acero	6.625	168.3	7.112	0.154	1	0.30	0.036	1.92	294.087	0.04599	N/A	0.017077		0.006	0.006
Val. Mariposa 6" clase 150	descarga bomba	acero	6.625	168.3	7.112	0.154	1	N/A	0.036	1.92	294.087	0.04599	0.768	0.017077	0.144		0.144
6" Tee sch 40	descarga bomba	acero	6.625	168.3	7.112	0.154	1	N/A	0.036	1.92	294.087	0.04599	1.025	0.017077	0.192		0.192
Tubería de 6" sch 40	descarga bomba	acero	6.625	168.3	7.112	0.154	1	4.60	0.036	1.92	294.087	0.04599	N/A	0.017077		0.096	0.096
6" Tee sch 40	descarga bomba	acero	6.625	168.3	7.112	0.154	2	N/A	0.036	1.92	294.087	0.04599	0.342	0.017077	0.128		0.128
Tubería de 6" sch 40	descarga bomba	acero	6.625	168.3	7.112	0.154	1	4.6	0.036	1.92	294.087	0.04599	N/A	0.017077		0.015	0.015
Val. Mariposa 6" clase 150	descarga bomba	acero	6.625	168.3	7.112	0.154	1	N/A	0.036	1.92	294.087	0.04599	0.768	0.017077	0.144		0.144
Tubería de 6" sch 40	descarga bomba	acero	6.625	168.3	7.112	0.154	1	1.20	0.036	1.92	294.087	0.04599	N/A	0.017077		0.025	0.025
Tubería de 6" hdpe SDR 11	cambio de material	HDPE	6.625	168.3	15.291	0.138	1	1.50	0.036	2.40	329.024	0.00152	N/A	0.014266		0.046	0.046
6" Codo 90 hdpe SDR 11	enterrada	HDPE	6.625	168.3	15.291	0.138	1	N/A	0.036	2.40	329.024	0.00152	0.428	0.014266	0.126		0.126
Tubería de 6" hdpe SDR 11	enterrada	HDPE	6.625	168.3	15.291	0.138	1	102	0.036	2.40	329.024	0.00152	N/A	0.014266		3.105	3.105
6" x4 Tee hdpe sdr 11	ingreso tk semipesado	HDPE	6.625	168.3	15.291	0.138	1	N/A	0.036	2.40	329.024	0.00152	0.428	0.014266	0.251		0.251
Tubería de 4" hdpe SDR 11	enterrada	HDPE	4.5	114.3	10.389	0.094	1	4.00	0.036	5.20	484.422	0.00152	N/A	0.013419		0.793	0.793
Tubería de 4" sch 40	a cambio de material	acero	4.5	114.3	6.02	0.102	1	7.00	0.036	4.35	443.030	0.04599	N/A	0.017564		1.162	1.162
4" Codo 90 sch 40	sobre terreno	acero	4.5	114.3	6.02	0.102	6	N/A	0.036	4.35	443.030	0.04599	0.281	0.017564	1.630	-	1.630
Val. Mariposa 4" clase 150	ingreso tk volquetes	acero	4.5	114.3	6.02	0.102	3	N/A	0.036	4.35	443.030	0.04599	0.790	0.017564	2.292	-	2.292
4" Tee sch 40	descarga bomba	acero	4.5	114.3	6.02	0.102	2	N/A	0.036	4.35	443.030	0.04599	1.054	0.017564	2.035	-	2.035
Resultados																	14.29
TDH total	21.95	m.c.a.	31.35	psi													

PESOS POR METRO DE TUBERÍA DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD (HDPE/PEAD)

Tamaño Nominal IPS* (pulgadas)	DN (milímetros)	DR 7.3	DR 8.3	DR 9	DR 9.3	DR 11	DR 13.5	DR 15.5	DR 17	DR 21	DR 26	DR 32.5	DR 41
		254 PSI	219 PSI	200 PSI	193 PSI	160 PSI	128 PSI	110 PSI	100 PSI	80 PSI	64 PSI	51 PSI	40 PSI
Peso nominal en kilogramos por metro													
3	88.9	2.767	2.484	2.314	2.246	1.935	1.605	1.415	1.298	1.064	0.869	0.701	0.555
4	114.3	4.575	4.102	3.825	3.717	3.200	2.653	2.335	2.146	1.754	1.431	1.151	0.923
5	136.5	6.528	5.856	5.454	5.301	4.568	3.787	3.336	3.056	2.505	2.045	1.644	1.313
5 ½	141.3	6.996	6.269	5.844	5.678	4.893	4.058	3.573	3.274	2.685	2.189	1.763	1.411
6	168.3	9.929	8.894	8.290	8.052	6.935	5.760	5.062	4.651	3.802	3.107	2.505	2.003
7	181.0	11.478	10.284	9.593	9.316	8.027	6.662	5.864	5.386	4.412	3.590	2.893	2.313
8	219.1	16.826	15.075	14.048	13.648	11.757	9.760	8.580	7.872	6.456	5.266	4.237	3.380
10	273.1	26.137	23.420	21.824	21.213	18.263	15.155	13.349	12.231	10.026	8.165	6.596	5.256
12	323.8	36.753	33.933	30.704	29.828	25.686	21.309	18.768	17.208	14.093	11.486	9.263	7.373
13	339.7	40.436	36.238	33.782	32.823	28.272	23.467	20.647	18.944	15.516	12.641	10.213	8.134
14	355.6	44.314	39.723	37.028	35.961	30.982	25.707	22.616	20.762	17.007	13.850	11.183	8.907
16	406.4	57.880	51.882	48.356	46.969	40.470	33.572	29.540	27.098	22.205	18.094	14.591	11.642
18	457.2	73.254	65.664	61.194	59.446	51.195	42.486	37.385	34.308	28.095	22.904	18.483	14.743
20	508.0		81.038	75.542	73.419	63.211	52.448	46.155	42.332	34.678	28.281	22.798	18.208
21 ½	546.1						60.643	53.348	48.950	40.097	32.694	26.380	21.020
22	558.8			91.399	88.834	76.493	63.495	55.849	51.238	41.990	34.223	27.606	22.041
24	609.6			108.802	105.717	91.040	75.557	66.463	60.992	49.960	40.732	32.829	26.194
26	660.4				124.067	106.852	88.667	78.003	71.552	58.622	47.808	38.552	30.755
28	711.2				143.885	123.885	102.827	90.464	83.001	67.977	55.450	44.735	35.679

Los valores que no figuran en la tabla pueden desarrollarse para pedidos especiales.

*Los tamaños de la tubería están de acuerdo con el sistema IPS (ANSI B36.10).

DN: Diámetro nominal externo.

ANEXO N° XI: Especificaciones técnicas de tuberías de Acero al Carbono


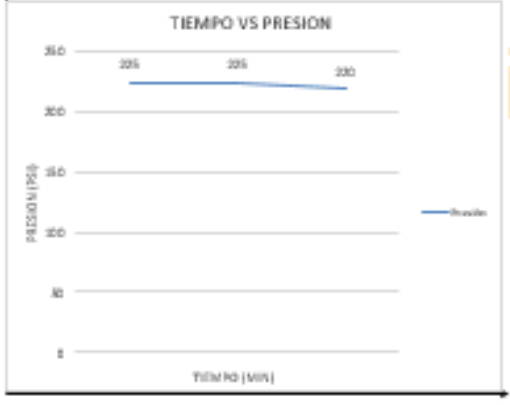


Grupo Vemacero, C.A.
TUBERIA DE ACERO AL CARBONO
API 5L / ASTM A53 / A106

www.vemacero.com

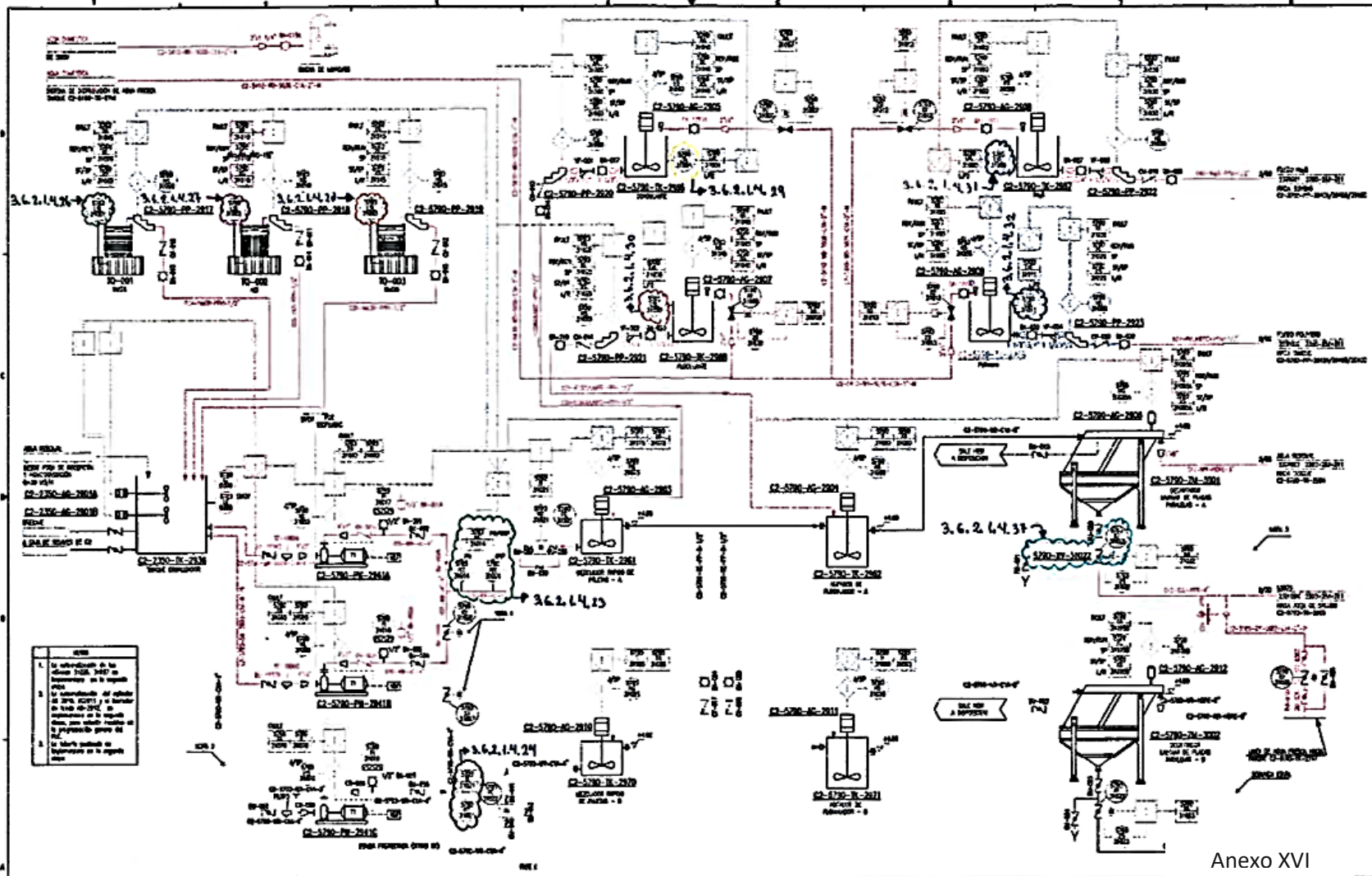
Diámetro Nominal NPS		Diámetro Exterior Real		Espesor de Pared		Identificación		Peso del Tubo		ASTM A53 PRESION DE PRUEBA			
Pulgadas in.	Milímetros mm.	(in.)	mm.	(in.)	(mm.)	Weight Class	Schedule	lb/pie	kg/m	Grado A		Grado B	
										psi	Kg/cm2	psi	Kg/cm2
1/2	15	0.840	21.3	0.109	2.77	STD	40	0.85	1.27	700	49	700	49
				0.147	3.73	XS	80	1.09	1.62	850	60	850	60
3/4	20	1.050	26.7	0.113	2.87	STD	40	1.13	1.69	700	49	700	49
				0.154	3.91	XS	80	1.47	2.20	850	60	850	60
1	25	1.315	33.4	0.133	3.38	STD	40	1.68	2.50	700	49	700	49
				0.179	4.55	XS	80	2.17	3.24	850	60	850	60
1-1/4	32	1.660	42.2	0.140	3.56	STD	40	2.27	3.39	1200	84	1300	91
				0.191	4.85	XS	80	3.00	4.47	1800	127	1900	134
1-1/2	40	1.900	48.3	0.145	3.68	STD	40	2.72	4.05	1200	84	1300	91
				0.200	5.08	XS	80	3.63	5.41	1800	127	1900	134
2	50	2.375	60.3	0.154	3.91	STD	40	3.65	5.44	2300	162	2500	176
				0.218	5.54	XS	80	5.02	7.48	2500	176	2500	176
2-1/2	65	2.875	73	0.203	5.16	STD	40	5.79	8.63	2500	176	2500	176
				0.276	7.01	XS	80	7.66	11.41	2500	176	2500	176
				0.375	9.52	-	160	-	-	2500	176	2500	176
				0.552	14.02	XXS	-	-	-	2500	176	2500	176
3	80	3.500	88.9	0.125	3.18	-	-	4.51	6.72	1290	91	1500	105
				0.156	3.96	-	-	5.57	8.29	1600	112	1870	131
				0.188	4.78	-	-	6.65	9.92	1930	136	2260	159
				0.216	5.49	STD	40	7.58	11.29	2220	156	2500	176
				0.250	6.35	-	-	8.68	12.93	2500	176	2500	176
				0.281	7.14	-	-	9.66	14.40	2500	176	2500	176
				0.300	7.62	XS	80	10.25	15.27	2500	176	2500	176
4	100	4.500	114.3	0.125	3.18	-	-	5.84	8.71	1000	70	1170	82
				0.156	3.96	-	-	7.24	10.78	1250	88	1460	103
				0.188	4.78	-	-	8.66	12.91	1500	105	1750	123
				0.219	5.56	-	-	10.01	14.91	1750	123	2040	143
				0.237	6.02	STD	40	10.79	16.07	1900	134	2210	155
				0.250	6.35	-	-	11.35	16.90	2000	141	2330	164
				0.281	7.14	-	-	12.66	18.87	2250	158	2620	184
				0.312	7.92	-	-	13.98	20.78	2500	176	2800	197
				0.337	8.56	XS	80	14.98	22.32	2700	190	2800	197
				0.438	11.13	-	120	19.00	28.32	2800	197	2800	197
				0.531	13.49	-	160	22.51	33.54	2800	197	2800	197
				0.674	17.12	XXS	-	27.54	41.03	2800	197	2800	197
5	125	5.563	141.3	0.188	4.78	-	-	10.79	16.09	1220	86	1420	100
				0.219	5.56	-	-	12.50	18.61	1420	100	1650	116
				0.258	6.55	STD	40	14.62	21.77	1670	117	1950	137
				0.281	7.14	-	-	15.85	23.62	1820	128	2120	149
				0.312	7.92	-	-	17.50	26.05	2020	142	2360	166
				0.344	8.74	-	-	19.17	28.57	2230	157	2600	183
				0.375	9.52	XS	80	20.78	30.94	2430	171	2800	197
6	150	6.625	168.3	0.188	4.78	-	-	12.92	19.27	1020	72	1190	84
				0.219	5.56	-	-	14.98	22.31	1190	84	1390	98
				0.250	6.35	-	-	17.02	25.36	1360	96	1580	111
				0.280	7.11	STD	40	18.97	28.26	1520	107	1780	125
				0.312	7.92	-	-	21.04	31.32	1700	120	1980	139
				0.344	8.74	-	-	23.08	34.39	1870	131	2180	153
				0.375	9.52	-	-	25.02	37.28	2040	143	2380	167
				0.432	10.97	XS	80	28.57	42.56	2350	165	2740	193
				0.562	14.27	-	120	36.39	54.20	2800	197	2800	197
				0.719	18.26	-	160	45.35	67.56	2800	197	2800	197
				0.864	21.95	XXS	-	53.16	79.22	2800	197	2800	197

ANEXO XII: Protocolo de prueba hidrostática

	SOCIEDAD MINERA CERRO VERDE S.A.S. ASEGURAMIENTO DE CALIDAD PROTOCOLO DE PRUEBA HIDROSTÁTICA EN TUBERIAS	ID del Documento: QC-MT-011 Revisión: 1 Fecha: jul-11 Especialidad: Mecánica																
	PROYECTO: REEDIFICACION DE FACILIDADES SRE - FASE N° SISTEMA: CAP15R21-C2-S738A PRODUCTO ENTREGABLE: FABRICACION E INSTALACION DE TUBERIAS DE CALIDAD: CAP15R21-C2-S738A-17 CONTRATISTA: CELICOM INGENIEROS FECHA: _____ ESPECIFICACION: CAP15R21-C2-S738-SB-CS-100 N° PROTOCOLO: _____ PLANOS: _____ PAGINA: _____ DE _____																	
DESCRIPCION DEL EQUIPO LINEA DE TUBERIA DE ACERO AISLADA INDUSTRIAL	TAG DEL EQUIPO	PLANO PAID																
LINEAS PROBADAS: IIS-WW-AC-4" IIS-WW-AC-4" IIS-WW-AC-4" _____ _____																		
GRAFICO DE PRESION 	DATOS DE CAMPO <table border="1"> <thead> <tr> <th>N° Lectura</th> <th>Presión</th> <th>Hora de lectura</th> <th>Observaciones</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1ERA</td> <td>225</td> <td>14:00</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>2DA</td> <td>225</td> <td>15:00</td> <td>00</td> </tr> <tr> <td>3ERA</td> <td>220</td> <td>16:00</td> <td>120</td> </tr> </tbody> </table>		N° Lectura	Presión	Hora de lectura	Observaciones	1ERA	225	14:00	0	2DA	225	15:00	00	3ERA	220	16:00	120
	N° Lectura	Presión	Hora de lectura	Observaciones														
1ERA	225	14:00	0															
2DA	225	15:00	00															
3ERA	220	16:00	120															
DATOS DE LOS EQUIPOS <table border="1"> <tr> <td>TIPO DE BOMBA USADA</td> <td>MANUAL</td> </tr> <tr> <td>FECHA DE PRUEBA</td> <td>13/01/2013</td> </tr> <tr> <td>N° DEL CERTIFICADO DE CALIBRACION DEL MANOMETRO</td> <td>IMM-017-2013 IMM-018-2013</td> </tr> <tr> <td>PRESION DE PRUEBA INDICADA EN EL LISTADO DE LINEAS</td> <td>150 PSI</td> </tr> <tr> <td>RESULTADO DE LA INSPECCION VISUAL DE LAS JUNTAS AL MOMENTO DE LAS PRUEBAS</td> <td>OK</td> </tr> <tr> <td>SE DETECTARON FUGAS AL MOMENTO DE LA PRUEBA?</td> <td>NO</td> </tr> </table>		TIPO DE BOMBA USADA	MANUAL	FECHA DE PRUEBA	13/01/2013	N° DEL CERTIFICADO DE CALIBRACION DEL MANOMETRO	IMM-017-2013 IMM-018-2013	PRESION DE PRUEBA INDICADA EN EL LISTADO DE LINEAS	150 PSI	RESULTADO DE LA INSPECCION VISUAL DE LAS JUNTAS AL MOMENTO DE LAS PRUEBAS	OK	SE DETECTARON FUGAS AL MOMENTO DE LA PRUEBA?	NO					
TIPO DE BOMBA USADA	MANUAL																	
FECHA DE PRUEBA	13/01/2013																	
N° DEL CERTIFICADO DE CALIBRACION DEL MANOMETRO	IMM-017-2013 IMM-018-2013																	
PRESION DE PRUEBA INDICADA EN EL LISTADO DE LINEAS	150 PSI																	
RESULTADO DE LA INSPECCION VISUAL DE LAS JUNTAS AL MOMENTO DE LAS PRUEBAS	OK																	
SE DETECTARON FUGAS AL MOMENTO DE LA PRUEBA?	NO																	
OBSERVACIONES _____ _____ _____ _____																		
Elaborado por OQ de Contratista Nombre: _____ Fecha: _____ Firma: _____	Revisado por OQ de Contratista: Nombre: _____ Fecha: _____ Firma: _____	Revisado por OQ de SMCV/ Nombre: _____ Fecha: _____ Firma: _____																
		Aprobado por SMCV/ Nombre: _____ Fecha: _____ Firma: _____																

ANEXO XIII: Registo de Montaje de Equipo

SOCIEDAD MINERA CERRO VERDE S.A.A. ASEGURAMIENTO DE CALIDAD REGISTRO DE MONTAJE DE EQUIPO ELECTRICO E INSTRUMENTACION		ID del Documento: QC-E -041 Revisión: 1 Fecha: Jul-11 Especialidad: Electricidad	
PROYECTO: <u>Reubicación de Facilidades Sur - Fase 1</u> PRODUCTO ENTREGABLE: <u>Montaje y conexionado de equipos eléctricos e instrumentos</u> CONTRATISTA: <u>Calicon Ingenieros S.A.C</u> ESPECIFICACION: <u>CAP15021-C2-6700-85-DC-100</u> PLANOS: <u>CAP15021-C2-6700-650-900</u>	N° SISTEMA: <u>CAP15021-C2-6700A</u> CODIGO FACILIDAD: <u>CAP15021-C2-6700A-19</u> FECHA: <u>03/01/2019</u> N° REGISTRO: <u>410</u> PAGINA: <u>1</u> DE <u>2</u>		
CARACTERISTICAS GENERALES INSPECCION			
Descripción del Equipo: <u>Centro de Control de motores</u> Tag de equipo: <u>C2-5790-NC-2021</u> Fabricante: <u>CATON</u> Modelo: <u>418CG421103</u>			
LISTA DE INSPECCION			
ITEMS	CIERRE		OBSERVACIONES
	Inicial/Firma	FECHA	
El equipo ha sido montado de acuerdo a planos	31/ <i>J. Lugo</i>	03/01/19	
El equipo esta correctamente montado con:			
Anclajes	31/ <i>J. Lugo</i>	03/01/19	
Tornillos	31/ <i>J. Lugo</i>	03/01/19	
Nivelacion	NA	-	
Fixtura	NA	-	
Equipo solidamente atornillado	31/ <i>J. Lugo</i>	03/01/19	
Tag de equipo instalado y visible	31/ <i>J. Lugo</i>	03/01/19	
Cables de control, instrumentación y fuerza debidamente conectados (verificar apriete de pernos)	31/ <i>J. Lugo</i>	03/01/19	
Tag de cable exterior y de hilo correcto	31/ <i>J. Lugo</i>	03/01/19	
Verificación de diagramas, wiring y de conexionado y adjunto en tablero	31/ <i>J. Lugo</i>	03/01/19	
Accionamientos mecánicos funcionando	NA	-	
Todos los controles realizados y registrados de acuerdo a la matriz de control	31/ <i>J. Lugo</i>	03/01/19	
Limpieza, aspirado y protección de equipo	31/ <i>J. Lugo</i>	03/01/19	
OBSERVACIONES:			
Elaborado por QC del Contratista Nombre: <u>José Tasso</u> Fecha: <u>03/01/2019</u> Firma: <i>José Tasso</i>	Revisado por QA del Contratista Nombre: <u>Fernando Fariña</u> Fecha: <u>03/01/2019</u> Firma: <i>Fernando Fariña</i>	Revisado por QA de SMCV Nombre: <u>E. Huamán</u> Fecha: <u>03/01/19</u> Firma: <i>E. Huamán</i>	Aprobado por SMCV Nombre: _____ Fecha: <u>03/01/19</u> Firma: <i>[Firma]</i>
Liberado para Pruebas Preoperacionales: SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>		FIRMA DE SUP DE PRE-OPS: Fecha: _____	



Anexo XVI


NO. PUNTO	DESCRIPCION	APUNTO	NO. PUNTO	DESCRIPCION	APUNTO	ASPECTO DE PUNTO	DESCRIPCION DE PUNTO	FECHA	ELABORADO	REVISADO
A	220V/50Hz	1	220V/50Hz	1	220V/50Hz					
B	220V/50Hz	2	220V/50Hz	2	220V/50Hz					
C	220V/50Hz	3	220V/50Hz	3	220V/50Hz					
D	220V/50Hz	4	220V/50Hz	4	220V/50Hz					
E	220V/50Hz	5	220V/50Hz	5	220V/50Hz					
F	220V/50Hz	6	220V/50Hz	6	220V/50Hz					

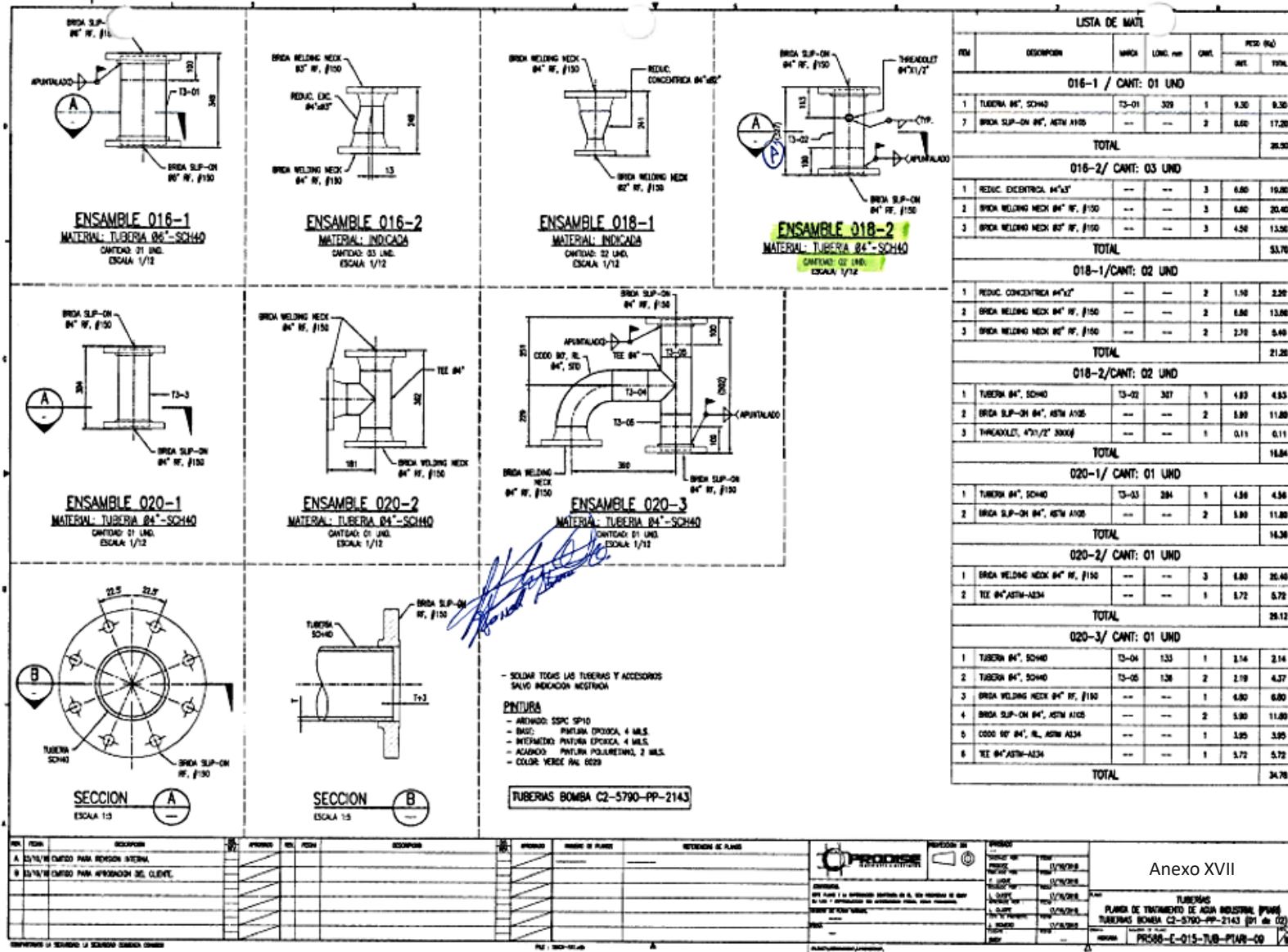
Anexo XV

PROCESOS
INGENIERIA P&ID
P&ID - 1 DE 2





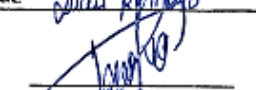

NO. CAPI3021-001051-C2-3350-254-310

ANEXO N° XVI. Registro de control de CELICOM a PRODISE



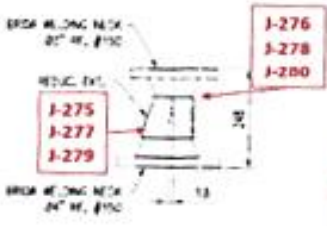

	SISTEMA DE GESTIÓN DE CALIDAD - PRODISE REGISTRO DE CONTROL TRAZABILIDAD Y HABILITACIÓN	Formato : PRO-QC-RAQ-06.02-01 Revisión : 0 Fecha : Junio 2018 N° REGISTRO : PRO-SM-CIN- 54																																																																																																																																																																																																										
1.0.- DATOS Y DESIGNACIÓN																																																																																																																																																																																																												
PROYECTO:	REUBICACION DE FACILIDADES SUR FASE I	LUNAR:	PLANTA PRODISE																																																																																																																																																																																																									
CLIENTE:	CELICOM INGENIEROS	OTR:	588																																																																																																																																																																																																									
OBRA:	OBRAS ELECTROMECANICAS MISCELANEAS PTARI-PTAD	ORDEN DE COMPRA:	-																																																																																																																																																																																																									
NORMA REFERENCIAL:	-	DOC. REFERENCIAL:	-																																																																																																																																																																																																									
ELEMENTO:	SPOOLS 020-2	FECHA:	15/11/2018																																																																																																																																																																																																									
2.0.- CONTROL																																																																																																																																																																																																												
SE ADJUNTA PLANO		INSPECCIÓN DIMENSIONAL (Incluir con un check o colocar N.A.) DIMENSIÓN LONGITUDINAL DE ACUERDO A PLANO <input type="checkbox"/> DIMENSIÓN MEDIDAS EN DIAGONAL <input type="checkbox"/> VERIFICACION DE MEDIDAS ARMADAS <input type="checkbox"/> DIMENSIÓN DE ANILLOS <input type="checkbox"/> DISTANCIA ENTRE ANILLOS <input type="checkbox"/> DIMENSIÓN DEL TOLADO <input type="checkbox"/> DIMENSIÓN DEL DOBLEZ <input type="checkbox"/> PIEZAS NO TORCIDAS <input type="checkbox"/> LIBRE DE MORDEDURAS <input type="checkbox"/>																																																																																																																																																																																																										
ELEMENTO O PARTE	CODIGO	CANTIDAD	UNIDAD	N° CERTIFICADO DE CALIDAD	N° LOTE / COLADA	PLANO																																																																																																																																																																																																						
BRICA WINTICK 04", ASTM A106	-	3	UND			PR588-E-015-TLS-PTARI-02																																																																																																																																																																																																						
TSE 4", ASTM A234	-	3	UND			PR588-E-015-TLS-PTARI-06																																																																																																																																																																																																						
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>ITEM</th> <th>CODIGO PIEZA</th> <th>LETRA</th> <th>DIM NOM.</th> <th>DIM REAL</th> <th>TOL.</th> <th>DF.</th> <th>OBSERVACIÓN</th> <th>RESULT.</th> <th>ITEM</th> <th>CODIGO PIEZA</th> <th>LETRA</th> <th>DIM NOM.</th> <th>DIM REAL</th> <th>TOL.</th> <th>DF.</th> <th>OBSERVACIÓN</th> <th>RESULT.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>11</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>2</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>12</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>3</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>13</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>4</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>14</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>5</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>15</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>6</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>16</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>7</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>17</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>8</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>18</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>9</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>19</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>10</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>20</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>							ITEM	CODIGO PIEZA	LETRA	DIM NOM.	DIM REAL	TOL.	DF.	OBSERVACIÓN	RESULT.	ITEM	CODIGO PIEZA	LETRA	DIM NOM.	DIM REAL	TOL.	DF.	OBSERVACIÓN	RESULT.	1									11									2									12									3									13									4									14									5									15									6									16									7									17									8									18									9									19									10									20								
ITEM	CODIGO PIEZA	LETRA	DIM NOM.	DIM REAL	TOL.	DF.	OBSERVACIÓN	RESULT.	ITEM	CODIGO PIEZA	LETRA	DIM NOM.	DIM REAL	TOL.	DF.	OBSERVACIÓN	RESULT.																																																																																																																																																																																											
1									11																																																																																																																																																																																																			
2									12																																																																																																																																																																																																			
3									13																																																																																																																																																																																																			
4									14																																																																																																																																																																																																			
5									15																																																																																																																																																																																																			
6									16																																																																																																																																																																																																			
7									17																																																																																																																																																																																																			
8									18																																																																																																																																																																																																			
9									19																																																																																																																																																																																																			
10									20																																																																																																																																																																																																			
INSTRUMENTOS UTILIZADOS: DOCUMENTOS ADJUNTOS: COMENTARIOS: -																																																																																																																																																																																																												
3.0.- VALIDACIÓN																																																																																																																																																																																																												
PLANTA: <i>[Firma]</i> JEFE DE PLANTA - PRODISE FECHA: 15/11/2018	PLANTA: <i>[Firma]</i> SUP. CALIDAD - PRODISE FECHA: 15/11/2018	PLANTA: <i>[Firma]</i> RESIDENTE - PRODISE FECHA: 24/11/2018	PLANTA: <i>[Firma]</i> SUPERVISIÓN FECHA: 28/11/2018																																																																																																																																																																																																									










ANEXO N° XVIII: Registro de control dimensional de armado

		SISTEMA DE GESTIÓN DE CALIDAD - PRODISE REGISTRO DE CONTROL DIMENSIONAL EN EL ARMADO		Formato : PRO-CC-RAQ-08.03-02 Revisión : 0 Fecha : Junio 2018			
				N° REGISTRO	PRD-386-CD-40		
1.0.- DATOS Y DESIGNACION							
PROYECTO:	REHABILITACION DE FACILIDADES SUR (FASE I)			LUGAR:	PLANTA PRODISE		
CLIENTE:	SOCIEDAD MINERA CERRO VERDE S.A.A.			COTP:	S08		
OBRA:	FABRICACION EN PLANTA			ORDEN DE COMPRA:			
NORMA REFERENCIAL:				DOC. REFERENCIAL:	PLANO PR688-E-015-TUB-PTARI-09		
ELEMENTO	SPOOL - TUBERIAS SCH40			FECHA ACTUALIZADA:	viernes, 16 de noviembre de 2018		
2.0.- DOCUMENTOS ADJUNTOS							
SE ADJUNTA PLANOS: PR688-E-015-TUB-PTARI-09							
ELEMENTO							
		DIMENSIONES (mm)					
CODIGO	COTA	A				RESULTADO	
SPOOL 018-1 1 DE 2	DIMENSION NOMINAL	241	-	-	-	-	OK
	DIMENSION REAL	242	-	-	-	-	
	TOLERANCIA	+/-3	-	-	-	-	
	DIFERENCIA	+1	-	-	-	-	
CODIGO	COTA	A				RESULTADO	
SPOOL 018-1 2 DE 2	DIMENSION NOMINAL	241	-	-	-	-	OK
	DIMENSION REAL	243	-	-	-	-	
	TOLERANCIA	+/-3	-	-	-	-	
	DIFERENCIA	+2	-	-	-	-	
							
3.0.- VALIDACION							
NOMBRE:	Aldo Valverde T.	NOMBRE:	Karel Alvarado G.	NOMBRE:	Juan Carrasco	NOMBRE:	Fabiana Fernandez
							
JEFE DE PLANTA - PRODISE	SUP. CALIDAD - PRODISE	RESIDENTE - PRODISE	SUPERVISION				
FECHA: 16/11/18	FECHA: 16-11-2018	FECHA: 24/11/2018	FECHA: 28/11/2018				



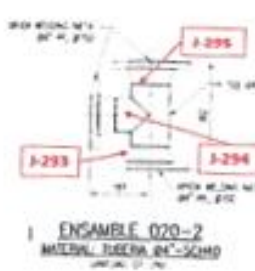




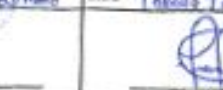
ANEXO N° XIX: Registro de control de soldadura por tinte permanente

		SISTEMA DE GESTIÓN DE CALIDAD PRODISE REGISTRO DE CONTROL INSPECCIÓN DE SOLDADURA POR TINTE PENETRANTE		Formato: PRO-QC-RAD-06.05-01 Revisión: 0 Fecha: Julio 2018											
N° REVISIÓN: 0 PÁG. 08 DE 07 64															
1.0.- DATOS Y DESIGNACIÓN															
PROYECTO:	REPARACIÓN DE FACILIDADES BUR - PASE I	LUGAR:	PLANTA PRODISE												
CLIENTE:	COMERCIALIZADORA MINERA CERRO VERDE S.A.S.	OT:	100												
UBICACIÓN:	FABRICACIÓN EN PLANTA	UNIDAD DE COMPRA:													
REFERENCIA:		DOC. REFERENCIA:													
ELEMENTO:	E-016-2	FECHA:	28/11/2018												
2.0.- CONTROL															
2.1. MATERIAL UTILIZADO															
DESCRIPCIÓN:	LIMPIADOR	PENETRANTE	REVELADOR												
MARCA:	CANTESCO	CANTESCO	CANTESCO												
COMPOSICIÓN:	CHISA	PROSA	ENYA												
CERTIFICADO:		SN													
MÉTODO:	PULVERIZADO	PULVERIZADO	PULVERIZADO												
TIPO:	SPRAY	SPRAY	SPRAY												
2.2. SUPUESTOS DEL TAMBIÉN															
PROCEDIMIENTO:		TIEMPO DE PENETRACIÓN:	3 min												
TIEMPO DE REVELADO:	10 min	TEMPERATURA DE LA SUPERFICIE:	18 - 50 °C												
CRITERIO DE ACEPTACIÓN:	Según norma ASME VIII Appendix 2	TIPO DE ILUMINACIÓN:	Natural												
2.3. RESULTADO FORMATEADO															
															
ENSAMBLE 016-2 MATERIAL: INDICADA CALIDAD: 02 UNI															
2.4. CONTROL															
N°	CODIGO	JUNTA DE SOLDADURA	DIMENSION (MM)	TIPO		PASE		PROCESO DE SOLDADURA	ESTAMPA SOLDADOR	DESCONTAMINADO		FECHA DE INSPECCIÓN	FECHA DE REPARACIÓN	OBSERVACION	RESULTADO
				T	F	RAZ	ACABADO			TPO	(CONTIENE ZINC)				
1	E-016-2	J-275	Ø4"	✓	✓	✓	✓	SMAW	W-01	✓	✓	26/11/2018	✓	✓	OK
2	E-016-2	J-276	Ø3"	✓	✓	✓	✓	SMAW	W-01	✓	✓	26/11/2018	✓	✓	OK
3	E-016-2	J-277	Ø4"	✓	✓	✓	✓	SMAW	W-01	✓	✓	26/11/2018	✓	✓	OK
4	E-016-2	J-278	Ø3"	✓	✓	✓	✓	SMAW	W-01	✓	✓	26/11/2018	✓	✓	OK
5	E-016-2	J-279	Ø4"	✓	✓	✓	✓	SMAW	W-05	✓	✓	26/11/2018	✓	✓	OK
6	E-016-2	J-280	Ø3"	✓	✓	✓	✓	SMAW	W-05	✓	✓	26/11/2018	✓	✓	OK
7															
8															
9															
10															
LEYENDA: ✓: Falta (Control de Calidad / Inspección de Planta) ✗: Falta de Fuente (No se ve)		F: Falta P: Falta	S: Inspección P: Pasado S: No Pasado	P: Acabado de Penetración Completa P: Acabado de Penetración Parcial	NIVE: NIVEL 1C - 1A-VT-PT-MT REG: GEN-CC-773-6109	P: Inspección S: No Inspección	OK: Conforme NO OK: No Conforme								
3.0.- VALIDACIÓN															
NOMBRE: <u>Aldo Velarde T.</u> CARGO: <u>JEFE DE PLANTA - PRODISE</u> FECHA: <u>16/11/2018</u>	NOMBRE: <u>Carroll Abanto G.</u> CARGO: <u>SUP. CALIDAD - PRODISE</u> FECHA: <u>26-11-18</u>	NOMBRE: <u>Jorge Romero</u> CARGO: <u>RESIDENTE - PRODISE</u> FECHA: <u>29/11/2018</u>	NOMBRE: <u>Felipe Fernandez</u> CARGO: <u>INSPECCIÓN</u> FECHA: <u>28/11/2018</u>												






ANEXO N° XX

		SISTEMA DE GESTIÓN DE CALIDAD PRODISE REGISTRO DE CONTROL, INSPECCIÓN DE SOLDADURA POR TINTE PENETRANTE		Formulario: PRO-OC-RAQ-06-25-01 Revisión: 0 Fecha: 14 Jun 2018									
N° REGISTRO: PRO 38 17 94													
1.0.- DATOS Y DESIGNACIÓN													
PROYECTO:	REINTEGRACIÓN DE FACILITADORES SUR-1998-1	USUARIO:	PLANTA PRODISE										
CLIENTE:	SOCIEDAD ANONIMA CERRO VERDE S.A.A.	OPERA:	388										
ORIGEN:	FABRICACIÓN EN PLANTA	FECHA DE COMPRA:											
FORMA DE REFERENCIA:		PRO. SUPERVISOR:											
ELEMENTO:	E-18-1	FECHA:	28/11/2018										
2.0.- CONTROL													
2.1. MATERIAL UTILIZADO													
RECONSTRUCCIÓN:	LIMPIADOR	PINTANTE	REVELADOR										
MARKA:	CANTERCO	CANTERCO	CANTERCO										
ESPECIFICACIÓN:	ETH-A	PRV-A	DRV-A										
CONFINADO:		SI											
METODO:	PLA VERDEADA	PLA VERDEADO	PLA VERDEADO										
TIPO:	SPRAY	SPRAY	SPRAY										
2.2. CONDICIONES DEL MATERIAL													
PROCEDIMIENTO:		TIEMPO DE PENETRACIÓN:	1 min										
TIEMPO DE REVELADO:	10 min	TEMPERATURA DE LA SUPERFICIE:	18 - 28 °C										
CRITERIO DE ACEPTACIÓN:	Según norma ASME VIII Apéndice B	TIPO DE ALUMINACIÓN:	Natural										
OBSERVACIONES:													
2.3. MUESTRA REPRESENTATIVA													
													
3.4. CUENTA													
N°	CODIGO	JUNTA DE SOLDADURA	DIMENSIÓN	TIPO	PAISE	PROCESO DE SOLDADURA	ESTAMPA SOLDADURA	ENCUENTRO	FECHA DE INSPECCION	FECHA DE REINTEGRACION	DEFINICION	RESULTADO	
1	E-18-1	J-281	Ø4"	V	N	---	SMAW	W-35	---	---	---	OK	
2	E-18-1	J-282	Ø4"	V	N	---	SMAW	W-35	---	---	---	OK	
3	E-18-1	J-285	Ø4"	V	N	---	SMAW	W-35	---	---	---	OK	
4	E-18-1	J-287	Ø4"	V	N	---	SMAW	W-35	---	---	---	OK	
5													
6													
7													
8													
9													
10													
LEYENDA:						I. FMA II. FMA III. FMA							
FC: Faja de Control del Estado (Inspección de Fases)		FC: Faja de Control del Estado (Inspección de Fases)		FC: Faja de Control del Estado (Inspección de Fases)		FC: Faja de Control del Estado (Inspección de Fases)		FC: Faja de Control del Estado (Inspección de Fases)		FC: Faja de Control del Estado (Inspección de Fases)		FC: Faja de Control del Estado (Inspección de Fases)	
DOCUMENTOS REFERENCIALES:						DOCUMENTOS REFERENCIALES:							
3.5. VALIDACIÓN						3.5. VALIDACIÓN							
NOMBRE:	Aldo Velarde T.	NOMBRE:	Rosell Abang D.	NOMBRE:	Juan Yanez	NOMBRE:	Fariña Fernández						
													
JEFE DE PLANTA - PRODISE		SUP. CALIDAD - PRODISE		RESIDENTE - PRODISE		SUPERVISOR							
FECHA: 26/11/2018		FECHA: 26/11/2018		FECHA: 24/11/2018		FECHA: 04/11/2018							



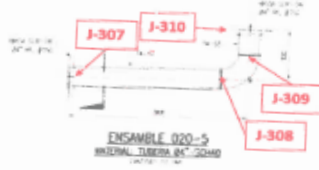
ANEXO N° XXI

		SISTEMA DE GESTIÓN DE CALIDAD PRODISE REGISTRO DE CONTROL INSPECCIÓN DE SOLDADURA POR TINTE PENETRANTE		Formato: PRO-QC-RAG 06-06-01 Revisión: 0 Fecha: 1 Julio 2018											
M REGISTRO: PRO-QC-RAG 06-06-01															
1.0.- DATOS Y DESIGNACIÓN															
PROYECTO:	REVISIÓN DE FALLAS EN LAS BOMBAS - FASE 1	UBICACIÓN:	PLANTA PRODISE												
CLIENTE:	SOCIEDAD MINERA CERRO VERDE S.A.A.	OTR:	SM												
OBRA:	FABRICACIÓN EN PLANTA	FECHA DE CONTROL:													
UBICACIÓN:		OTR REFERENCIA:													
NÚMERO:	E-020-2	TIPO:	CONTROLES												
2.0.- CONTROL															
2.1. MATERIALES															
IDENTIFICACIÓN:	LAMPADON	PENETRANTE:	REVELADOR:												
MARCA:	CANTESCO	CANTESCO	CANTESCO												
CONFORMACIÓN:	E-201-A	F-201-A	E-201-A												
VERIFICADO:		SI													
MÉTODO:	PULVERIZADO	PULVERIZADO	PULVERIZADO												
TPO:	SPRAY	SPRAY	SPRAY												
2.2. CONDICIONES DE CONTROL															
PROCEDIMIENTO:		TIEMPO DE PENETRACIÓN:	15 min												
TIEMPO DE REVELADO:	10 min	TEMPERATURA DE LA SUPERFICIE:	15 - 35 °C												
MÉTODO DE APLICACIÓN:	Según norma ASTM V16 Apéndice B	TIPO DE ELIMINACIÓN:	Mechanical												
2.3. RESULTADOS															
 <p>ENSAMBLE 020-2 MATERIA: TIGER, 24"-SCHD</p>															
2.4. CONTROL															
N.º	CODIGO	UBICACIÓN DE SOLDADURA	DIMENSIÓN (mm)	TINTE		REVELADOR		MÉTODO DE APLICACIÓN	TEMPERATURA	ORIENTACIÓN		FECHA DE INSPECCIÓN	FORMA DE DEFENSIÓN	OBSERVACIONES	RESULTADO
				T	F	RAZ	ACABADO			TPO	LONGITUD (mm)				
1	E-020-2	J-293	Ø4"	✓	✓	✓	✓	SPRAY	15-30	-	-	26/11/2018	-	-	OK
2	E-020-2	J-294	Ø4"	✓	✓	✓	✓	SPRAY	15-30	-	-	26/11/2018	-	-	OK
3	E-020-2	J-295	Ø4"	✓	✓	✓	✓	SPRAY	15-30	-	-	26/11/2018	-	-	OK
4															
5															
6															
7															
8															
9															
10															
2.5. LEGENDA															
(✓) Falla detectada en Control de Calidad de (P) Falla detectada en Control de Calidad de (F) Falla de Fuga de Vapor		(T) Tinte (F) Fuga (C) Corrosión	(R) Revisión (P) Proceso (M) Material	(J) Junta de Paredes Completa (JF) Junta de Paredes Parcial (M) Material Nuevo	(L) Falla de Límite (S) Substrato (C) Corrosión (N) No Control										
DOCUMENTOS ADJUNTOS:															
3.0.- VALIDACIÓN															
NOMBRE: Aldo Velasco T.  JEFE DE PLANTA - PRODISE FECHA: 26/11/18	NOMBRE: Rostel Abaza D.  SUP. CALIDAD - PRODISE FECHA: 26/11/18	NOMBRE: Juan Romero  RESIDENTE - PRODISE FECHA: 24/11/2018	NOMBRE: Tania Tansedez  SUPERVISOR FECHA: 23/11/2018												


ANEXO N° XXII

		<p align="center">SISTEMA DE GESTIÓN DE CALIDAD PRODISE REGISTRO DE CONTROL INSPECCIÓN DE SOLDADURA POR TINTE PENETRANTE</p>		Formato: PRO-QC-RAQ-06-05-01 Revisión: 0 Fecha: 1 Julio 2018 Nº REGISTRO: 340.588.177-65																					
1.0. DATOS Y DESIGNACIÓN																									
INDICIO:	REPARACIÓN DE FUGAS EN SUR - FASE I	LUGAR:	PLANTA PRODISE																						
CLIENTE:	SOCIEDAD MINERA CERRO VERDE S.A.A.	SUP:	008																						
OBRA:	PARACIONES EN PLANTA	ORDEN DE COMPRA:																							
NÚMERO REFERENCIAL:		DOC. REFERENCIAL:																							
ELEMENTO:	E-025-4	TORNILLO:	201102018																						
2.0. CONTROL																									
2.1. MATERIAL UTILIZADO																									
REQUISICIÓN	LIMPIADOR	PENETRANTE	REVELADOR																						
MARCA	CANTESCO	CANTESCO	CANTESCO																						
COMERCIALIZACIÓN	CENSA	PROSA	DIFA																						
CERTIFICADO		SUR																							
MÉTODO	PULVERIZADO	PULVERIZADO	PULVERIZADO																						
TIPO	SPRAY	SPRAY	SPRAY																						
2.2. CONDICIONES DE EJECUCIÓN																									
PROCEDIMIENTO:		TIEMPO DE PENETRACIÓN:	5 min																						
TIEMPO DE REVELADO:	10 min	TEMPERATURA DE LA SUPERFICIE:	10 - 50 °C																						
SISTEMA DE ACEPTACIÓN:	Según norma ASME VIII Apéndice 8	TIPO DE ELIMINACIÓN:	Manual																						
DESCRIPCIONES:																									
2.3. DIAGRAMA NOMINATIVO																									
2.4. CONTROL																									
ITEM	CODIGO	UNTA DE SOLDADURA	DIMENSION (MM)	TIPO		FASE		PROCESO DE SOLDADURA	ESTAMPA SOLDADOR	DISCONTINUIDAD		FECHA DE INSPECCIÓN	FECHA DE REPARACIÓN	OBSERVACIÓN	NOTA/FOTO										
				T	F	RAZ	ACABADO			TIPO	LONGITUD (MM)														
1	E-025-4	J-303	Ø4"	✓	✓	✓	✓	SMAGW	W-35	---	---	26/11/2018	---	---	OK										
2	E-025-4	J-304	Ø4"	✓	✓	✓	✓	SMAGW	W-35	---	---	26/11/2018	---	---	OK										
3	E-025-4	J-305	Ø4"	✓	✓	✓	✓	SMAGW	W-35	---	---	26/11/2018	---	---	OK										
4																									
5																									
6																									
7																									
8																									
9																									
10																									
<table border="0"> <tr> <td>LEYENDA:</td> <td>F: Falla</td> <td>SC: Sotavento</td> <td>JPC: Junta de Penetración Completa</td> <td>TL: Falta de Limpieza</td> </tr> <tr> <td>MC: Falta de Material de Cables (Cableado de Pares)</td> <td>PL: Falta de Limpieza</td> <td>PL: Pasividad Abierta</td> <td>JPP: Junta de Penetración Parcial</td> <td>SR: Sotavento</td> </tr> <tr> <td>TL: Falta de Protección contra Impacto</td> <td>OK: OK</td> <td>PA: Pasividad</td> <td>DA: Pasividad Abierta</td> <td>OK: Conforme</td> </tr> <tr> <td>MC: Falta de Protección contra Impacto</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>MC: No Conforme</td> </tr> </table>						LEYENDA:	F: Falla	SC: Sotavento	JPC: Junta de Penetración Completa	TL: Falta de Limpieza	MC: Falta de Material de Cables (Cableado de Pares)	PL: Falta de Limpieza	PL: Pasividad Abierta	JPP: Junta de Penetración Parcial	SR: Sotavento	TL: Falta de Protección contra Impacto	OK: OK	PA: Pasividad	DA: Pasividad Abierta	OK: Conforme	MC: Falta de Protección contra Impacto				MC: No Conforme
LEYENDA:	F: Falla	SC: Sotavento	JPC: Junta de Penetración Completa	TL: Falta de Limpieza																					
MC: Falta de Material de Cables (Cableado de Pares)	PL: Falta de Limpieza	PL: Pasividad Abierta	JPP: Junta de Penetración Parcial	SR: Sotavento																					
TL: Falta de Protección contra Impacto	OK: OK	PA: Pasividad	DA: Pasividad Abierta	OK: Conforme																					
MC: Falta de Protección contra Impacto				MC: No Conforme																					
3.0. VALIDACIÓN																									
NOMBRE: Aldo Velarde T.	NOMBRE: Russell Alvarez G.	NOMBRE: Jhon Ramiro	NOMBRE: Fabiana Tamayo S.																						
																									
FECHA: 26/11/2018	FECHA: 26/11/2018	FECHA: 24/11/2018	FECHA: 26/11/2018																						

ANEXO N° XXIII

		SISTEMA DE GESTIÓN DE CALIDAD PRODISE REGISTRO DE CONTROL INSPECCIÓN DE SOLDADURA POR TINTE PENETRANTE		Formato : PRO-QC-RAQ-06.05-01 Revisión : 0 Fecha : Junio 2018											
				N° REGISTRO : PRO-988-ITP-66											
1.0.- DATOS Y DESIGNACIÓN															
PROYECTO:	REUBICACIÓN DE FACILIDADES SUR - FASE I			LUGAR:	PLANTA PRODISE										
CLIENTE:	SOCIEDAD MINERA CERRO VERDE S.A.A.			OTP:	EEB										
OBRA:	FABRICACIÓN EN PLANTA			ORDEN DE COMPRA											
NORMA REFERENCIAL:				DOC. REFERENCIA:											
ELEMENTO	E-020-5			FECHA:	25/11/2018										
2.0.- CONTROL															
2.1.- MATERIAL UTILIZADO															
DESCRIPCIÓN	LIMPIADOR	PENETRANTE	REVELADOR												
MARCA	CANTESCO	CANTESCO	CANTESCO												
CODIFICACIÓN	GT1-A	PIPS-A	D191-A												
CERTIFICADO	GRI														
MÉTODO	PULVERIZADO	PULVERIZADO	PULVERIZADO												
TIPO	SPRAY	SPRAY	SPRAY												
															
2.2.- CONDICIONES DEL EXAMEN															
PROCEDIMIENTO:				TIEMPO DE PENETRACIÓN	5 min										
TIEMPO DE REVELADO:	10 min			TEMPERATURA DE LA SUPERFICIE	10 - 50 °C										
CRITERIO DE ACEPTACIÓN:	Según norma ASME VIII (partido-2)			TIPO DE SUPERFICIE	Natural										
OBSERVACIONES:															
2.3.- REGISTRO FOTOGRÁFICO															
															
2.4.- CONTROL															
N°	CÓDIGO	UNTA DE SOLDADURA	DIMENSIÓN (mm)	TIPO		PARE		PROCESO DE SOLDADURA	ESTAMPA SOLDADOR	DISCONTINUIDAD		FECHA DE INSPECCIÓN	FECHA DE REPARACIÓN	OBSERVACIÓN	RESULTADO
				T	F	RAZ	ACABADO			TIPO	LONGITUD (mm)				
1	E-020-5	J-308	Ø4"	✓	✓	✓	✓	SMAW	W-10	---	---	25/11/2018	---	---	OK
2	E-020-5	J-309	Ø4"	✓	✓	✓	✓	SMAW	W-10	---	---	25/11/2018	---	---	OK
3															
4															
5															
6															
7															
8															
9															
10															
LEYENDA: FC: Falta Dimensiones del Cable (Soldadura de Fines) F: Flete SO: Sacaván JPC: Junta de Penetración Completa FL: Falta de Limpieza FU: Falta de Fusión Metal Base / FI: Fisura PL: Porosidad JPP: Junta de Penetración Parcial SR: Sobresuavizado FU: Falta de Fusión Metal Base / CR: PN: Porosidad PA: Porosidad Anillo OK: Conforme NC: No Conforme															
DOCUMENTOS ADJUNTOS: ---															
COMENTARIOS:															
3.0.- VALIDACIÓN															
NOMBRE:	Aldo Velarde T.	NOMBRE:	Russell Abrego Q.	NOMBRE:	Juan Romero										
NOMBRE:	Fabrice Fernandez														
FECHA:	25/11/18	FECHA:	26/11/2018	FECHA:	24/11/2018										
FECHA:	28/11/2018														

ANEXO N° XXIV: Registro de preparación de superficies y pintura.



SISTEMA DE GESTIÓN DE CALIDAD - PRODISSE
REGISTRO DE PREPARACIÓN SUPERFICIAL Y APLICACIÓN DE PINTURA

Formulario: PRO-CC-RAQ-06.06-01
 Revisión: 0
 Fecha: Junio 2018

1.0.- DATOS Y DESIGNACIÓN

PROYECTO: RELOCACIÓN DE FACILIDADES SUR - FASE I

CLIENTE: SOCIEDAD MINERA CERRO VERDE S.A.

OBRA: FABRICACIÓN EN PLANTA

NORMA REFERENCIAL: *

ELEMENTO: SPOOL - TUBERIAS SCH40

PLANTA PRODISSE: S18

OTF: -

ORDEN DE COBRIJA: -

DOC. REFERENCIAL: -

FECHA ACTUALIZADA: marzo del 05 de diciembre de 2018

N° PRODISSE: PRO-CC-RAQ-06.06-01

2.0.- CONTROL

2.1 PREPARACION DE MIERTE

PREPARACION DE SUPERFICIE ESPECIFIA: SP1 SP2 SP3 SP4 SP5 SP6 SP7 SP8 SP9 SP10 SP11

CEPILLO: 15 #16 MATERIAL DEL SISTEMA: ASTM A53 TPO DE AFRANCO: ARENA CALIDAD: 50 #5 REALIZADO POR: JULIO GUIMERA

FECHA HORA DE INICIO: 03-12-2018 / 7:15 hrs. T° DEL AMBIENTE: 19 % HUMEDAD RELATIVA: 42% FECHA HORA DE TERMINO: 03-12-2018 / 09:45 hrs. Observaciones: -

METODO DE APLICACION: ROLLO R: EPICOMA E: EQUIPO UTILIZADO: AIRLESS GRACO 488

2.2 SISTEMA DE PINTURA

N° CAPA	NOMBRE	TIPO	EPOXICO	MARCA	SHERWIN WILLIAMS	COLOR	RAL 502	CERT.	1105-18 LOT	6000	F. APLIC	03-12-2018	HT	9:38	16:20 % HUM.	42	T° AMB	19 °C	T° POC	6 °C	RESULTADO		
																						1	2
1	MACROPOXY 648	MACROPOXY 648	MACROPOXY 648	MACROPOXY 648	MACROPOXY 648	MACROPOXY 648	MACROPOXY 648	MACROPOXY 648	MACROPOXY 648	MACROPOXY 648	MACROPOXY 648	MACROPOXY 648	MACROPOXY 648	MACROPOXY 648	MACROPOXY 648	MACROPOXY 648	MACROPOXY 648	MACROPOXY 648	MACROPOXY 648	MACROPOXY 648	MACROPOXY 648	OK	
2	MACROPOXY 648	MACROPOXY 648	MACROPOXY 648	MACROPOXY 648	MACROPOXY 648	MACROPOXY 648	MACROPOXY 648	MACROPOXY 648	MACROPOXY 648	MACROPOXY 648	MACROPOXY 648	MACROPOXY 648	MACROPOXY 648	MACROPOXY 648	MACROPOXY 648	MACROPOXY 648	MACROPOXY 648	MACROPOXY 648	MACROPOXY 648	MACROPOXY 648	MACROPOXY 648	MACROPOXY 648	OK
3	SUMATANE HS	SUMATANE HS	SUMATANE HS	SUMATANE HS	SUMATANE HS	SUMATANE HS	SUMATANE HS	SUMATANE HS	SUMATANE HS	SUMATANE HS	SUMATANE HS	SUMATANE HS	SUMATANE HS	SUMATANE HS	SUMATANE HS	SUMATANE HS	SUMATANE HS	SUMATANE HS	SUMATANE HS	SUMATANE HS	SUMATANE HS	SUMATANE HS	OK

15-12-18

3.0.- VALIDACIÓN

NOMBRE: *Alb Veloz*

NOMBRE: *Rosiel Barco*

NOMBRE: *Juan Goyaso*

FECHA: 05/12/18

FECHA: 05/12/18

FECHA: 15/12/18

FECHA: 23/12/18

RES. CALIDAD - PRODISSE

RESIDENTE - PRODISSE

SUPERVISIÓN

ANEXO XXVII: Constantes K.


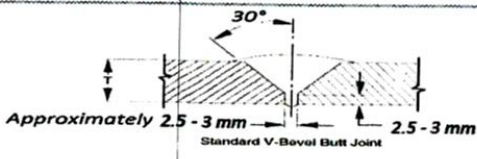
Mechanical power in fluids

Constant per maximum geodesic differential height

Categ.	H. Geo. Máx.	Kte orf prioritization
1.000 – 15.000 meters	0.00 – 0.99	99.96
	01.00 – 01.99	99.96
	02.00 – 02.99	99.96
	03.00 – 03.99	99.96
	04.00 – 04.99	99.96
	05.00 – 05.99	99.97
	06.00 – 06.99	99.97
	07.00 – 07.99	99.97
	08.00 – 08.99	99.97
	09.00 – 09.99	99.98
	10.00 – 10.99	99.98
	11.00 – 11.99	99.98
	12.00 – 12.99	99.98
	13.00 – 13.99	99.98
	14.00 – 14.99	99.98

Fuente: California State University Affordable Learning Solutions Program

ANEXO XXVIII: Especificaciones de soldadura (WPS)


		Especificación de Procedimiento de Soldadura (WPS) ASME Boiler and Pressure Vessel Code, Sección IX		Página 1 de 2	
Nombre de la Organización <u>PRODISE S.R.L.</u>		Por <u>Sup. Claudia Cahuana M.</u>			
Nombre del Proyecto <u>Soldado de tuberías según ASME B 31.3 Edición 2014</u>					
Identificación <u>WPS-PROD-1-18</u>		Revisión <u>0</u>		Fecha <u>22/06/18</u>	
		PQR de Soporte <u>PQR-PROD-1-18</u>			
Proceso (s) de Soldadura <u>SMAW (Shielded Metal Arc Welding)</u>		Tipo <u>Manual</u>			
JUNTAS (QW-402)					
Diseño de Junta <u>Junta a Tope en V</u>		Abertura de Raíz <u>2.5 mm - 3 mm</u>			
Respaldo Si <input type="radio"/> No <input checked="" type="radio"/>		Material de Respaldo (Tipo)		Según QW-402.1 un cambio en el diseño de ranura no constituye una variable esencial. Por lo expuesto para aplicar otra descripción de diseño de junta de ranura ver los planos aplicables.	
<input type="radio"/> Metal		<input type="radio"/> Otro ---			
<input type="radio"/> No Metalico					
Bocetos, dibujos de producción, símbolos de soldadura, o descripción escrita debe mostrar la disposición general de las piezas a soldar. Donde sea aplicable, los detalles de la soldadura de ranura puede ser especificada.					
METAL (ES) BASE (QW-403)					
P No. <u>I (Ver tabla QW/QB-422 Grupo No. ---)</u>		a P No. <u>I (Ver tabla QW/QB-422)</u>		Grupo No. ---	
Especificación y Tipo/Grado o Número UNS ---		a Especificación y Tipo/Grado o Número UNS ---			
Análisis Químico y Propiedades Mecánicas ---		a Análisis Químico y Propiedades Mecánicas ---			
Rango de Espesores:		Metal Base: <u>Ranura 1.5 mm - 14.22 mm</u>		Filete <u>Hasta Ilimitado</u>	
Máximo Espesor de Pase $\leq 1/2$ in. (13 mm) Si <input checked="" type="radio"/> No <input type="radio"/>		Otros ---			
METAL (ES) DE APORTE (QW-404)					
Proceso (s) <u>SMAW</u>		SMAW		SMAW	
Especificación SFA <u>SFA 5.1</u>		SFA 5.1		SFA 5.1	
Clasificación AWS <u>E6010</u>		E6010		E7018	
Metal de Aporte F No. <u>3</u>		3		4	
Análisis de Metal de Soldadura A No. <u>1</u>		1		1	
Tamaño de Metal de Aporte <u>3.25 mm</u>		3.25 mm		2.50 mm	
Forma de Prod. de Metal de Aporte <u>Electrodo Revestido</u>		Electrodo Revestido		Electrodo Revestido	
Metal de Aporte Suplementario ---		---		---	
Metal de Soldadura ---		---		---	
Espesor Depositado		Ranura <u>Hasta 6 mm</u>		Hasta 8.22 mm	
Filete <u>Hasta Ilimitado</u>		Hasta Ilimitado		Hasta Ilimitado	
Clasificación Electrodo - Fundente ---		---		---	
Tipo de Fundente ---		---		---	
Nombre Comercial del Fundente ---		---		---	
Inserto Consumible ---		---		---	
Otros <u>Cellocord PT</u>		Cellocord PT		Supercito	
POSICIÓN (ES) (QW-405)					
Posición (es) de Ranura <u>Todas (Figura QW-461.3 - QW-461.4)</u>		Todas (Figura QW-461.3 - QW-461.4)		Todas (Figura QW-461.5 - QW-461.6)	
Progresión de Soldadura <u>Asc. <input checked="" type="radio"/> Desc. <input type="radio"/></u>		Asc. <input checked="" type="radio"/> Desc. <input type="radio"/>		---	
Posición (es) de Filete <u>Todas (Figura QW-461.5 - QW-461.6)</u>		Todas (Figura QW-461.5 - QW-461.6)		---	
Otros ---		---		---	
TRATAMIENTO TÉRMICO POST-SOLDEO (QW-407)					
Rango de Temperatura ---		---		---	
Tiempo de Sostentamiento ---		---		---	
Otros ---		---		---	




Luis Ivan Ramos Huacan
 CWI 15015941
 QC1 EXP. 1/1/2021
 22 JUN. 2018

...cualquier Consulta Sobre la Autenticidad
 de este Documento Debe Ser Hecha al
 Teléfono: 054-234441 - RPC: 991372023
 Indicado el Número Correlativo

ANEXO XXIX: Especificaciones de soldadura (WPS)

		Especificación de Procedimiento de Soldadura (WPS) ASME Boiler and Pressure Vessel Code, Sección IX				Página 2 de 2																																				
PRECALENTAMIENTO (QW-406) Temperatura de Precalentamiento, Mínima 10°C Temperatura Entre Pases, Máxima Min. 10°C - Máx. 200°C Tiempo de Sostenerse --- Otros ---				GAS (QW-408) <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Protección</th> <th colspan="2">Porcentaje de Composición</th> </tr> <tr> <th>Gas (es)</th> <th>(Mezcla)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Respaldo</td> <td>---</td> <td>---</td> </tr> <tr> <td>Otros</td> <td>---</td> <td>---</td> </tr> </tbody> </table>				Protección	Porcentaje de Composición		Gas (es)	(Mezcla)	Respaldo	---	---	Otros	---	---																								
Protección	Porcentaje de Composición																																									
	Gas (es)	(Mezcla)																																								
Respaldo	---	---																																								
Otros	---	---																																								
CARACTERÍSTICAS ELECTRICAS (QW-409) <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Paso (s) de Soldador</th> <th rowspan="2">Proceso</th> <th colspan="2">Metal de Aporte</th> <th rowspan="2">Tipo de Corriente y Polaridad</th> <th rowspan="2">Amps (Rango)</th> <th rowspan="2">Velocidad de Alimentación</th> <th rowspan="2">Energía o Poder (Rango)</th> <th rowspan="2">Volts (Rango)</th> <th rowspan="2">Velocidad de Avance (mm/min)</th> <th rowspan="2">Otros (Comentarios, Técnica, etc.)</th> </tr> <tr> <th>Clasificación</th> <th>Diámetro</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1 Raíz</td> <td>SMAW</td> <td>E6010</td> <td>3.25 mm</td> <td>DC EP</td> <td>71 - 86</td> <td>---</td> <td>---</td> <td>24 - 30</td> <td>48 - 76</td> <td>Ascendente</td> </tr> <tr> <td>2 - n</td> <td>SMAW</td> <td>E7018</td> <td>2.50 mm</td> <td>DC EP</td> <td>84 - 100</td> <td>---</td> <td>---</td> <td>22 - 24</td> <td>70 - 112</td> <td>Ascendente</td> </tr> </tbody> </table>								Paso (s) de Soldador	Proceso	Metal de Aporte		Tipo de Corriente y Polaridad	Amps (Rango)	Velocidad de Alimentación	Energía o Poder (Rango)	Volts (Rango)	Velocidad de Avance (mm/min)	Otros (Comentarios, Técnica, etc.)	Clasificación	Diámetro	1 Raíz	SMAW	E6010	3.25 mm	DC EP	71 - 86	---	---	24 - 30	48 - 76	Ascendente	2 - n	SMAW	E7018	2.50 mm	DC EP	84 - 100	---	---	22 - 24	70 - 112	Ascendente
Paso (s) de Soldador	Proceso	Metal de Aporte		Tipo de Corriente y Polaridad	Amps (Rango)	Velocidad de Alimentación	Energía o Poder (Rango)			Volts (Rango)	Velocidad de Avance (mm/min)								Otros (Comentarios, Técnica, etc.)																							
		Clasificación	Diámetro																																							
1 Raíz	SMAW	E6010	3.25 mm	DC EP	71 - 86	---	---	24 - 30	48 - 76	Ascendente																																
2 - n	SMAW	E7018	2.50 mm	DC EP	84 - 100	---	---	22 - 24	70 - 112	Ascendente																																
Corriente Pulsada --- Entrada de Calor (Máxima) --- kJ/mm Tamaño y Tipo de Electrodo de Tungsteno --- Modo de transferencia GMAW (FCAW) --- Otros ---																																										
TÉCNICA (QW-410) Recto u Oscilado Ambos, según se requiera. Tamaño de Orificio de Tobera o Copa de Gas --- Limpieza Inicial e Interpases (Amolado, Escobillado, etc.) Las superficies a soldar deben estar libres de impurezas como óxidos, pintura o polvo. Remover estas impurezas a una distancia de 50 mm desde el borde el bisel y aplicando disco abrasivo y escobilla circular. Método de Resanado Cuando sea requerido realizar resanado, aplicar amolado con disco abrasivo y posterior limpieza con escobilla. Oscilación Según se requiera, sin embargo tener en cuenta que la oscilación transversal deberá ser como máximo 8 mm. Distancia de la Punta de Contacto a la Pieza de Trabajo --- Pase Simple o Múltiple (Por Lado) Simple o Múltiple, según se requiera Electrodo Simple o Múltiple Simple Espaciado Entre Electrodo(s) --- Longitudinal --- Lateral --- Angulo --- Martilleo --- Otros ---																																										


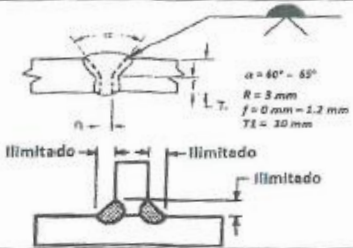
Este Documento debe ser hecho al Teléfono: 054-234441 - RPC: 991372923 Includo el Número Correlativo




 Luis Ivan Ramos Huacan
 CWI 15015941
 QC1 EXP. 1/1/2021
 22 JUN. 2018

Fabricante o Constratista:		Autorizado:		Certificado por:	
Nombre	Sup. Claudia Cahuana Mamani	Nombre	_____	Nombre	Inspector Luis Ramos Huacan
Firma	_____	Firma	_____	Firma	_____
Título	Supervisor de Control de Calidad	Título	_____	Título	CWI Cert. No 15015941
Fecha	_____	Fecha	_____	Fecha	_____


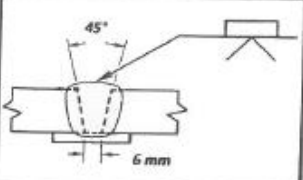
ANEXO XXX: Especificaciones de soldadura (WPS)

	Especificación de Procedimiento de Soldadura (WPS) ASME Boiler and Pressure Vessel Code, Sección IX	Página 1 de 2																																																			
Nombre de la Compañía: <u>PRODISE S.R.L.</u> Por: <u>Ing. Renzo Portugal</u> Dirección de la Compañía: <u>---</u> Identificación del WPS: <u>WPS-PRODISE-01-2015</u> Fecha: <u>27/07/2015</u> Identificación del PQR: <u>PQR-RMD-01-2015</u> Revisión No.: <u>1</u> Fecha: <u>27/07/2015</u> Proceso (s) de Soldadura: Proceso 1 <u>GMAW-S</u> Tipo de Proceso: <u>Semi automático</u> Proceso 2 <u>FCAW-G</u> Tipo de Proceso: <u>Semi automático</u>																																																					
DISEÑO DE JUNTA (S) Diseño de Junta: <u>Junta a Tope // Junta en T // Junta a Solape</u> Abertura de Raíz: <u>Junta a Tope 3 mm</u> Respaldo: Sí <input type="radio"/> No <input checked="" type="radio"/> Material de Respaldo (Tipo): Metal <input type="radio"/> Otros <input type="radio"/> No Metalico <input type="radio"/> Bocetos, dibujos de producción, símbolos de soldadura, o descripción escrita debe mostrar la disposición general de las piezas a soldar. Donde sea aplicable, los detalles de la soldadura de ranura puede ser especificada.																																																					
METAL (ES) BASE (QW-403) P No.: <u>1</u> Grupo No.: <u>1</u> Especificación de material: <u>---</u> Tipo o Grado: <u>---</u> Soldado a P No.: <u>1</u> Grupo No.: <u>1</u> Especificación de material: <u>---</u> Tipo o Grado: <u>---</u> o Análisis Químico y Propiedades Mecánicas: <u>---</u> Soldado a Análisis Químico y Propiedades Mecánicas: <u>---</u> Rango de Espesor Calificado mm (in): Metal Base: Ranura <u>Mínimo 5 mm - Máximo 20.62 mm</u> Filete <u>ilimitado</u> Máximo Espesor por Pase \leq 13 mm: Sí <input checked="" type="radio"/> No <input type="radio"/> Otros: <u>n.a.</u>																																																					
METAL (ES) DE APORTE (QW-404) <table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th></th> <th style="text-align: center;">1</th> <th style="text-align: center;">2</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Especificación SFA:</td> <td style="text-align: center;">SFA 5.18</td> <td style="text-align: center;">SFA 5.20</td> </tr> <tr> <td>Clasificación AWS:</td> <td style="text-align: center;">ER70S-6</td> <td style="text-align: center;">E71T-1C/M</td> </tr> <tr> <td>Metal de Aporte F No.:</td> <td style="text-align: center;">F No 6</td> <td style="text-align: center;">F No 6</td> </tr> <tr> <td>Metal de Soldadura A No.:</td> <td style="text-align: center;">A No 1</td> <td style="text-align: center;">A No 1</td> </tr> <tr> <td>Tamaño de Metal de Aporte:</td> <td style="text-align: center;">1.0 mm</td> <td style="text-align: center;">1.2 mm</td> </tr> <tr> <td>Forma de Prod. de Metal de Aporte:</td> <td style="text-align: center;">Varilla Sólida</td> <td style="text-align: center;">Alambre tubular</td> </tr> <tr> <td>Metal de Aporte Suplementario:</td> <td style="text-align: center;">---</td> <td style="text-align: center;">---</td> </tr> <tr> <td>Metal de Soldadura:</td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td> Espesor depositado:</td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td> Ranura</td> <td style="text-align: center;">Hasta 5 mm</td> <td style="text-align: center;">Hasta 15.62 mm</td> </tr> <tr> <td> Filete</td> <td style="text-align: center;">Hasta 5 mm</td> <td style="text-align: center;">ilimitado</td> </tr> <tr> <td>Clasificación Electrodo - Fundente:</td> <td style="text-align: center;">---</td> <td style="text-align: center;">---</td> </tr> <tr> <td>Tipo de Fundente:</td> <td style="text-align: center;">---</td> <td style="text-align: center;">---</td> </tr> <tr> <td>Nombre Comercial de Fundente:</td> <td style="text-align: center;">---</td> <td style="text-align: center;">---</td> </tr> <tr> <td>Inserto Consumible:</td> <td style="text-align: center;">---</td> <td style="text-align: center;">---</td> </tr> <tr> <td>Otros:</td> <td style="text-align: center;">MIGFIL PS 6-GC</td> <td style="text-align: center;">EXATUB 71T-1</td> </tr> </tbody> </table>				1	2	Especificación SFA:	SFA 5.18	SFA 5.20	Clasificación AWS:	ER70S-6	E71T-1C/M	Metal de Aporte F No.:	F No 6	F No 6	Metal de Soldadura A No.:	A No 1	A No 1	Tamaño de Metal de Aporte:	1.0 mm	1.2 mm	Forma de Prod. de Metal de Aporte:	Varilla Sólida	Alambre tubular	Metal de Aporte Suplementario:	---	---	Metal de Soldadura:			Espesor depositado:			Ranura	Hasta 5 mm	Hasta 15.62 mm	Filete	Hasta 5 mm	ilimitado	Clasificación Electrodo - Fundente:	---	---	Tipo de Fundente:	---	---	Nombre Comercial de Fundente:	---	---	Inserto Consumible:	---	---	Otros:	MIGFIL PS 6-GC	EXATUB 71T-1
	1	2																																																			
Especificación SFA:	SFA 5.18	SFA 5.20																																																			
Clasificación AWS:	ER70S-6	E71T-1C/M																																																			
Metal de Aporte F No.:	F No 6	F No 6																																																			
Metal de Soldadura A No.:	A No 1	A No 1																																																			
Tamaño de Metal de Aporte:	1.0 mm	1.2 mm																																																			
Forma de Prod. de Metal de Aporte:	Varilla Sólida	Alambre tubular																																																			
Metal de Aporte Suplementario:	---	---																																																			
Metal de Soldadura:																																																					
Espesor depositado:																																																					
Ranura	Hasta 5 mm	Hasta 15.62 mm																																																			
Filete	Hasta 5 mm	ilimitado																																																			
Clasificación Electrodo - Fundente:	---	---																																																			
Tipo de Fundente:	---	---																																																			
Nombre Comercial de Fundente:	---	---																																																			
Inserto Consumible:	---	---																																																			
Otros:	MIGFIL PS 6-GC	EXATUB 71T-1																																																			
POSICIÓN (QW-405) Posición de ranura: <u>Todas</u> Posición de filete: <u>Todas</u> Progresión Vertical: Ascendente <input checked="" type="radio"/> Descendente <input type="radio"/> Otros: <u>---</u>		TRATAMIENTO TÉRMICO POST-SOLDEO (QW-407) Sostenimiento de Rango de Temp. °C (°F): <u>---</u> Tiempo de Sostenimiento de Temp.: <u>---</u> Velocidad de Calentamiento °C/hr (°F/hr): <u>---</u> Método: <u>---</u> Velocidad de Enfriamiento °C/hr (°F/hr): <u>---</u> Método: <u>---</u>																																																			


Luis Ivan Ramos Muscarello
 CWI 15015041
 QC1 EXP 1/1/2018
 27 JUL 2015

Certificado de Conformidad Soldadura
 Teléfono: 064-234441 - RPC: 9913/2592
 Indicado el Número Comisivo
953-2015-L12

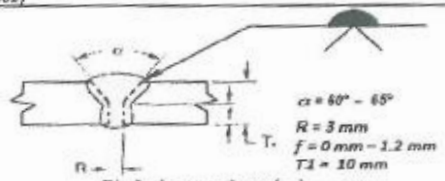

ANEXO XXXII: Especificaciones de soldadura (WPS)

		ESPECIFICACIÓN DE PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA (WPS) <small>Según Código AWS D1.1/D1.1M Edición 2015</small>		Página 1 de 1											
Nombre de la Compañía: <u>PRODIS S.R.L.</u> Proyecto: _____ Proceso (s) de Soldadura: <u>FCAW-G (Gas Shielded - Flux Cored Arc Welding)</u> POR de Soporte: <u>N.A.</u>		Identificación: <u>WPS-PRODIS-1-17</u> Revisión: <u>0</u> Fecha: <u>17/06/2017</u> Por: <u>Luis Ramos Huacón</u> Autorizado por: <u>Sup. Claudia Cahuana Mamari</u> Fecha: <u>17/06/2017</u>		Tipo: Manual <input type="checkbox"/> Semi-Automático <input checked="" type="checkbox"/> Máquina: <input type="checkbox"/> Automático <input type="checkbox"/>											
DISÑO (S) DE JUNTA Tipo: <u>B-U2a-GF (Junta a Tope - Soldadura de Ranura en V)</u> Simple <input checked="" type="checkbox"/> Soldadura Doble <input type="checkbox"/> Respaldo: Si <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Material de respaldo: <u>ASTM A 36 (Ver 5.2.2.2)</u> Abertura de Ralz: <u>6 mm +2, -0</u> Dimensión de Cara de Ralz: <u>0 mm</u> Angulo de Ranura: <u>45° +10°, -0°</u> Radio (J - U): _____ Remoción de Ralz: Si <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/> Método: _____		POSICIÓN Posición de Ranura: <u>4G (Sobre Cabeza)</u> Filete: _____ Progresión Vertical: Ascendente <input type="checkbox"/> Descendente <input type="checkbox"/>		CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS Modo de Transferencia (GMAW): Corto Circuito <input type="checkbox"/> Globular <input type="checkbox"/> Rocío "Spray" <input type="checkbox"/> Corriente: AC <input type="checkbox"/> DC EP <input checked="" type="checkbox"/> DC EN <input type="checkbox"/> Pulsada <input type="checkbox"/> Fuente de Alimentación: CC <input type="checkbox"/> CV <input checked="" type="checkbox"/> Otro: _____											
METALES BASE Espec. de Material: <u>Cualquier Acero del Grupo I con cualquier acero del Grupo I</u> Tipo o Grado: _____ Espesor (es): Ranura <u>Mínimo 3 hasta 20 mm</u> Filete: _____ Diámetro (Tubería): _____		TÉCNICA Cordon Estrecho u Oscilado: <u>Estrecho u Oscilado, según sea requiedo</u> Pase Simple o Multipase (Por Lado): <u>Ambos, según se requiera</u> Número de Electrodo: _____ Separación de Electrodo: Longitudinal: _____ Lateral: _____ Angulo: _____ Distancia del Tubo de Contacto a la Pieza de Trabajo: <u>10 - 14 mm (Stick Out)</u> Martileo: _____ Limpieza entre pases: <u>Limpieza mecánica - Disco Abrasivo y Escobilla Circular</u>		TRATAMIENTO TÉRMICO POST SOLDADURA Temperatura: _____ Tiempo: _____											
METALES DE APORTE Especificación AWS: <u>AWS A 5.20</u> Clasificación AWS: <u>E71T-1C</u> Nombre comercial: <u>SOLDATUB 71T-1</u>		PROTECCIÓN Fundente: _____ Electrodo-Fundente (Clase): _____ Gas: <u>CO2</u> Composición: <u>100% CO2</u> Tasa de Flujo: <u>20 lts/min. (+50%, -25%)</u> Tamaño de Copa de Gas: <u>19 mm</u>		PRECALENTAMIENTO <table border="1"> <thead> <tr> <th>Esesor</th> <th>Temperatura (°C)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Desde 3 mm a 20 mm incluido</td> <td>0 °C</td> </tr> <tr> <td>Mayor a 20 hasta 38 mm incluido</td> <td>10 °C</td> </tr> <tr> <td>Mayor a 38 mm hasta 65 mm incluido</td> <td>65 °C</td> </tr> <tr> <td>Mayor a 65 mm</td> <td>110 °C</td> </tr> </tbody> </table>		Esesor	Temperatura (°C)	Desde 3 mm a 20 mm incluido	0 °C	Mayor a 20 hasta 38 mm incluido	10 °C	Mayor a 38 mm hasta 65 mm incluido	65 °C	Mayor a 65 mm	110 °C
Esesor	Temperatura (°C)														
Desde 3 mm a 20 mm incluido	0 °C														
Mayor a 20 hasta 38 mm incluido	10 °C														
Mayor a 38 mm hasta 65 mm incluido	65 °C														
Mayor a 65 mm	110 °C														
PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA															
Pase o Cape (a) de Soldadura	Proceso	Metal (es) de aporte		Corriente		Voltios	Velocidad de Avance mm/minuto	Detalle de Junta							
		Clase	Diámetro	Tipo y Polaridad	Amperios o Velocidad de alimentación de alambre										
1	FCAW-G	E71T-1C	1.2 mm	DC EP	190 +/-10%	24 +/- 15%	180 +/-25%								
2 - n	FCAW-G	E71T-1C	1.2 mm	DC EP	190 +/-10%	24 +/- 15%	180 +/-25%								

Cualquier Consulta Sobre la Autenticidad de este Documento Debe Ser Hecha al Teléfono: 051-2044441 - RUC: 201702020 Indicado el Número Correlativo
 976-17-LR


 Luis Ivan Ramos Huacón
 CWI 150 5941
 OCT EXP. 11/2016
 17 JUN. 2017

ANEXO XXXIII: Registro de Calificación de Procedimiento (PQR)

SOLDEXA	Registro de Calificación de Procedimiento (PQR) ASME Boiler and Pressure Vessel Code, Sección IX	Página 1 de 2																																																																							
Nombre de la Compañía: <u>SOLDEX S.A.</u> Dirección de la Compañía: <u>Cayetano Arenas 142 - Parque Industrial de Arequipa</u> Registro de Calificación de Procedimiento No.: <u>100-12-RC-LR</u> Fecha: <u>26/10/2012</u> Identificación: <u>PQR-RMD-01-2012</u> Proceso (s) de Soldadura: <u>Proceso 1 GMAW-S</u> Tipo de Proceso: <u>Semi automático</u> <u>Proceso 2 FCAW-G</u> Tipo de Proceso: <u>Semi automático</u>																																																																									
DISÑO DE JUNTA (S) (QW-402) 																																																																									
METAL (ES) BASE (QW-403) Espec. de Material: <u>SA 53</u> Tipo o Grado: <u>Grado B</u> Soldado a Espec. de Material: <u>SA 53</u> Tipo o Grado: <u>Grado B</u> P No. <u>1</u> Grupo No. <u>1</u> a P No. <u>1</u> Grupo No. <u>1</u> Espesor de Cupón de Ensayo: Ranura mm (in): <u>10.31 mm</u> Filete mm (in): <u>---</u> Diámetro de Tubo mm (in): <u>323.8 mm</u> Máximo espesor depositado por pase: <u>4 mm</u> Otros: <u>Cédula 40</u>	TRATAMIENTO TÉRMICO POST-SOLDEO (QW-407) Sostenimiento de Rango de Temp. °C (°F): <u>---</u> Tiempo de Sostenimiento de Temp.: <u>---</u> Velocidad de Calentamiento °C/hr (°F/hr): <u>---</u> Método: <u>---</u> Velocidad de Enfriamiento °C/hr (°F/hr): <u>---</u> Método: <u>---</u>	GAS (QW-408) <table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Protección:</th> <th colspan="3">Porcentaje de Composición</th> </tr> <tr> <th>Gas (es)</th> <th>(Mezcla)</th> <th>Caudal l/min.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Respaldo:</td> <td>Argón - CO2</td> <td>80-20</td> <td>20 - 30 l/min</td> </tr> <tr> <td>Otros:</td> <td>---</td> <td>---</td> <td>---</td> </tr> </tbody> </table>	Protección:	Porcentaje de Composición			Gas (es)	(Mezcla)	Caudal l/min.	Respaldo:	Argón - CO2	80-20	20 - 30 l/min	Otros:	---	---	---																																																								
Protección:	Porcentaje de Composición																																																																								
	Gas (es)	(Mezcla)	Caudal l/min.																																																																						
Respaldo:	Argón - CO2	80-20	20 - 30 l/min																																																																						
Otros:	---	---	---																																																																						
METAL (ES) DE APORTE (QW-404) <table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th></th> <th>1</th> <th>2</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Especificación SFA:</td> <td>SFA 5.18</td> <td>SFA 5.20</td> </tr> <tr> <td>Clasificación AWS:</td> <td>ER70S-6</td> <td>E71T-1C/M</td> </tr> <tr> <td>Metal de Aporte F No.:</td> <td>F No 6</td> <td>F No 6</td> </tr> <tr> <td>Metal de Soldadura A No.:</td> <td>A No 1</td> <td>A No 1</td> </tr> <tr> <td>Tamaño de Metal de Aporte:</td> <td>1.0 mm</td> <td>1.2 mm</td> </tr> <tr> <td>Forma de Prod. de Metal de Aporte:</td> <td>A. Sólido</td> <td>A. Tubular</td> </tr> <tr> <td>Metal de Aporte Suplementario:</td> <td>---</td> <td>---</td> </tr> <tr> <td>Clasificación Electrodo - Fundente:</td> <td>---</td> <td>---</td> </tr> <tr> <td>Tipo de Fundente:</td> <td>---</td> <td>---</td> </tr> <tr> <td>Nombre Comercial de Fundente:</td> <td>---</td> <td>---</td> </tr> <tr> <td>Espesor de Metal de Soldadura:</td> <td>4 mm</td> <td>6.31 mm</td> </tr> <tr> <td>Otros:</td> <td>MIGFIL F6-GC</td> <td>EXATUB 717-1</td> </tr> </tbody> </table>		1	2	Especificación SFA:	SFA 5.18	SFA 5.20	Clasificación AWS:	ER70S-6	E71T-1C/M	Metal de Aporte F No.:	F No 6	F No 6	Metal de Soldadura A No.:	A No 1	A No 1	Tamaño de Metal de Aporte:	1.0 mm	1.2 mm	Forma de Prod. de Metal de Aporte:	A. Sólido	A. Tubular	Metal de Aporte Suplementario:	---	---	Clasificación Electrodo - Fundente:	---	---	Tipo de Fundente:	---	---	Nombre Comercial de Fundente:	---	---	Espesor de Metal de Soldadura:	4 mm	6.31 mm	Otros:	MIGFIL F6-GC	EXATUB 717-1	CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS (QW-409) <table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th></th> <th>1</th> <th>2</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Corriente (AC, DCEP, DCEN):</td> <td>DC EP</td> <td>DC EP</td> </tr> <tr> <td>Fuente de Poder (CC, CV):</td> <td>CV</td> <td>CV</td> </tr> <tr> <td>Amps (Rango):</td> <td>120 - 136</td> <td>150 - 190</td> </tr> <tr> <td>Volts (Rango):</td> <td>16 - 18</td> <td>22 - 24</td> </tr> <tr> <td>Entrada de Calor (kJ/mm)</td> <td>1.0</td> <td>1.7</td> </tr> <tr> <td>Tamaño de Electrodo de Tungsteno (GTAW):</td> <td>---</td> <td>---</td> </tr> <tr> <td>Tipo de Tungsteno:</td> <td>---</td> <td>---</td> </tr> <tr> <td>Modo de transferencia para GMAW (FCAW):</td> <td colspan="2">Corto-Circuito <input checked="" type="radio"/> Globular <input type="radio"/></td> </tr> <tr> <td></td> <td colspan="2">Spray <input type="radio"/> Spray Pulsado <input type="radio"/></td> </tr> <tr> <td>Otros:</td> <td colspan="2">GMAW: Corto Circuito // FCAW: Globular</td> </tr> </tbody> </table>		1	2	Corriente (AC, DCEP, DCEN):	DC EP	DC EP	Fuente de Poder (CC, CV):	CV	CV	Amps (Rango):	120 - 136	150 - 190	Volts (Rango):	16 - 18	22 - 24	Entrada de Calor (kJ/mm)	1.0	1.7	Tamaño de Electrodo de Tungsteno (GTAW):	---	---	Tipo de Tungsteno:	---	---	Modo de transferencia para GMAW (FCAW):	Corto-Circuito <input checked="" type="radio"/> Globular <input type="radio"/>			Spray <input type="radio"/> Spray Pulsado <input type="radio"/>		Otros:	GMAW: Corto Circuito // FCAW: Globular	
	1	2																																																																							
Especificación SFA:	SFA 5.18	SFA 5.20																																																																							
Clasificación AWS:	ER70S-6	E71T-1C/M																																																																							
Metal de Aporte F No.:	F No 6	F No 6																																																																							
Metal de Soldadura A No.:	A No 1	A No 1																																																																							
Tamaño de Metal de Aporte:	1.0 mm	1.2 mm																																																																							
Forma de Prod. de Metal de Aporte:	A. Sólido	A. Tubular																																																																							
Metal de Aporte Suplementario:	---	---																																																																							
Clasificación Electrodo - Fundente:	---	---																																																																							
Tipo de Fundente:	---	---																																																																							
Nombre Comercial de Fundente:	---	---																																																																							
Espesor de Metal de Soldadura:	4 mm	6.31 mm																																																																							
Otros:	MIGFIL F6-GC	EXATUB 717-1																																																																							
	1	2																																																																							
Corriente (AC, DCEP, DCEN):	DC EP	DC EP																																																																							
Fuente de Poder (CC, CV):	CV	CV																																																																							
Amps (Rango):	120 - 136	150 - 190																																																																							
Volts (Rango):	16 - 18	22 - 24																																																																							
Entrada de Calor (kJ/mm)	1.0	1.7																																																																							
Tamaño de Electrodo de Tungsteno (GTAW):	---	---																																																																							
Tipo de Tungsteno:	---	---																																																																							
Modo de transferencia para GMAW (FCAW):	Corto-Circuito <input checked="" type="radio"/> Globular <input type="radio"/>																																																																								
	Spray <input type="radio"/> Spray Pulsado <input type="radio"/>																																																																								
Otros:	GMAW: Corto Circuito // FCAW: Globular																																																																								
POSICIÓN (QW-405) Posición de ranura: <u>6G (Tras)</u> Posición de filete: <u>---</u> Progresión Vertical: Ascendente <input checked="" type="radio"/> Descendente <input type="radio"/> Otros: <u>---</u>	TECNICA (QW-140) <table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th></th> <th>1</th> <th>2</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Velocidad de Avance (mm/min):</td> <td>160</td> <td>160</td> </tr> <tr> <td>Recto u Oscilado:</td> <td>Ambos</td> <td>Ambos</td> </tr> <tr> <td>Ancho de Oscilación:</td> <td>Lo requerido</td> <td>Lo requerido</td> </tr> <tr> <td>Pase Simple o Múltiple (Por Lado):</td> <td>Simple</td> <td>Múltiple</td> </tr> <tr> <td>Electrodo Simple o Múltiple:</td> <td>Simple</td> <td>Simple</td> </tr> <tr> <td>Espaciado entre electrodos:</td> <td colspan="2">Longitudinal: <u>---</u></td> </tr> <tr> <td></td> <td colspan="2">Lateral: <u>---</u></td> </tr> <tr> <td></td> <td colspan="2">Angulo: <u>---</u></td> </tr> <tr> <td>Limpieza entre pases:</td> <td>Escobilla C.</td> <td>Amolado</td> </tr> </tbody> </table>		1	2	Velocidad de Avance (mm/min):	160	160	Recto u Oscilado:	Ambos	Ambos	Ancho de Oscilación:	Lo requerido	Lo requerido	Pase Simple o Múltiple (Por Lado):	Simple	Múltiple	Electrodo Simple o Múltiple:	Simple	Simple	Espaciado entre electrodos:	Longitudinal: <u>---</u>			Lateral: <u>---</u>			Angulo: <u>---</u>		Limpieza entre pases:	Escobilla C.	Amolado																																										
	1	2																																																																							
Velocidad de Avance (mm/min):	160	160																																																																							
Recto u Oscilado:	Ambos	Ambos																																																																							
Ancho de Oscilación:	Lo requerido	Lo requerido																																																																							
Pase Simple o Múltiple (Por Lado):	Simple	Múltiple																																																																							
Electrodo Simple o Múltiple:	Simple	Simple																																																																							
Espaciado entre electrodos:	Longitudinal: <u>---</u>																																																																								
	Lateral: <u>---</u>																																																																								
	Angulo: <u>---</u>																																																																								
Limpieza entre pases:	Escobilla C.	Amolado																																																																							
Precaentamiento (QW-406) Temperatura de Precaentamiento °C (°F): <u>Min. 10 °C</u> Temperatura de Entre-pases °C (°F): <u>Máx. 250 °C</u> Otros: <u>---</u>																																																																									
 Luis Ivan Ramos Huesca AWS CWI 15015941 QC1 EXP. 1/1/2018																																																																									

Cualquier Consulta, Solicite la Autenticación de este Documento Debo Ser Hecha al Teléfono: 054-234441 - R.P.C. 991372823 Intificado al Número Correo 954-2015-LR

ANEXO XXXIV: Registros de Calificación de Procedimiento (PQR)

SOLDEXA	Registro de Calificación de Procedimiento (PQR) ASME Boiler and Pressure Vessel Code, Sección IX	Página 2 de 2
----------------	---	---------------

RESULTADO DE LOS ENSAYOS	Identificación de PQR: <u>PQR-RMD-01-2012</u>
---------------------------------	---

ENSAYO DE TRACCIÓN (QW-150)

Especimen No.	Ancho mm (in)	Espesor mm (in)	Área mm (in)	Carga de Ruptura Total (N)	Última Unidad de Esfuerzo Mpa (psi)	Tipo de Falla y Localización
T-01-RMD	19.51	9.93	193.7	103 257	533.0	Material Base
T-02-RMD	19.68	9.89	194.6	104 271	536.0	Material Base
---	---	---	---	---	---	---
---	---	---	---	---	---	---

ENSAYOS DE DOBLES GUIADO (QW-160)

Especimen No.	Tipo de Dobles	Resultados	Observaciones
DC 01	DC	Aceptado	Los especímenes doblados cumplen con los requerimientos
DC 02	DC	Aceptado	Los especímenes doblados cumplen con los requerimientos
DR 01	DR	Aceptado	Los especímenes doblados cumplen con los requerimientos
DR 02	DR	Aceptado	Los especímenes doblados cumplen con los requerimientos

ENSAYO DE TENACIDAD (QW-170)

Especimen No.	Ubicación de muesca	Tamaño de espécimen mm x mm (in x in)	Temperatura de Ensayo °C (°F)	Valores de Impacto Joule J (ft-lb)	Exp. Lateral		Caída de Peso de Rotura Si/No
					% Cizalle	mm/mm	
---	---	---	---	---	---	---	---
---	---	---	---	---	---	---	---
---	---	---	---	---	---	---	---
---	---	---	---	---	---	---	---

Comentarios (Tipo de muesca, etc.):

RESULTADOS DE ENSAYOS DE SOLD. DE FILETE (QW-180)	Otros Ensayos (Notas):
Resultado satisfactorio: ---	No se requieren pruebas adicionales.
Penetración en el Metal Base: ---	
Resultados de Macro Ataque: ---	

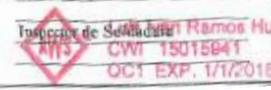
Examinación Radiográfica - Ultrasonido

No. de Reporte RT: ---	Resultado: ---
No. de Reporte UT: ---	Resultado: ---

Nombre de Soldador: <u>Jimmy Cabana Centeno</u>	Tiempo No.: <u>60 min</u>	Estampa: <u>W-JCC</u>	
Ensayos conducidos por: <u>SOLDEX S.A.</u>	No. de Ensayo de Laboratorio: <u>100-12-RE-LR // ET-2012-365</u>		



Noaotros, los firmantes, certificamos que lo expuesto en este registro es correcto y que el cupon fue preparado, soldado y ensayado de acuerdo con los requerimientos de la sección IX del Código ASME Boiler and Pressure Vessel Code.

Fabricante o Contratista:	Autorizado por:	Certificado Per:
Nombre: _____	Nombre: <u>Jesús Estrada Zambrano</u>	Nombre: <u>Luis Ramos Huesca</u>
Firma: _____	Firma: _____	Firma: _____
Título: _____	Título: <u>Sub Gerente Zona Sur</u>	Título: <u>Inspector de Soldadura</u>
Fecha: _____	Fecha: _____	Fecha: _____



Cualquier Consulta Sobre la Autenticidad de este Documento, Debe Ser Hecha al Teléfono: 054-224441 - RPO: 891372922 Indicando el Número Correo 954-2015-LR

ANEXO XXXV: Registro de Calificación de Procedimiento (PQR)

SOLDEXA		INFORME DE ENSAYO DE TRACCION		CC-F-34				
LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACION INDECOPI-SNA CON REGISTRO N° LE-452		LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACION INDECOPI-SNA CON REGISTRO N° LE-452		Edición 04				
Nombre de Cliente : Referencia : Descripción de la Muestra : Fecha Informe : Informe de Ensayo N° :		Centro Tecnológico de Soldaduras - Arequipa Departamento Técnico de Arequipa Probetas Rectangulares 2012-11-02 ET-2012-365		 LABORATORIO DE PRIMERA PARTE				
Código	Ancho mm	Sección Transversal		CARGAS		TENSIONES		Alargamiento
		Diámetro / Espesor mm	Área mm ²	Fluencia N	Máxima N	Fluencia MPa	Máxima MPa	
T-01 RMD	19.51	9.93	193.73	54503	103257	281	533	% L ₀
T-02 RMD	19.66	9.89	194.64	54398	104271	279	536	
OBSERVACIONES : Material Base: API 5L Grado B Material de aporte: Raíz ER 70S-6 Ø 1.00mm / Resto E71 T-1 Ø 1.20mm Ambas probetas rompieron en el Material Base.								
Las dimensiones de la probeta S(X)Y No() cumplen con la norma: ASME IX Método de Ensayo : ASTM A 370-12 Equipo usado : TINIUS OLSEN SUPER L 120 Código Interno del equipo : CC-E-41 Temperatura de ensayo : 22.3°C Nombre del analista : E. Solís Fecha recepción muestra : 2012-10-31 Las muestras han sido suministradas por el solicitante				 Jefe de Alargamiento y Desarrollo de la Calidad Pedro Coloma				
La incertidumbre expandida es 1 MPa para un nivel de confianza al 95% y un K=2. Prohibida la reproducción total o parcial del reporte sin la autorización escrita del Laboratorio de SOLDEXA Los resultados de este informe solo son válidos para la muestra analizada.								
Antig Panamericana Sur Km 3a.5 Lima -Perú				Teléfono : 619 9600 Anexo 2230				



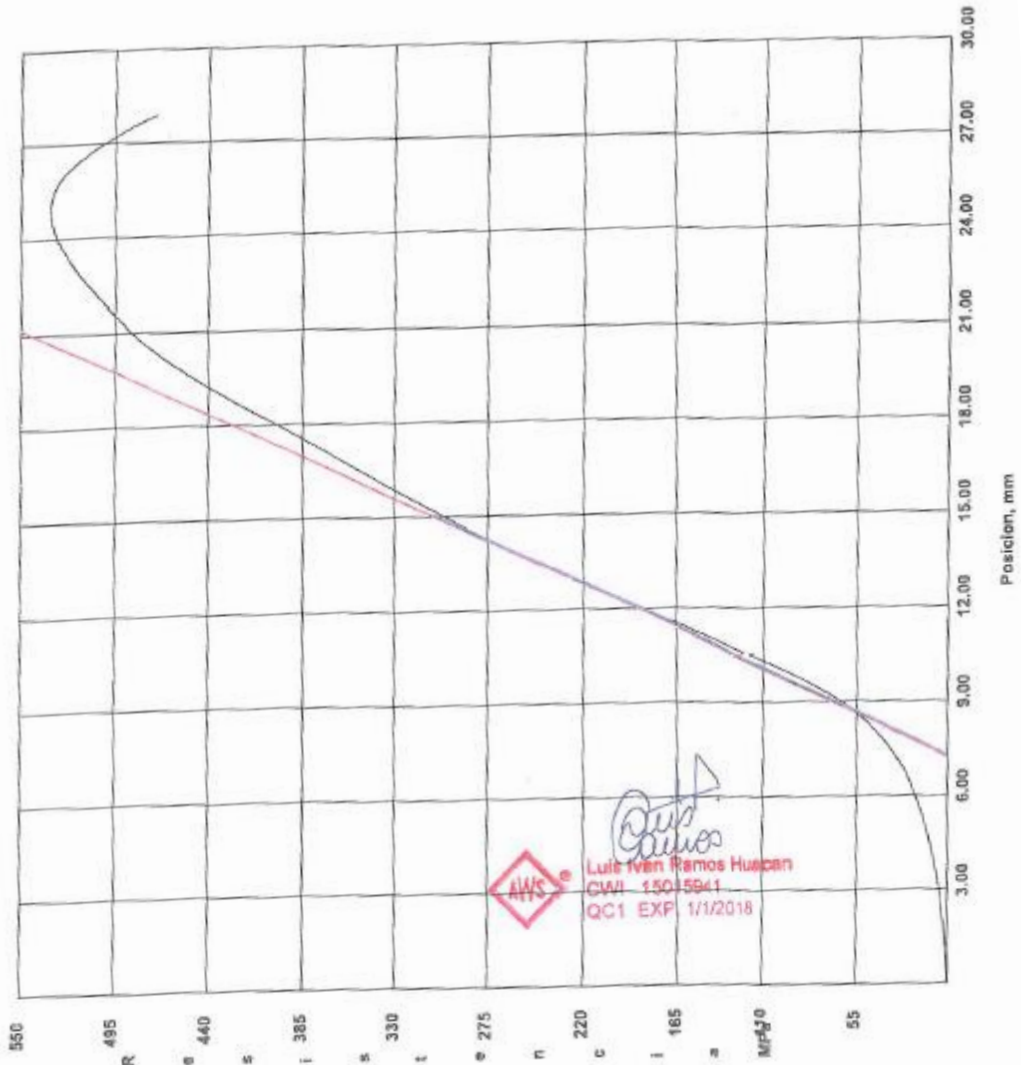
Luis Ivan Ramos Huacan
 CWI 15015941
 QC1 EXP. 1/1/2018

ANEXO XXXVI: Registro de Calificación de Procedimiento (PQR)

SOLDEXA
 Antigua Panamericana Sur, km 38.5
 LURIN - LIMA
 PERU

ASTM A370-12

Material	NA
Ensayista	E. Solis
Configuración de ensayo	Mil Tensile encoder plano Soldexa 09dez2010
Nº Ensayo:	ET-2012-365
Id. Muestra:	T-01 RMD
Ancho, mm:	19.51
Espesor, mm:	9.93
Area, mm²:	193.73
L. Fluencia, N:	54503
L. Fluencia, MPa:	281
Fuerza Maxima, N:	103257
R. Tracción, MPa:	533
Ult/YP:	1.89
Lo, mm:	0.00
Lf, mm:	0.00
Elongación, %:	0
Datos:	2012/11/01
Hora:	04:30
Temperatura:	22.3
Rotura:	Material Base

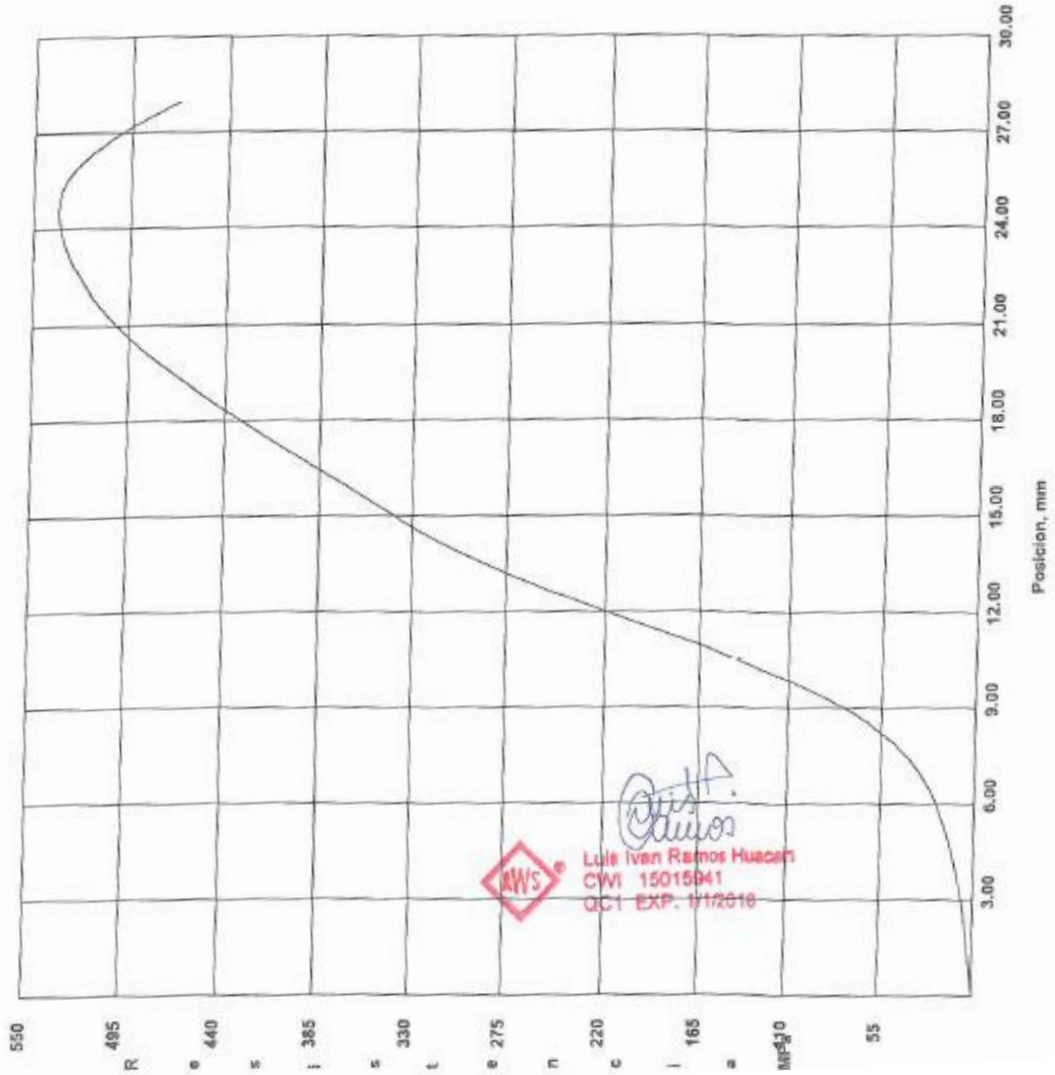


ANEXO XXXVIII: Registro de Calificación de Procedimiento (PQR)


SOLDEXA
 Antigua Panamericana Sur, km 38.5
 LURIN - LIMA
 PERU

ASTM A370-12

Material	NA
Ensayista	E. Solis
Configuración de ensayo	Mil Tensile encoder plano Soldexa 09dez2010
N° Ensayo:	ET-2012-365
Id. Muestra:	T-02 RMD
Ancho, mm:	19.68
Espesor, mm:	9.89
Area, mm²:	194.64
L. Fluencia, N:	54398
L. Fluencia, MPa:	279
Fuerza Maxima, N:	104271
R. Tracción, MPa:	536
UI/YP:	1.92
Lo, mm:	0.00
Lf, mm:	0.00
Elongación, %:	0
Datos:	2012/11/01
Hora:	04:36
Temperatura:	22.3
Rotura:	Material Base


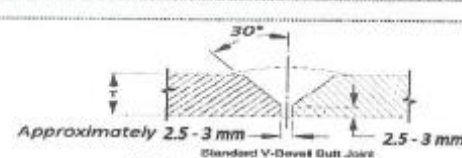


ANEXO XXXIX: Registro de Calificación de Procedimiento (PQR)

		Calificación de Desempeño de Soldador (WPQ) ASME Boiler and Pressure Vessel Code, Sección IX, QW-301		Hoja 1 de 1	
Nombre de la compañía: <u>PRODIS E S.R.L.</u> Dirección de la compañía: _____ Registro de Calificación de Desempeño de Soldador N°: <u>103-15-RC-LR</u> Fecha de Ensayo: <u>31/07/2015</u> Identificación de WPS: <u>WPS-PRODIS-01-2015</u> Revisión: <u>0</u> Nombre de Soldador: <u>Sandro Torres Castillo</u> Identificación: <u>46140763</u> Estampa: <u>W-41</u>					
METAL (ES) BASE P No.: <u>1</u> Grupo No.: <u>1</u> Especificación de material <u>SA 53</u> Tipo o Grado: <u>Grado B</u> Espesor: <u>8.18 mm</u> Soldador a _____ P No.: <u>1</u> Grupo No.: <u>1</u> Especificación de material <u>SA 53</u> Tipo o Grado: <u>Grado B</u> Espesor: <u>8.18 mm</u> <input checked="" type="radio"/> Cupón de Ensayo <input type="radio"/> Soldadura de Producción					
Variables de Soldadura (QW-350)					
Plancha o Tubería (Diámetro si es tubería mm)		Valores Actuales Tubería (Diámetro exterior de 219.1 mm)		Rango Calificado Plancha y tubo desde Ø 73 mm a Ilimitado	
Respaldo		Sin Respaldo		Sin y Con Respaldo	
Metales Base P-No a P-No		P No 1 a P No 1		P-No 1 hasta P-No 15F	
Proceso (s) de Soldadura		Primer Proceso		Segundo Proceso	
Tipo de proceso		GMAW-S		FCAW-G	
Posición de ensayo		Semi automático		Semi automático	
Ranura		1G (Plano)		P	
Filete		---		P, H	
Progresión vertical		---		---	
Especificación de Metal de Aporte (SFA)		SFA 5.18		SFA 5.20	
Clasificación de Metal de Aporte (AWS)		ER70S-6		E71T-1C/M	
Metal de Aporte F-No		F No 6		F No 6	
Forma de Producto de Metal de Aporte		Alambre sólido		Alambre Tubular	
Espesor de Metal Depositado mm		4.0 mm		Hasta 4.5 mm	
Inserto Consumible (GTAW, PAW)		---		Hasta 8.36 mm	
Modo de Transferencia (GMAW)		Corto Circuito		Globular	
Tipo de Corriente y Polaridad (GTAW)		DC EP		DC EP	
Gas Inerte de Respaldo (GTAW, PAW)		---		---	
Tipo de Gas Combustible (OFW)		---		---	
Resultado de la Examinación Visual de la Soldadura Completada (QW-302.4): Aceptable <input checked="" type="radio"/> Si <input type="radio"/> No Criterios Dado por ASME QW-194 <input checked="" type="radio"/> Dobles transversales de cara y raíz [QW-462.3(a)] <input type="radio"/> Dobles longitudinales [QW-462.3(b)] <input type="radio"/> Dobles de lado [QW-462.2] <input type="radio"/> Especimen de dobles en tubo, metal de soldadura superpuesto resistente a la corrosión [QW-462.5(c)] <input type="radio"/> Especimen de dobles en plancha, metal de soldadura superpuesto resistente a la corrosión [QW-462.5(d)] <input type="radio"/> Especimen de tubo, ensayo de macro ataque para ver la fusión [QW-462.5(b)] <input type="radio"/> Especimen de Plancha, ensayo de macrografía para ver la fusión [QW-462.5(e)]					
Resultado y Tipos de Ensayo de Dobles Guiado (QW-160)					
Tipo		Resultado		Tipo	
W-41-103-15-DC-1		Aceptado		W-41-103-15-DR-1	
W-41-103-15-DC-2		Aceptado		W-41-103-15-DR-2	
Resultados de la Examinación Volumétrica Alternativa (QW-19) --- <input type="radio"/> RT <input type="radio"/> UT					
Ensayos de Soldaduras de Filete (QW-180): <input type="radio"/> Plancha [QW-462.4 (b)] <input type="radio"/> Tubería a Plancha o Tubería a Tubería [QW-462.4 (c)]					
Ensayo de Fractura (QW-181.2): --- Longitud y Porcentaje de Defectos: ---					
Micro-examinación (QW-184): --- Tamaño de Filete mm: --- Concavidad/Convexidad: ---					
Película o Especímenes Evaluados Por: <u>Luis Ramos (CWI Cert. No 15015941)</u> Compañía: <u>SOLDEX S.A.</u>					
Ensayos Mecánicos Conducidos Por: <u>Luis Ramos (CWI Cert. No 15015941)</u> Ensayo de Laboratorio No.: <u>103-15-RE-LR</u>					
Soldadura Supervisada Por: <u>Luis Ramos (CWI Cert. No 15015941)</u>					
Nosotros, los firmantes, certificamos que lo expuesto en este registro es correcto y que los cupones fueron preparados, soldados y ensayados de acuerdo con los requerimientos de la sección IX del Código ASME Boiler and Pressure Vessel Code.					
Fabricante o Contratista:		Autorizado por:		Certificado Por:	
Nombre: <u>Claudia Cabuana Q.</u>		Nombre: _____		Nombre: <u>Luis Ramos Hualco</u>	
Firma: _____		Firma: _____		Firma: _____	
Título: <u>Sup. Control de Calidad</u>		Título: _____		Título: <u>6WBCert. No 15015941</u>	
Fecha: _____		Fecha: _____		Fecha: <u>31 JUL 2015</u>	

Contratar: Gobierno: Gobierno de Autoridades
 en solo Documento Datos Ser Hecho al
 Teléfono: 054-2264441 - R.P.C: 961372923
 Indicado al Número Correo
 955-2015-L2

ANEXO XXXIX: Registro de Calificación de Procedimiento (PQR)


 Registro de Calificación de Procedimiento (PQR) ASME Boiler and Pressure Vessel Code, Sección IX		Página 1 de 2																																									
Nombre de la Organización PRODISE S.R.L. Identificación: PQR-PROD-1-18 Revisión 0 Fecha 22/06/18 Reg. de Calificación de Procedimiento N. 129-18-RC-LR WPS No. WPS-PROD-1-18 Proceso (s) de Soldadura SMAW (Shielded Metal Arc Welding) Tipo (Manual, Automático, Semi-Automático) Manual																																											
JUNTAS (QW-402)  (Para combinación de calificaciones, los espesores de depósitos de metal de soldadura deben ser registrados por cada metal de aporte y proceso usado.)																																											
METAL (ES) BASE (QW-403) Espec. de Material SA 53 Tipo o Grado Grado B Espec. de Material SA 53 Tipo o Grado Grado B P No. 1 Gr. No. 1 a P No. 1 Gr. No. 1 Espesor del Cupón de Ensayo Ranura 7.11 mm Filete Diámetro del Cupón de Ensayo 168.3 mm (Diámetro exterior) Máximo Espesor Depositado por Pase 3.0 mm Otros ---		TRATAMIENTO TÉRMICO POST-SOLDEO (QW-407) Temperatura --- Tiempo --- Otros ---																																									
METAL (ES) DE APORTE (QW-404) Proceso (s) SMAW Especificación SFA SFA 5.1 Clasificación AWS E6010 Metal de Aporte F No. 3 Análisis de Metal de Soldadura A No. 1 Tamaño de Metal de Aporte 3.25 mm Forma de Prod. de Metal de Aporte E. Revestido Metal de Aporte Suplementario --- Clasificación Electrodo - Fundente --- Tipo de Fundente --- Nombre Comercial de Fundente --- Espesor de Metal de Soldadura 3.0 mm Otros Collocord PT Supercito		GAS (QW-408) <table border="1"> <thead> <tr> <th>Gas (es)</th> <th>(Mezcla)</th> <th>Caudal</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>---</td> <td>---</td> <td>---</td> </tr> <tr> <td>---</td> <td>---</td> <td>---</td> </tr> <tr> <td>---</td> <td>---</td> <td>---</td> </tr> </tbody> </table>		Gas (es)	(Mezcla)	Caudal	---	---	---	---	---	---	---	---	---																												
Gas (es)	(Mezcla)	Caudal																																									
---	---	---																																									
---	---	---																																									
---	---	---																																									
POSICION (ES) (QW-405) Posición (es) 6G (Todas) Progresión de Soldadura Asc. <input checked="" type="radio"/> Desc. <input type="radio"/> Otros ---		TECNICA (QW-410) Proceso (s) SMAW Velocidad de Avance Ver tabla Recto u Oscilado Oscilado Oscilación Según se requiera Pase Simple o Multipase (Por Lado) Multipase Electrodo Simple o Múltiple Simple Otros Las superficies adyacentes a la ranura a ambos lados de la junta deben estar exentas de polvo, pintura, óxidos u otra impureza que afecte la calidad de la unión soldada. La limpieza debe realizarse por métodos mecánicos o químicos.																																									
PRECALENTAMIENTO (QW-406) Temperatura de Precalentamiento Mínimo 10° C Temperatura Entre Pases Mín. 10° C - Máx. 200 °C Otros ---																																											
PARÁMETROS <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Pase</th> <th rowspan="2">Proceso</th> <th colspan="2">Metal de Aporte</th> <th colspan="2">Corriente</th> <th rowspan="2">Volts</th> <th rowspan="2">Velocidad de Avance</th> <th rowspan="2">Progresión</th> </tr> <tr> <th>Clasificación</th> <th>Diámetro</th> <th>Tipo y Polaridad</th> <th>Amp.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>SMAW</td> <td>E6010</td> <td>3.25 mm</td> <td>DC EP</td> <td>78</td> <td>24 - 30</td> <td>60 mm/minuto</td> <td>Ascendente</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>SMAW</td> <td>E7018</td> <td>2.50 mm</td> <td>DC EP</td> <td>88</td> <td>22 - 24</td> <td>80 mm/minuto</td> <td>Ascendente</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>SMAW</td> <td>E7018</td> <td>2.50 mm</td> <td>DC EP</td> <td>88</td> <td>22 - 24</td> <td>80 mm/minuto</td> <td>Ascendente</td> </tr> </tbody> </table>				Pase	Proceso	Metal de Aporte		Corriente		Volts	Velocidad de Avance	Progresión	Clasificación	Diámetro	Tipo y Polaridad	Amp.	1	SMAW	E6010	3.25 mm	DC EP	78	24 - 30	60 mm/minuto	Ascendente	2	SMAW	E7018	2.50 mm	DC EP	88	22 - 24	80 mm/minuto	Ascendente	3	SMAW	E7018	2.50 mm	DC EP	88	22 - 24	80 mm/minuto	Ascendente
Pase	Proceso	Metal de Aporte				Corriente		Volts	Velocidad de Avance				Progresión																														
		Clasificación	Diámetro	Tipo y Polaridad	Amp.																																						
1	SMAW	E6010	3.25 mm	DC EP	78	24 - 30	60 mm/minuto	Ascendente																																			
2	SMAW	E7018	2.50 mm	DC EP	88	22 - 24	80 mm/minuto	Ascendente																																			
3	SMAW	E7018	2.50 mm	DC EP	88	22 - 24	80 mm/minuto	Ascendente																																			



Luis Ivan Ramos Huacan
CWI 15015941
QC1 EXP. 1/1/2021
22 JUN. 2018

Cualquier Consulta Sobre la Autenticidad de este Documento Debe Ser Hecha al Teléfono: 041-234441 - RPPC: 991 372923 Inuzado al número Comisivo

ANEXO XXXIXI: Registro de Calificación de Procedimiento (PQR)

	Registro de Calificación de Procedimiento (PQR) ASME Boiler and Pressure Vessel Code, Sección IX	Página 2 de 2
---	---	---------------

PQR No PQR-PROD-1-18 Revisión 0

Ensayos de Tensión (QW-150)

Código de espécimen	Ancho (mm)	Espesor (mm)	Area (mm ²)	Ultima Carga Total (N)	Ultima Unidad de Esfuerzo (Psi o Mpa)	Tipo de Falla y Localización
T1	19.25	6.61	127.24	63 880 N	502 Mpa	Dúctil en Metal Base
T2	19.35	6.62	128.10	66677 N	521 Mpa	Dúctil en Metal Base
---	---	---	---	---	---	---

Ensayos de Dobles Guiado (QW-160)

Código de espécimen	Resultado
JCS80-129-18-DC-1	Aceptado
JCS80-129-18-DC-2	Aceptado
JCS80-129-18-DR-1	Aceptado
JCS80-129-18-DR-2	Aceptado

Ensayos de Impacto (QW-170)

Especimen No.	Localización de	Tamaño de Especimen	Temperatura de Ensayo	Valores de Impacto			Caída de Peso de Rotura Si/No
				ft-lb o J	% Cizalla	mm	
---	---	---	---	---	---	---	---
---	---	---	---	---	---	---	---
---	---	---	---	---	---	---	---

Comentarios ---

Ensayos de Soldadura de Filete (QW-180)

Resultados - Satisfactorio: Si No Penetración en el Metal: Si No
Resultados - Macrografía ---

Otros Ensayos

Tipo de Ensayo ---
Análisis de Depósito ---
Otro ---

Nombre de Soldador Juan Cruz Sivincha DNI 43109480 Tiempo 60 minutos Estampa No. JCS80
Ensayos Conducidos por SOLDEX S.A. Ensayo de Laboratorio No. ET-2018-150 // 129-18-RE-LR


Nosotros certificamos que lo indicado en este registro es correcto y que los ensayos de soldadura fueron preparados, soldados y ensavados de acuerdo con los requerimientos de la **Sección IX del Código ASME Boiler and Pressure Vessel Code.**

...quier Consultar Sobre la Autenticidad de este Documento Debe Ser Hecho al Teléfono: 094-234411 - RPC: 991372023 Inviacado al número Comalayo


 Luis Ivan Ramos Huacan
CWI 15015941
QC1 EXP. 1/1/2021

Fabricante o Contratista:	Autorizado:	Certificado por:
Nombre <u>Sup. Claudia Cahuana</u>	Nombre <u>Luis Ramos Huacan</u>	Nombre <u>Luis Ramos Huacan</u>
Firma <u>Supervisor de Control de Calidad</u>	Firma <u>---</u>	Firma <u>CWI Cert. No 15015941</u>
Título <u>---</u>	Título <u>---</u>	Título <u>---</u>
Fecha <u>---</u>	Fecha <u>---</u>	Fecha <u>22 JUN. 2018</u>

ANEXO XXXIXII: Registro de Calificación de Procedimiento (PQR)

SOLDEXA		REGISTRO DE CALIFICACIÓN QUALIFICATION RECORD		AQP-F-07 Edición 02	
Procedimiento/procedure <input checked="" type="checkbox"/>		Soldador/Welder <input type="checkbox"/>		Operador/Operator <input type="checkbox"/>	
Apuntador/Tack W. <input type="checkbox"/>					
1. DATOS GENERALES					
N° Registro / Record		129-18-RC-LR		Fecha/Date	
16/06/2018					
CTSol Arequipa <input checked="" type="checkbox"/>		OTROS <input type="checkbox"/>			
2. DATOS DEL CLIENTE					
EMPRESA/Company		PRODISE S.R.L.			
CONTACTO/contact:		Sup. Claudia Cahuana		TELÉFONO/phone Celular: 992 273 561	
3. DATOS DE LA CALIFICACIÓN					
PROYECTO		Soldado de tuberías según ASME B 31.3 Edición 2014		Estd. Fabricación / Std. Fabrication	
				ASME B 31.3 Ed.: 2014	
N° WPS		WPS-PROD-1-18		Estd. Calificación / Std. Qualification	
		N° PQR		PQR-PROD-1-18	
				ASME Secc. IX Ed. 201	
Estampas Medios de Medición:		Pinza Amperimetrica			
Pirómetro		Bridge Cam		AQP-MAQ-081	
		Otros:			
Fuente de poder / A. de alambre		Estampa N°		XMT 425 VS	
Gas de Protección / Respaldo		Estampa N°			
Material Base / Respaldo		Estampa N°			
Especif.		SA 53		Espesor	
Grado		Grado B		7.11	
		Diam. Ø:		168.3	
				Backweld	
				Backing	
				Posición	
				6G	
Mat. Aporte		Estampa N°		Cellocord PT // Supercito	
Especif.		SFA 5.1 // SFA 5.1		Diam. Ø:	
Clasif:		E6010 // E7018		3.25 // 2.50	
				F-No: 3 // 4	
				A-No: 1 // 1	
				Progresión/progrection:	
				Ascen <input checked="" type="checkbox"/> Descen. <input type="checkbox"/>	
				Proceso (s): SMAW	
4. EVALUADOS * Más detalles hoja adjunta o en la parte posterior / more details in forward paper or behind					
Item	Nombre y Apellidos / Name	DNI / ID	N° Estamp	Inspec. Visual *	Observaciones
1	Juan Cruz Sivincha	43109480	JCS80	C	---
2					
3					
4					
5					
6					
Código de defectos					
CNFC: Craters no filled complete (Cráteres sin relleno completo). WRNA: Weld reinforcement not acceptable (Refuerzo de soldadura no aceptable) IJP: Incomplete joint penetration (Prenetración de junta incompleta). U: Undercut not acceptable (socavación no aceptable). RC: Root concavity not acceptable (Concavidad de raíz no aceptable). WP: Weld Profile not acceptable (Perfil de soldadura no aceptable). FW: Fillet weld leg sizes not acceptable (Tamaño de la pierna de soldadura no aceptable).			C: Crack (Fisura). UF: Underfill (Bajo llenado). MT: Melt-through not acceptable. BT: Burn-through. OL: Overlap (Superposición) IF: Incomplete fusion (Fusión incompleta). P: Porosity (Porosidad).		
* Medidas en milímetros (Sizes in millimeters)			* Conforme (Pass) = C		
Ensayo Doblado y/o Nick Break <input checked="" type="checkbox"/>			Ensayo UT ó RT <input type="checkbox"/>		
VB			VB		
Nombre Cliente:		Sup. Claudia Cahuana		Nombre Soldexa:	
				Insp. Luis Ramos	
				16 JUN. 2018	
				 Luis Ivan Ramos Huacan CWI 15015941 QC1 EXP. 1/1/2021	

ANEXO XXXIXIII: Registro de Calificación de Procedimiento (PQR)

SOLDEXA	REGISTRO DE ENSAYO DE DOBLADO y NICK BREAK (Registration test Bend and Nick Break)	AQP-F-08
		Edición 02

N° INFORME (Report) : 129-18-RE-LR
 CLIENTE (Customer): PRODISE S.R.L.
 LUGAR DE PRUEBA (Laboratory): Centro Tecnológico de Soldadura de SOLDEX SA - Sede Arequipa
 REALIZADO POR (Conducted by): Insp. Luis Ramos
 FECHA DE ENSAYO (Date of test): 16/06/2018 N° de Registro de Calificación: 129-18-RC-LR

* TIPOS DE ENSAYO Y NÚMERO MUESTRAS (Type of test and numbers of Specimens):

DTC: Dobles transversal de cara (Transverse face bend) 2 **DL:** Dobles de lado (Side bend) ---
DTR: Dobles transversal de raíz (Transverse root bend) 2 **RSF:** Ruptura de sold. de filete (Fillet weld brea) ---
DLC: Dobles longitudinal de cara (Longitudinal face bend) --- **NB:** Nick break ---
DLR: Dobles longitudinal de raíz (Longitudinal root bend) ---

DIMENSIONES DE ESPECÍMENES E IDENTIFICACIÓN (Sizes of specimens and ID)						RESULTADOS (Results)	
N°	N° ESTAMPA (Specimen)	TIPO* (Type)	ANCHO (Width)	ESPESOR NOMINAL (Thickness)	LONGITUD (Length)	RESULTADO ^b (Result)	DISCONTINUIDAD (Discontinuities)
1	JCS80-129-18-DC-1	DTC	38	7.11	153	C	No presenta
2	JCS80-129-18-DC-2	DTC	38	7.11	153	C	No presenta
3	JCS80-129-18-DR-1	DTR	38	7.11	153	C	No presenta
4	JCS80-129-18-DR-2	DTR	38	7.11	153	C	No presenta
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
16							

^a C: Conforme (Pass) NC: No Conforme (No Pass) * Medidas en milímetros (Sizes in millimeters)

OBSERVACIONES (Remarks):

- Norma Aplicada en el ensayo (Test in conformance with the requirements of): ASME Sección IX Edición 2017
- Especificación del material base y N° P o N° S o Grupo (Base Metal): SA 63 Grado B
- Diámetro del punzón utilizado (plunger diameter): 28 mm
- La(s) muestra(s) ensayada(s) fue(ron) entregada(s) por (the specimens were given by): PRODISE S.R.L.
- De acuerdo al cliente, estas muestras pertenecen a los ensayos de dobles requeridos para la calificación de procedimiento y/o soldador (According to the customer these specimens belong to bend tests required for procedure qualification and welder)

*Prohibida la reproducción total o parcial de este informe sin la autorización de SOLDEX S.A.
 *(Prohibited the total or partial reproduction of this report without the authorization of SOLDEX S.A.)

¡quier Consulta Sobre la Autenticidad
 de este Documento Debe Ser Hecha al
 Teléfono: 054-234441 - RPC: 991372323
 Incluir el número Correlativo






Luis Ivan Ramos Huacan
 CWI 16015941
 QC1 EXP. 1/1/2021

16 JUN. 2018

SOLDEX S.A.

ANEXO XXXIXIV: Registro de Calificación de Procedimiento (PQR)

SOLDEXA <small>UNA COMPAÑÍA DE</small>		INFORME DE ENSAYO DE TRACCIÓN		LAB-F-12 Edición 05
LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE-052		 INACAL DA - Perú Laboratorio de Calidad Acreditado Registro N° LE - 052 Norma NTP-ISO/IEC 17025-2006		
Razón Social (Nombre Cliente): Departamento Técnico de Arequipa Dirección: Calle Cayetano Arenas # 142 - Arequipa Teléfono: 054-234441 - Rpc 981-372-923 Contacto: Luis Ramos Referencia: Prodlas S.R.L. Descripción de la Muestra: Probetas Planas Fecha de Informe: 2018-06-22 Informe de Ensayo N°: ET-2018-150				
Identificación de las Probetas	Sección Transversal			
	Ancho mm	Espesor mm	Diámetro mm	Área mm ²
T1	19.25	6.61	No Aplica	127.24
T2	19.35	6.62	No Aplica	128.10
			Fluencia N	Límite de Fluencia Mpa
			Máxima N	Fluencia Mpa
			Máxima MPa	% Elongación
			63880	330
			66677	334
			502	No Aplica
			521	No Aplica
Observaciones: Material Base: SA-53 Grado B Material de Aporte: E6010 - E7018 Proceso: SMAW Posición: 6G Para la roturas ver gráficas adjuntas.				
 Luis Ivan Ramos Huacan CMI 15015641 QC1 EXP. 1/1/2021 22 JUN. 2018				
de este Documento Sobre la Autenticidad Fecha: 06-23-2018 - RPC: 981372923 #Firma en el momento de realizarlo				
Las Dimensiones de las Probetas SI (X) / No () Cumplen con la Norma: ASME IX - 2017				
Método de Ensayo: ASTM A370-17				
Equipo Usado: Marca Tinius Olsen Super L 120 - N° Serie 173635				
Código Interno del Equipo: CC-E-41				
Temperatura de Ensayo (°C): 18.6°C				
Nombre del Analista: José Soto				
Fecha de Recepción de las Probetas: 2018-06-20				
Fecha de Ejecución de Ensayo: 2018-06-20				
1. Las Probetas han sido suministradas por el Cliente. 2. La Incertidumbre Expandida es 5 MPa (Tracción y Fluencia) y 1% (Elongación) para un Nivel de Confianza al 95% y un K=2. 3. Prohibida la Reproducción Total o Parcial del Informe sin la Autorización escrita del Laboratorio de Soldexa. 4. Los Resultados de este Informe no son válidos para las Probetas Ensayadas. 5. Los Resultados no deben ser utilizados como una Certificación de Conformidad con Norma de Producto o Certificación del Sistema de Calidad.				
Ing. Ronald Requejo Villanueva CIP: 101024				
Jefe de Aseguramiento y Desarrollo de la Calidad				
 Teléfono: 619-9600 Anexos 2240 - 2233				

ANEXO XXXIXV: Registro de Calificación de Procedimiento (PQR)

SOLDEX S.A.
LAB-F-34 Edición 02
Reporte y Gráfica Ensayo Tracción
Lurín-Lima-Perú
ASTM A370-17

Nº Ensayo: ET-2018-150
 Id. Probeta: T1
 a) Ancho, mm: 19,25
 b) Espesor, mm: 6,61
 Área, mm²: 127,24
 c) Lon. Sec.Reducida, mm: 44,93
 d) Lon. Sec.Agarre, mm: 90,00
 e) Lon. Total Probeta, mm: 250,00
 f) Radio, mm: 25,00
 L. Fluencia, N: 42020
 L. Fluencia, MPa: 330
 Fuerza Máxima, N: 63880
 R. Tracción, MPa: 502
 Lo, mm: 0,00
 Lf, mm: 0,00
 % Elongación, %: 0
 Fecha de Ensayo: 2018/06/20
 Hora: 09:02
 Tº Ensayo (°C): 18,5
 Rotura: Material Base
 La Probeta: Si Cumple
 Norma Calificación: ASME IX-2017
 Analista: José Soto
 Revisado por: Ing. Requejo

