



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELÉCTRÓNICA
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA,
AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL

PROYECTO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA AUTOMATIZACIÓN
Y CONTROL

AUTORES: MENDOZA TERÁN CARLOS EDUARDO
OCHOA FIERRO DAYANA CAROLINA

TEMA: INGENIERÍAS CONCEPTUAL, BÁSICA Y DE DETALLE
PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE
DESHIDRATACIÓN Y ALMACENAMIENTO DEL CAMPO
SACHA SUR-RÍO NAPO CEM

DIRECTOR: ING. ORTIZ HUGO Msc.
CODIRECTOR: ING. PROAÑO VÍCTOR Msc.

SANGOLQUÍ, DICIEMBRE 2014

i

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE
INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA, AUTOMATIZACIÓN Y
CONTROL

CERTIFICADO

Ing. Hugo Ortiz Msc.

Ing. Víctor Proaño Msc.

CERTIFICAN

Que el trabajo titulado “Ingenierías Conceptual, Básica y de Detalle para la Optimización del Sistema de Deshidratación y Almacenamiento del campo Sacha Sur-Río Napo CEM” realizado por Carlos Eduardo Mendoza Terán y Dayana Carolina Ochoa Fierro, ha sido guiado y revisado periódicamente y cumple con normas estatutarias establecidas por la institución, el Reglamento de Estudiantes de la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE.

El mencionado trabajo consta de un documento empastado y un disco compacto el cual contiene los archivos en formato portátil de Acrobat (PDF). Autorizan a Carlos Eduardo Mendoza Terán y Dayana Carolina Ochoa Fierro, entregar el mismo al Ingeniero Luis Orozco, en su calidad de Director de la Carrera de Ingeniería en Electrónica, Automatización y Control.

Sangolquí, Noviembre del 2014.

Ing. Hugo Ortiz Msc.

DIRECTOR

Ing. Víctor Proaño Msc.

CODIRECTOR

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE
INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA, AUTOMATIZACIÓN Y
CONTROL

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

MENDOZA TERÁN CARLOS EDUARDO

OCHOA FIERRO DAYANA CAROLINA

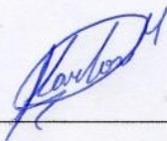
DECLARAMOS QUE:

El proyecto de grado denominado “Ingenierías Conceptual, Básica y de Detalle para la Optimización del Sistema de Deshidratación y Almacenamiento del campo Sacha Sur-Río Napo CEM”, ha sido desarrollado en base a una investigación exhaustiva, respetando los derechos intelectuales de terceros, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía.

Consecuentemente este trabajo es de nuestra autoría.

En virtud de esta declaración, nos responsabilizamos del contenido, veracidad y alcance científico del proyecto de grado en mención.

Sangolquí, Noviembre del 2014.



Carlos Eduardo Mendoza Terán



Dayana Carolina Ochoa Fierro

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE
INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA, AUTOMATIZACIÓN Y
CONTROL

AUTORIZACIÓN

Nosotros, Carlos Eduardo Mendoza Terán y Dayana Carolina Ochoa Fierro

Autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE la publicación en la biblioteca virtual de la Institución del trabajo “Ingenierías Conceptual, Básica y de Detalle para la Optimización del Sistema de Deshidratación y Almacenamiento del campo Sacha Sur-Río Napo CEM”, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra exclusiva responsabilidad y autoría.

Sangolquí, Noviembre del 2014.

Carlos Eduardo Mendoza Terán

Dayana Carolina Ochoa Fierro

DEDICATORIA

A mi hermosa familia mi mami Esthely mi ñaña Mabe y mi sobrina Ammy porque son ustedes quienes mueven cada fibra de mi corazón y en cada momento de dificultad han sido mis ganas de luchar, porque juntas hemos superado muchas adversidades y este gran sueño de haber culminado mi carrera Universitaria no lo hubiese logrado sin ustedes, me han hecho sentir que una familia no debe ser convencional sino debe tener un amor incondicional, me siento orgullosa de formar parte de esta familia y es para ustedes y por ustedes este logro de mi vida, las amo infinitamente.

Dayana

A DIOS por dirigirme por el sendero correcto y por haberme dado la fortaleza para salir adelante en los momentos difíciles

A mi madrecita María porque con su amor, trabajo y sacrificio hizo que este sueño sea posible, porque con su apoyo, consejos, y comprensión he llegado a ser la persona que soy.

A mi ñaña Silvy porque se convirtió en mi segunda madre y fue con su apoyo que pude salir adelante.

Carlos

AGRADECIMIENTO

A DIOS y San Judas Tadeo por todas las bendiciones que me ha dado a lo largo de mi vida, por ser mi luz en los momentos más sombríos por indicarme siempre el camino aun cuando yo no quiera verlo, por regalarme la salud y la vida.

A mi mami Esthely por todos los sacrificios que ha hecho por sacarme adelante, por darme su amor, su comprensión, por ser un ejemplo inigualable de lucha y entrega y por cada oración que levantó al cielo pidiendo por mí.

A mi ñaña MaBe por cuidarme como una segunda mamá, por apoyarme aun cuando no estaba de acuerdo, por ser mí sostén y brindarme un hogar lleno de amor.

A mi prima Vanne por su incondicional apoyo económico y personal en cada día a lo largo de mi vida Universitaria, gracias por creer en mí.

A mi novio Charly, gracias amor por compartir conmigo alegrías, tristezas, aventuras responsabilidades, por todo tu amor que me ha hecho tan feliz.

Dayana

A mi mami María por ser la mejor madre del mundo, por ser una mujer de lucha que jamás se ha dado por vencida, por todo su apoyo y su amor incondicional, por ser el mejor ejemplo de mi vida, por siempre estar a mi lado y estar pendiente de mí, por darme esa palabra de aliento en los momentos tristes, porque madrecita gracias a ti este sueño se ha hecho realidad.

A mi ñaña Silvy por todo el apoyo que me ha dado, por ser una mujer admirable, porque ñaña sabes te convertiste en mi segunda madre porque pusiste en tus hombros una responsabilidad que no era tuya pero lo hiciste con amor y me enseñaste a ver una luz al final del camino y siempre luchar por mis sueños.

A mi papa Arturo porque a pesar de sus errores supo enmendarse apoyándome y brindándome la ayuda necesaria para la culminación de mi carrera.

A mi ñaño Migue y mi mami Rosy que de una u otra manera pusieron su granito de arena para ayudarme a cumplir esta meta.

A mi novia Daya, por todo su amor y paciencia, por haberme enseñado una manera diferente de ver la vida, por ser parte de esos momentos buenos y malos, por ser mi compañera de aventuras y porque cada día con su forma de ser me hace muy feliz.

A mis tíos: Angélica, Vinicio, Eduardo, Teresa, Magdalena, Luis, Cruz por su apoyo infinito.

Carlos

A la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE por haber sido nuestra casa de grandes enseñanzas, y brindarnos la oportunidad de desarrollarnos en el ámbito profesional.

Al ingeniero Hugo Ortiz y al ingeniero Víctor Proaño por habernos brindado su ayuda a lo largo del desarrollo de este proyecto de tesis, por compartir sus conocimientos en las aulas y guiarnos a tener un resultado satisfactorio de este trabajo, cumpliendo con los objetivos planteados.

Nuestro principal agradecimiento a la Agencia de Regulación y Control Hidrocarburífero, por brindarnos su apoyo logístico y de recursos para la consecución del proyecto. Al ingeniero Christian Anrango M.Sc por la ayuda incondicional brindada en cada fase del proyecto, por sus consejos y guía que supieron facilitarnos el camino para la realización de este trabajo.

Igualmente nuestra gratitud para Organización Río Napo Compañía de Economía Mixta, por la colaboración en la información que se nos proporcionó importante para poder desarrollar este proyecto de titulación.

Dayana y Carlos

ÍNDICE DE CONTENIDO

CAPÍTULO I	1
INTRODUCCIÓN	1
1.1. Antecedentes	1
1.2. Justificación e Importancia.....	3
1.3. Objetivos	5
1.3.1. Objetivo general	5
1.3.2. Objetivos específicos.....	5
1.4. Descripción del sistema de deshidratación y almacenamiento del campo Sacha Sur.	6
CAPÍTULO II	8
INGENIERÍA CONCEPTUAL	8
2.1. Descripción de las instalaciones existentes	8
2.1.1. Múltiple de prueba y producción.....	8
2.1.2. Separadores (Bifásicos y Trifásicos)	9
2.1.3. Sistema de deshidratación (lavado)	18
2.1.4. Sistema de calentamiento.	19
2.1.5. Sistema de almacenamiento.....	23
2.1.6. Sistema de captación de gas.	24
2.1.7. Sistema de aire de instrumentos.	25
2.1.8. Sistema de venteos	26
2.1.9. Sistema de inyección de químicos.....	28
2.2. Funcionalidad del sistema deshidratación y almacenamiento.....	29
2.2.1. Proceso de deshidratación.	30
2.2.2. Proceso de almacenamiento.....	30
2.3. Recopilación de requerimientos de la empresa.....	31
2.4. Diagrama de flujo de bloque del proceso actual	32
2.5. Soluciones para la optimización del proceso de deshidratación y almacenamiento.....	34
2.5.1. Sistema de lavado.....	34
2.5.2. Sistema de almacenamiento.....	36
2.5.3. Sistemas auxiliares	36
2.6. Filosofía de operación y control preliminar.....	37

CAPÍTULO III.....	39
INGENIERÍA BÁSICA	39
3.1. Diseño de la automatización del nuevo sistema de deshidratación y almacenamiento ...	39
3.1.1 Descripción de funcionamiento del Tanque Multipropósito.	39
3.1.2 Dimensionamiento de Tanque Multipropósito y de la bota desgasificadora	43
3.1.3 Interconexión del Tanque Multipropósito	49
3.1.4 Diseño de la operación automática del Tanque Multipropósito	53
3.1.5 Descripción de funcionamiento de los Sistemas Auxiliares Principales	63
3.1.6 Interconexión de los Sistemas Auxiliares Principales	65
3.1.7 Diseño de la operación automática de los Sistemas Auxiliares Principales	68
3.1.8 Descripción de funcionamiento de los Sistemas Auxiliares Secundarios	87
3.1.9 Interconexión de los Sistemas Auxiliares Secundarios	88
3.1.10 Diseño de la operación automática de los Sistemas Auxiliares Secundarios	89
3.2. Consideraciones generales del sistema eléctrico	99
3.2.1 Definición de áreas peligrosas	100
3.2.2 Consideraciones sobre el cuarto de control eléctrico	101
3.2.3 Cálculos preliminares del sistema eléctrico	102
3.3. Diagramas unifilares	107
3.4. Dimensionamiento y especificación de equipos	110
3.4.1. Lista de instrumentos y proveedores seleccionados.....	132
3.5. Diagramas de flujo del nuevo sistema de deshidratación y almacenamiento	137
3.5.1. Diagrama de flujo de bloques	137
3.5.2. Diagrama de flujo de proceso	137
3.6. Realización de Hazop.....	139
3.7. Arquitectura del sistema de monitoreo y control	140
3.7.1 Criterios de operación y control	141
3.7.2. Controladores.	144
3.7.3. Monitoreo y Control.....	147
3.7.4. Software de control y monitoreo	149
3.8. Matriz Causa-Efecto (proceso y seguridad).....	151
CAPÍTULO IV	158
INGENIERÍA DE DETALLE	158

4.1. Planos y diagramas definitivos de montaje.....	158
4.2. Programación y parametrización de los dispositivos de control	159
4.2.1 Parametrización.....	159
4.2.2 Programación	171
4.3. Desarrollo y configuración del HMI SCADA	188
4.3.1 Desarrollo del HMI SCADA	189
CAPÍTULO V	212
PRUEBAS Y RESULTADOS	212
5.1. Prueba de funcionamiento del sistema de bombeo	214
5.2. Prueba de funcionamiento del sistema de calentamiento.....	216
5.3. Prueba de funcionamiento del sistema de formación de colchón de agua	218
5.4. Prueba de funcionamiento del sistema de mantenimiento de colchón	220
5.5. Prueba de funcionamiento de Tanque Multipropósito en sistema de deshidratación	222
5.6. Prueba de funcionamiento del sistema de inyección de químicos	223
5.7. Prueba de funcionamiento del sistema de drenaje	224
5.8. Prueba de funcionamiento del sistema de aire de instrumentos	225
5.9. Prueba de funcionamiento de Tanque Multipropósito en almacenamiento.....	227
CAPÍTULO VI	228
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	228
6.1. Conclusiones	228
6.2. Recomendaciones.....	229

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de ubicación del campo Sacha	2
Figura 2. Sistema de deshidratación	7
Figura 3. Sistema de almacenamiento	7
Figura 4. Múltiple de producción. Vista Horizontal	8
Figura 5. Múltiple de producción. Vista Frontal	9
Figura 6. Separadores de producción.	10
Figura 7. Separador de prueba #1.....	11
Figura 8. Separador de producción #1.....	12
Figura 9. Separador de producción #2.....	13
Figura 10. Separador de producción #3.....	14
Figura 11. Separador trifásico #1.	16
Figura 12. Separador trifásico #2.	17
Figura 13. Sistema de deshidratación.	18
Figura 14. Primer grupo de Bombas - Calentador Industrial.	20
Figura 15. Calentador Industrial.....	20
Figura 16. Segundo grupo de Bombas.	21
Figura 17. Primer Grupo Calentadores artesanales.....	21
Figura 18. Segundo Grupo Calentadores artesanales.	22
Figura 19. Tercer Grupo Calentadores artesanales.	22
Figura 20. Bota y Tanque de almacenamiento.	23
Figura 21. Sistema de captación de gas.....	24
Figura 22. Sistema de tratamiento de gas combustible para calentadores.	25
Figura 23. Sistema de aire de instrumentos.	26
Figura 24. Sistema de venteo de gas de alta presión.....	27
Figura 25. Sistema de estacas de venteo caliente alta presión.	27
Figura 26. Sistema de inyección de químicos vista lateral.	28
Figura 27. Sistema de inyección de químicos vista frontal.....	29
Figura 28. Diagrama de Flujo del proceso de producción de la Estación Sacha Sur	33
Figura 29. Techo del Tanque de Lavado	35
Figura 30. Válvula de ingreso a separadores de producción.....	37
Figura 31. Válvula de salida separadores de producción.....	37
Figura 32. Agrupación de fluidos en el Tanque Multipropósito	42
Figura 33. Pronóstico de producción de petróleo – Campo Sacha Sur.	45
Figura 34. Pronóstico de producción de agua – Campo Sacha Sur.....	45
Figura 35. Pronóstico de producción de gas – Campo Sacha Sur.....	46
Figura 36. Dimensionamiento del Tanque Multipropósito.....	47
Figura 37. Medidas de la bota desgasificadora.....	48
Figura 38. Dimensionamiento de la bota desgasificadora.	49
Figura 39. Nuevo Colector de producción.....	50
Figura 40. Conexión bota desgasificadora con tanque de surgencia secundario.....	52

Figura 41. Interconexión a sistema de bombeo Power Oil	52
Figura 42. Interconexión para transferencia a Sacha Central	53
Figura 43. Esquema de ingreso de químicos al Tanque Multipropósito	59
Figura 44. Esquema de ingreso de químicos al Tanque Multipropósito	59
Figura 45. Esquema de la bota desgasificadora	60
Figura 46. Esquema de la bota desgasificadora	60
Figura 47. Esquema de la bota desgasificadora	61
Figura 48. Proceso de separación de fases en un separador trifásico	64
Figura 49. Interconexión sistema de control de nivel y desalojo de agua	65
Figura 50. Interconexión del sistema de formación del colchón de agua	66
Figura 51. Interconexión con el calentador industrial	66
Figura 52. Interconexión del nuevo sistema de separación primaria con el colector	67
Figura 53. Esquema del filtro del sistema de bombeo de desalojo de agua	71
Figura 54. Esquema de la bomba del sistema de bombeo de desalojo de agua	71
Figura 55. Esquema de drenaje del sistema de bombeo de desalojo de agua	72
Figura 56. Esquema del sistema de reinyección de agua	75
Figura 57. Esquema del filtro tipo canasto	75
Figura 58. Esquema de la bomba para formación de colchón de agua	75
Figura 59. Esquema de salida del sistema de formación de colchón de agua	76
Figura 60. Partes internas del Separador Trifásico Horizontal	78
Figura 61. Partes externas del Separador Trifásico Horizontal	78
Figura 62. Esquema del Separador Trifásico con su instrumentación	79
Figura 63. Salida del Sistema de separación primaria con su instrumentación	80
Figura 64. Esquema de entrada de bombeo de fluido	83
Figura 65. Esquema de salida de bombeo de fluido	84
Figura 66. Esquema de entrada del sistema de calentamiento	85
Figura 67. Esquema de salida del sistema de calentamiento	86
Figura 68. Esquema de drenaje del sistema de calentamiento	86
Figura 69. Esquema de entrada de sistema de drenaje	91
Figura 70. Esquema del tanque y bombas del sistema de drenaje	91
Figura 71. Esquema del panel de control del sistema de drenaje	92
Figura 72. Esquema general de almacenamiento de inyección de químicos	94
Figura 73. Esquema general de sistema de inyección de químicos	94
Figura 74. Esquema del compresor del sistema de aire instrumentos	97
Figura 75. Esquema del pulmón del sistema aire instrumentos	97
Figura 76. Esquema salida del sistema aire instrumentos	98
Figura 77. Diagrama Unifilar de bombas de los calentadores	108
Figura 78. Diagrama Unifilar de suministro de energía	108
Figura 79. Diagrama Unifilar de las nuevas facilidades	109
Figura 80. Interruptor de nivel magnético.	110
Figura 81. Transmisor Indicador de temperatura.	112
Figura 82. Transmisor Indicador de Presión Diferencial.	114

Figura 83. Válvula auto controlada de presión.....	115
Figura 84. Medidor de caudal de tipo V-cone.....	117
Figura 85. Medidor de caudal de tipo placa orificio.....	118
Figura 86. Válvula de control con actuador neumático.....	119
Figura 87. Funcionamiento del Transmisor de radar de ondas guiadas.....	121
Figura 88. Transmisor de radar de ondas guiada.....	122
Figura 89. Termómetro bimetálico.....	123
Figura 90. Estructura de un manómetro de tubo de Bourdon.....	124
Figura 91. Manómetro de tubo de Bourdon.....	124
Figura 92. Estructura de un manómetro de diafragma.....	126
Figura 93. Manómetro de diafragma.....	126
Figura 94. Transmisor de presión In-Line.....	127
Figura 95. Estructura de una válvula autocontroladora de presión.....	128
Figura 96. Estructura de una válvula autocontroladora de presión.....	129
Figura 97. Indicadores magnéticos para químicos.....	130
Figura 98. Esquema de funcionamiento de la válvula antiretorno.....	132
Figura 99. Válvula de retención de disco oblicuo.....	132
Figura 100. Diagrama de flujo de bloques.....	138
Figura 101. Diagrama de flujo de proceso.....	139
Figura 102. Arquitectura del sistema de monitoreo y control.....	148
Figura 103. Relaciones de softwares para monitoreo y control.....	150
Figura 104. Sistema de control de caudal.....	165
Figura 105. Sistema de control de temperatura.....	166
Figura 106. Sistema de control de nivel de formación de colchón de agua.....	167
Figura 107. Sistema de control de nivel de desalojo de colchón de agua.....	169
Figura 108. Grafcet del sistema de bombeo de fluido.....	172
Figura 109. Grafcet del sistema de calentamiento.....	173
Figura 110. Grafcet del sistema de formación de colchón de agua.....	174
Figura 111. Grafcet de la operación manual de la formación de colchón de agua.....	175
Figura 112. Grafcet del sistema de mantenimiento de colchón de agua.....	176
Figura 113. Grafcet de operación manual del mantenimiento de colchón de agua.....	177
Figura 114. Grafcet del sistema de inyección de químicos.....	177
Figura 115. Grafcet de la operación del Tanque Multipropósito (Deshidratación).....	179
Figura 116. Grafcet del sistema de drenaje.....	180
Figura 117. Grafcet de la operación manual del sistema de drenaje.....	181
Figura 118. Grafcet de la operación manual del sistema de aire de instrumentos.....	181
Figura 119. Grafcet del sistema de aire de instrumentos.....	182
Figura 120. Grafcet de la Operación del Tanque Multipropósito (Almacenamiento).....	183
Figura 121. Árbol de red en el PLC de Control.....	187
Figura 122. Árbol de red en el PLC de Seguridad.....	187
Figura 123. Esquema general de las pantallas del HMI.....	191
Figura 124. Paleta de colores del sistema SCADA.....	192

Figura 125. Pantalla del sistema de separación primaria	204
Figura 126. Pantalla del sistema de bombeo de fluido	204
Figura 127. Pantalla del sistema de calentamiento de fluido	205
Figura 128. Pantalla del sistema de formación de colchón de agua.....	206
Figura 129. Pantalla del sistema de deshidratación de crudo.....	207
Figura 130. Pantalla del sistema de formación de colchón de agua.....	207
Figura 131. Pantalla del sistema de inyección de químicos.....	208
Figura 132. Pantalla del sistema de aire instrumentos	209
Figura 133. Pantalla del sistema de Almacenamiento	209
Figura 134. Pantalla del sistema de aire instrumentos	210
Figura 135. Pantalla de histórico de alarmas	211
Figura 136. Esquema de elementos de simulación	213
Figura 137. Chasis Virtual SoftLogix 5800.....	213
Figura 138. Fluido en equilibrio en sistema de bombeo	215
Figura 139. Acción de control uno del sistema de bombeo	215
Figura 140. Acción de control dos del sistema de bombeo	216
Figura 141. Acción de control tres del sistema de bombeo	216
Figura 142. Incrementando temperatura en sistema de calentamiento	217
Figura 143. Acción de control uno del sistema de calentamiento.....	217
Figura 144. Acción de control dos del sistema de calentamiento	218
Figura 145. Formación de colchón en condiciones normales de operación	219
Figura 146. Acción de control del sistema de formación de colchón	219
Figura 147. Sistema de formación de colchón en setpoint	220
Figura 148. Control manual de la bomba de formación	220
Figura 149. Desalojo de colchón de agua.....	221
Figura 150. Acción de control del sistema de mantenimiento de colchón	221
Figura 151. Sistema de mantenimiento de colchón en setpoint	222
Figura 152. Controles manuales de las bombas de desalojo	222
Figura 153. Tanque Multipropósito en la deshidratación del crudo	223
Figura 154. Tanque Multipropósito en la deshidratación del crudo	224
Figura 155. Tanque Multipropósito en la deshidratación del crudo	224
Figura 156. Sistema drenaje en desalojo	225
Figura 157. Operación manual del sistema de drenaje	225
Figura 158. Operación del sistema de aire de instrumentos	226
Figura 159. Operación manual del sistema de aire de instrumentos	226
Figura 160. Tanque Multipropósito en almacenamiento de petróleo.....	227
Figura 161. Tanque Multipropósito sobrellenado en almacenamiento	227

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Condiciones ambientales del sitio	2
Tabla 2 Separadores de Prueba y Producción.....	10
Tabla 3 Condiciones Operacionales y Dimensiones separador de prueba #1.	11
Tabla 4 Dimensiones Bocas de entrada y salida separador de prueba #1.	11
Tabla 5 Condiciones Operacionales y Dimensiones separador bifásico #1.	12
Tabla 6 Dimensiones Bocas de entrada y salida separador bifásico #1.	13
Tabla 7 Dimensiones Bocas de entrada y salida separador bifásico #2.	13
Tabla 8 Condiciones Operacionales y Dimensiones separador bifásico #2.	14
Tabla 9 Condiciones Operacionales y Dimensiones separador bifásico #3.	15
Tabla 10 Dimensiones Bocas de entrada y salida separador bifásico #3.	15
Tabla 11 Dimensiones Bocas de entrada y salida separador trifásico #1.....	15
Tabla 12 Condiciones Operacionales y Dimensiones separador trifásico #1.....	16
Tabla 13 Condiciones Operacionales y Dimensiones separador trifásico #2.....	17
Tabla 14 Dimensiones Bocas de entrada y salida separador trifásico #2.....	17
Tabla 15 Condiciones Operacionales y Dimensiones Bota Desgasificadora.	19
Tabla 16 Condiciones Operacionales y Dimensiones Tanque de Lavado.	19
Tabla 17 Condiciones Operacionales y Dimensiones Bota Desgasificadora.	23
Tabla 18 Condiciones operación y dimensiones Tanque de Almacenamiento	24
Tabla 19 Perfil Anual de producción campo Sacha Sur.	44
Tabla 20 Nomenclatura de los elementos de Tanque Multipropósito y Bota.	61
Tabla 21 Nomenclatura de los elementos, sistema de bombeo de desalojo de agua.	72
Tabla 22 Nomenclatura de los elementos, sistema de formación de colchón de agua.	76
Tabla 23 Nomenclatura de los elementos del sistema de separación primaria.....	80
Tabla 24 Nomenclatura de los elementos del sistema de bombeo de fluido.....	84
Tabla 25 Nomenclatura de los elementos del sistema de calentamiento.....	87
Tabla 26 Nomenclatura de los elementos, sistema de drenaje.	92
Tabla 27 Nomenclatura de los elementos, sistema de drenaje.	95
Tabla 28 Nomenclatura de los elementos, sistema de aire instrumentos.	98
Tabla 29 Selección de conductores de potencia	104
Tabla 30 Selección de protecciones	106
Tabla 31 Parámetros de operación general del interruptor de nivel.....	111
Tabla 32 Parámetros de operación general de un indicador de temperatura.	113
Tabla 33 Parámetros de operación del transmisor de presión diferencial.	114
Tabla 34 Parámetros de operación de la válvula auto controlada de presión.....	116
Tabla 35 Parámetros de operación del medidor de caudal de tipo V-cone.	117
Tabla 36 Parámetros de operación del medidor de caudal de tipo placa orificio.	118
Tabla 37 Parámetros de operación de válvula de control.	120
Tabla 38 Parámetros de operación de un transmisor de radar de ondas guiadas.....	122
Tabla 39 Parámetros de operación general de un termómetro bimetálico	123
Tabla 40 Parámetros de operación general de un manómetro	125

Tabla 41	Parámetros de operación general de un manómetro de diafragma.....	126
Tabla 42	Parámetros de operación general de un transmisor presión In-Line	127
Tabla 43	Parámetros de operación de una válvula autocontroladora de presión.....	129
Tabla 44	Parámetros de operación general de un Indicador magnético para químicos.....	131
Tabla 45	Parámetros de operación de una válvula de retención de disco oblicuo.	132
Tabla 46	Valores iniciales de las acciones de control.....	164
Tabla 47	Configuración de parámetros del variador de frecuencia.....	171
Tabla 48	Colores de la interfaz	194
Tabla 49	Abreviaturas de la interfaz HMI SCADA.....	196
Tabla 50	Simbología de la interfaz HMI SCADA.....	197
Tabla 51	Direcciones IP de los controladores	213
Tabla 52	Parámetros de las acciones de control obtenidos en Simulación	214

RESUMEN

El presente proyecto denominado “Ingenierías Conceptual, Básica y de Detalle para la Optimización del Sistema de Deshidratación y Almacenamiento del campo Sacha Sur Río Napo - CEM” plantea como objetivo principal el desarrollo de las ingenierías conceptual, básica y de detalle que permitan mediante el análisis de la situación actual que se tiene en la estación Sacha Sur en el proceso de deshidratación y almacenamiento de crudo, proponer alternativas de solución que satisfagan los requerimientos pedidos por la empresa en cuanto a tener una operación segura eficiente y confiable de estos sistemas. Este trabajo busca reducir los problemas encontrados en los subprocesos que conforman el sistema de deshidratación y almacenamiento de crudo, sobre todo en cuanto a la operación manual de las instalaciones se refiere. El proyecto consiste en el desarrollo de planos, diagramas, esquemas y tablas que permitan sintetizar la operación y manejo del sistema actual y las mejoras que se desarrollarán en el mismo, además se analiza los equipos que se necesitarán para llevar a cabo la propuesta de mejora del sistema y se realiza una interfaz HMI-SCADA que permita emular el comportamiento del sistema con las propuestas de automatización del mismo, adicionalmente se presentan los resultados obtenidos de las simulaciones del proceso, considerando que el proyecto pueda ser implementado por parte de la empresa. Se ha separado el desarrollo de este proyecto en tres fases de ingeniería con el objetivo de proporcionar un resultado comprensible y manejable, partiendo desde las bases conceptuales culminando en un resultado que pueda ser implementado, cada parte de la ingeniería se ha elaborado siguiendo normas de seguridad tanto para las personas como para los equipos.

Palabras clave:

**OPTIMIZACIÓN
SISTEMA
DESHIDRATACIÓN
ALMACENAMIENTO
CRUDO
ESTACIÓN**

ABSTRACT

This project called " Conceptual, Basic and Detail for the Optimization of Dehydration and Storage System Engineering of the countryside Sacha Sur Río Napo - CEM " presented as main objective the development of conceptual, basic and detailed engineering that allow by analyzing the current situation has on Sacha South station in the process of drying and storage of crude, propose solutions that satisfy the requirements requested by the company as to have a safe efficient and reliable operation of these systems. This work seeks to reduce the problems found in the threads that constitute the system of drying and storage of crude oil, especially with regard to manual operation of the facilities is concerned. The project consists in the development of plans, diagrams, drawings and charts to summarize the operation and management of the current system and the improvements that will be developed in the same, also there will be an analyze of the equipment that will be needed to carry out the proposed improvements system and HMI SCADA interface to emulate the behavior of the system with the proposed automation of the same is made, additionally the results of simulations of the process are presented, considering that the project can be implemented by the company. Has separated the development of this project in three phases of engineering with the aim of providing a comprehensible and manageable result, starting from the conceptual basis culminating in a result that can be implemented, each of the engineering was prepared on safety for both individuals and instruments.

Key words:

**OPTIMIZATION
SYSTEM
DEHYDRATION
STORAGE
CRUDE OIL
STATION**

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. Antecedentes

El campo Sacha fue descubierto por el consorcio Texaco-Gulf en 1969. La producción arrancó el 6 de julio de 1972 para luego pasar a Cepe-Texaco, hasta el año de 1989, año en el que asumió ex Petroproducción y desde el 2009 está a cargo la empresa RÍO NAPO CEM.

Sacha está ubicado en la provincia de Orellana, dentro del bloque 60, al nororiente de la región amazónica ecuatoriana, delimitado al norte por los campos Palo Rojo, Eno, Ron y Vista, al sur por los campos Culebra-Yulebra, al este por el campo Mauro Dávalos Cordero y Shushufindi –Aguarico, mientras que al Oeste por los campos Pucuna, Paraíso y Huachito. (Nasamués & Vásquez, 2008)

El campo Sacha desde que inició su funcionamiento es considerado uno de los más importantes campos petroleros de Ecuador.

En la actualidad RÍO NAPO CEM es la empresa delegada para la administración de operaciones del campo Sacha, ésta se encarga de la explotación y producción de los hidrocarburos en dicho campo, a través de la perforación de nuevos pozos petroleros, optimización de facilidades de producción y el reacondicionamiento de pozos.

Su gestión se realiza a través de la coordinación de obras civiles, corrosión, facilidades, ingeniería de petróleos, procesos, proyectos y mantenimiento, equipo de trabajo que permite obtener una mayor producción de barriles de petróleo por día. En la Figura 1 se muestra el mapa de ubicación del campo Sacha y adicionalmente en la Tabla 1 se presentan las condiciones ambientales del sitio.

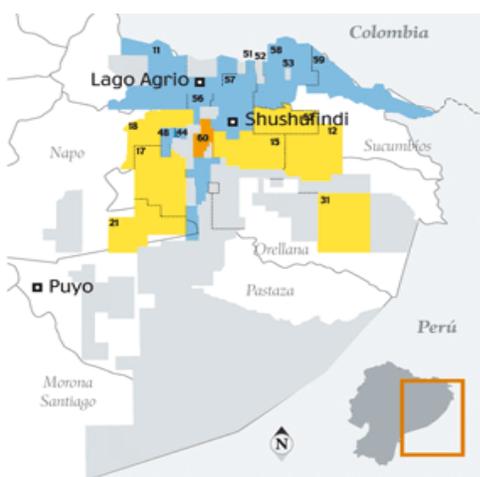


Figura 1. Mapa de ubicación del campo Sacha
Fuente: (RÍO NAPO, 2014).

Tabla 1

Condiciones ambientales del sitio

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD
Clima	Bosque Húmedo Tropical	
Presión atmosférica promedio	14.32	Psia
Temperatura máxima registrada	104	°F
Temperatura media	86	°F
Temperatura mínima registrada	59	°F
Humedad relativa máxima	99.99	%
Humedad relativa mínima	90.4	%
Velocidad del viento	124.66	ft/s
Dirección predominante	NE-SO	
Altura sobre el nivel del mar	954.72	Ft
Precipitación máxima diaria	7.4	In
Precipitación máxima anual	129	In
Zona sísmica (CEC)	IV(UBC)	

Fuente: (RÍO NAPO, 2014)

En el año 2013 la empresa RÍO NAPO CEM alcanzó un promedio de producción de 70.446 BPPD, cifra que permitió a la Empresa el cumplimiento del Plan Operativo Anual.

Actualmente la estación Sacha Sur recibe fluido multifásico o producción (gas-crudo-agua) proveniente de distintos pozos operativos en el campo Sacha Sur y solamente posee un sistema de separación primaria, el mismo que cumple con el proceso de deshidratación del crudo, en este se separa el agua emulsionada presente en el petróleo, convirtiéndolo a éste en un producto comercial, es decir, con niveles de agua inferiores al 1%.

El sistema de deshidratación está conformado por separadores de prueba y producción, un sistema de calentamiento de agua y un sistema de lavado. El sistema de lavado está constituido por una bota desgasificadora y un tanque lavador. El sistema de deshidratación además trabaja paralelamente con los sistemas de venteos, inyección de químicos y el sistema de drenajes. El sistema de almacenamiento está conformado por una bota desgasificadora y un tanque de almacenamiento.

Es importante mencionar que en la actualidad la estación Sacha Sur es operada de forma manual, o mediante sistemas de válvulas autoreguladoras; con excepción de los separadores de producción del tipo trifásico, que disponen de su propio panel de control local. Adicionalmente, el sistema de alimentación de gas combustible del sistema de calentamiento de agua dispone de facilidades neumáticas para su operación. (RÍO NAPO, 2014)

1.2. Justificación e Importancia

Sacha es parte del grupo de grandes campos maduros, en los que se busca aplicar tecnologías de recuperación para subir su producción. Sacha Sur es una estación de producción en actividad, que maneja la recolección y separación de fluidos para los pozos petroleros ubicados en el sector sur del campo Sacha. (RÍO NAPO, 2014)

Debido al crecimiento de producción del campo, la capacidad del sistema de deshidratación (separadores trifásicos, bifásicos y tanque de lavado) de la estación Sacha Sur se encuentra operando a su máxima capacidad, produciendo esto un desgaste excesivo de los equipos que intervienen en el proceso.

Se conoce adicionalmente que la estación presenta limitaciones respecto al manejo de ciertos parámetros que intervienen dentro del proceso de deshidratación y almacenamiento, los mismos que dificultan la posibilidad de instalación de nuevos equipos o sistemas de deshidratación adicionales. Existen también inconvenientes respecto a la temperatura del fluido de producción; que limita la operación de las instalaciones, haciendo necesario que se requiera de un sistema de calentamiento adicional, con el objeto de contribuir a un mejor funcionamiento del tanque de lavado.

Al tratarse de una estación antigua, varios equipos y líneas de interconexión se encuentran deteriorados, debido a la antigüedad de las instalaciones no se dispone de los sistemas auxiliares que permitan cubrir los requerimientos actuales y futuros de la estación.

Adicionalmente la estación Sacha Sur no dispone en la actualidad de una sala de control donde se pueda monitorear las principales variables del proceso. Prácticamente la estación es operada de forma manual, o mediante sistemas de válvulas autoreguladoras.

En virtud de lo antes expuesto, ORNCEM (Operaciones Río Napo Compañía de Economía Mixta) ha visualizado la necesidad de iniciar un proyecto por intermedio de ARCH (Agencia de Regulación y Control Hidrocarburífero) que permita optimizar el desempeño del sistema de deshidratación y almacenamiento de la estación, con la finalidad de solventar los inconvenientes actuales del campo Sacha Sur. Estableciendo como punto de partida la inclusión de un “Tanque Multipropósito” como solución planteada por la empresa (ORNCEM) a los problemas existentes, el mismo que operará en primera instancia como tanque de lavado y consecuentemente como tanque de almacenamiento de petróleo; será preciso dentro de este estudio abordar la funcionalidad de este tanque, ya que será entorno a el mismo que se realizará la optimización del proceso de deshidratación y almacenamiento, para lo cual será necesario analizar todas las instalaciones y facilidades para su automatización. Contando con toda la instrumentación necesaria (indicadores locales, switches,

interruptores y transmisores) que permita el control y monitoreo de ciertas variables del proceso.

De esta manera, es importante el desarrollo del proyecto “Ingenierías Conceptual, Básica y de Detalle para la Optimización del Sistema de Deshidratación y Almacenamiento del Campo Sacha Sur – Río Napo CEM”, considerando que este trabajo de ingeniería mejorará las condiciones existentes, permitiendo tener una operación segura y confiable de la estación, en donde se tenga la posibilidad de realizar la operación y control del sistema de deshidratación y almacenamiento y se cuente además con la instrumentación necesaria para que opere de forma sólida y eficiente.

La realización de este proyecto además permitirá eliminar en la medida de lo posible la operación manual y permitirá tener el control y seguridad del proceso, esto se logrará a través de un PLC, el mismo que se encargará de llevar el control de toda la instrumentación de campo, teniendo como beneficios principales un mejor desempeño con respecto a la situación actual del sistema y una disminución en la carga de trabajo de los equipos que intervienen en el proceso.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

- Desarrollar las ingenierías conceptual, básica y de detalle para la optimización del sistema de deshidratación y almacenamiento del campo Sacha Sur.

1.3.2. Objetivos específicos

- Analizar el sistema de deshidratación y almacenamiento y su operación dentro de la estación Sacha Sur.
- Establecer a través de la automatización soluciones para la optimización del proceso de deshidratación y almacenamiento.

- Determinar la lógica de control adecuada para cada uno de los procesos que intervienen en el sistema.
- Evaluar mediante simulación, el proceso de deshidratación y almacenamiento.

1.4. Descripción del sistema de deshidratación y almacenamiento del campo Sacha Sur. (RÍO NAPO, 2014)

El crudo es una mezcla de aceite, agua, gas y otros componentes. Debido a la presencia de estos elementos en los campos de explotación se efectúa un proceso de deshidratación de crudo; donde el principal objetivo es la eliminación del agua, tanto libre como emulsionada hasta lograr reducir su contenido a un porcentaje previamente especificado. Generalmente, este porcentaje es igual o inferior al 1% de agua. (Benavides & Nuñez, 2011)

El sistema de deshidratación está conformado por una bota desgasificadora, y un tanque lavador, en el cual para mantener una temperatura adecuada y facilitar las operaciones de lavado se dispone de un sistema auxiliar de calentamiento de agua, que permite inyectar agua caliente proveniente del propio tanque lavador, para mantener al tanque operando a una temperatura de aproximadamente 131 °F - 133 °F; con el objeto de evitar la formación de parafinas.

El sistema de calentamiento de agua está conformado por tres sistemas de bombeo. El primer sistema cuenta con dos bombas (una operativa y otra de respaldo) que alimentan a un calentador industrial. El segundo sistema está conformado por dos bombas, la primera operando a 41.5 psig y 130 °F, la segunda bomba, operando a una presión de 16 psig y 140°F. El tercer sistema de bombeo cuenta con una sola bomba actualmente no operativa. En la Figura 2 se muestra el Sistema de deshidratación.

El sistema de almacenamiento de petróleo está conformado por una bota desgasificadora, y el tanque de almacenamiento. Este equipo recibe la producción de

los separadores bifásicos, que contienen muy bajo corte de agua (cantidad de agua igual o inferior al 1%). En la Figura 3 se muestra el Sistema de almacenamiento.



Figura 2. Sistema de deshidratación
Fuente: Imagen obtenida por los autores del proyecto. (2014)



Figura 3. Sistema de almacenamiento
Fuente: Imagen obtenida por los autores del proyecto. (2014)

CAPÍTULO II

INGENIERÍA CONCEPTUAL

2.1. Descripción de las instalaciones existentes. (RÍO NAPO, 2014)

2.1.1. Múltiple de prueba y producción.

El múltiple de prueba consta de dos líneas secundarias que permiten alimentar a dos separadores de prueba. Existe la flexibilidad de enviar el fluido de producción del pozo hacia el cabezal de producción de alto corte de agua (cantidad de agua mayor al 90%)

El múltiple de producción consta de cinco líneas principales que alimentan de manera independiente a cinco separadores de producción, de los cuales tres son de tipo bifásico (Separador de Producción #1, #2, #3) y dos del tipo trifásico (Separador de Producción #4, #5).

A continuación en las Figuras 4 y 5 se presenta un registro fotográfico general asociado al múltiple de producción.



Figura 4. Múltiple de producción. Vista Horizontal
Fuente: Imagen obtenida por los autores del proyecto. (2014)



Figura 5. Múltiple de producción. Vista Frontal
Fuente: Imagen obtenida por los autores del proyecto. (2014)

2.1.2. Separadores (Bifásicos y Trifásicos)

El sistema de separación primaria está conformado por dos grupos de separadores de producción. El primer grupo está conformado por tres separadores de producción del tipo bifásico, y el segundo conformado por dos separadores de producción del tipo trifásico. Un separador bifásico separa los fluidos del pozo en gas y líquido total; mientras que un separador trifásico separa los fluidos del pozo en gas y dos tipos de líquidos: petróleo y agua.

El sistema de control de nivel de los equipos de separación bifásicos es completamente manual, y los separadores trifásicos disponen de dispositivos de control automático.

A continuación en la Tabla 2 se presenta de forma tabulada el tipo y capacidad de cada uno de los equipos antes anotados y sus condiciones de operación y dimensiones, adicionalmente en la Figura 6 se muestra una foto panorámica de los separadores de producción.

Tabla 2

Separadores de Prueba y Producción

Separador	Tipo	Capacidad
Prueba # 1	Bifásico	10000 BFPD
Prueba # 2	Bifásico	Desmontado
Producción # 1	Bifásico	35000 BFPD
Producción # 2	Bifásico	35000 BFPD
Producción # 3	Bifásico	35000 BFPD
Producción # 4	Trifásico	36046 BFPD
Producción # 5	Trifásico	35000 BFPD

Fuente: (RÍO NAPO, 2014)



Figura 6. Separadores de producción.

Fuente: Imagen obtenida por los autores del proyecto. (2014)

a) Separador de Prueba #1

A continuación en las Tablas 3 y 4 se presentan los datos correspondientes al Separador de Prueba #1 y en la Figura 7 se muestra un registro fotográfico del mismo.



Figura 7. Separador de prueba #1.

Fuente: Imagen obtenida por los autores del proyecto. (2014)

Tabla 3

Condiciones Operacionales y Dimensiones separador de prueba #1.

Separador	Prueba #1	Unidad
Capacidad	10000	BFPD
Presión de operación	35-37	Psig
Temperatura de operación	102	°F
Altura medidor de Nivel LG-1	23,6	In
Altura Nivel H ₂ O	16,5	In
Altura medidor de Nivel LG-2	23,2	In
Longitud Nivel H ₂ O	15,7	In

Fuente: (RÍO NAPO, 2014)

Tabla 4

Dimensiones Bocas de entrada y salida separador de prueba #1.

Línea	Diámetro	Unidad
Ingreso Separador	6	In
Salida de gas	4	In
Salida Crudo-Agua	6	In

Fuente: (RÍO NAPO, 2014)

b) Separador Bifásico de Producción #1

A continuación en las Tablas 5 y 6 se presentan los datos correspondientes al Separador Bifásico de Producción #1 y en la Figura 8 se muestra un registro fotográfico del mismo.



Figura 8. Separador de producción #1.

Fuente: Imagen obtenida por los autores del proyecto. (2014)

Tabla 5

Condiciones Operacionales y Dimensiones separador bifásico #1.

Separador	Producción Bifásico #1	Unidad
Capacidad	35000	BFPD
Presión de operación	28	Psig
Temperatura de operación	99-100	°F
Altura medidor de Nivel LG-1	44,9	In
Altura Nivel H ₂ O	26,1	In
Longitud T/T	20	Ft
Diámetro	96	In

Fuente: (RÍO NAPO, 2014)

Tabla 6

Dimensiones Bocas de entrada y salida separador bifásico #1.

Línea	Diámetro	Unidad
Ingreso Separador	6	In
Salida de gas	6	In
Salida Crudo-Agua	6	In

Fuente: (RÍO NAPO, 2014)

c) Separador Bifásico de Producción #2

A continuación en las Tablas 7 y 8 se presentan los datos correspondientes al Separador Bifásico de Producción #2 y en la Figura 9 se muestra un registro fotográfico del mismo.



Figura 9. Separador de producción #2.

Fuente: Imagen obtenida por los autores del proyecto. (2014)

Tabla 7

Dimensiones Bocas de entrada y salida separador bifásico #2.

Línea	Diámetro	Unidad
Ingreso Separador	10	In
Salida de gas	10x6	In
Salida Crudo-Agua	10	In

Fuente: (RÍO NAPO, 2014)

Tabla 8

Condiciones Operacionales y Dimensiones separador bifásico #2.

Separador	Producción Bifásico #2	Unidad
Capacidad	35000	BFPD
Presión de operación	24	Psig
Presión de diseño	120	Psig
Temperatura de operación	102	°F
Altura medidor de Nivel LG-1	52	In
Altura Nivel H ₂ O	26,1	In
Longitud T/T	20	Ft
Diámetro	92	In

Fuente: (RÍO NAPO, 2014)

d) Separador Bifásico de Producción #3

A continuación en las Tablas 9 y 10 se presentan los datos correspondientes al Separador Bifásico de Producción #3 y en la Figura 10 se muestra un registro fotográfico del mismo.



Figura 10. Separador de producción #3.

Fuente: Imagen obtenida por los autores del proyecto. (2014)

Tabla 9

Condiciones Operacionales y Dimensiones separador bifásico #3.

Separador	Bifásico #3	Unidad
Capacidad	35000	BFPD
Presión de operación	28	Psig
Temperatura de operación	99	°F
Altura medidor de Nivel LG-1	37	In
Altura Nivel H ₂ O	21,3	In
Longitud T/T	22	Ft
Diámetro	72	In

Fuente: (RÍO NAPO, 2014)

Tabla 10

Dimensiones Bocas de entrada y salida separador bifásico #3.

Línea	Diámetro	Unidad
Ingreso Separador	10	In
Salida de gas	6	In
Salida Crudo-Agua	8	In

Fuente: (RÍO NAPO, 2014)

e) Separador Trifásico de Producción #1

A continuación en las Tablas 11 y 12 se presentan los datos correspondientes al Separador Trifásico de Producción #1 y en la Figura 11 se muestra un registro fotográfico del mismo.

Tabla 11

Dimensiones Bocas de entrada y salida separador trifásico #1.

Línea	Diámetro	Unidad
Ingreso Separador	8	In
Salida de gas	10	In
Salida Crudo	6	In
Salida de Agua	6	In

Fuente: (RÍO NAPO, 2014)

Tabla 12

Condiciones Operacionales y Dimensiones separador trifásico #1.

Separador	Producción Trifásico #1	Unidad
Capacidad	36046	BFPD
Presión de operación	15	Psig
Temperatura de operación	142	°F
Altura Nivel interface	48	In
Altura Nivel crudo	27	In
Longitud T/T	40	Ft
Diámetro	10	In

Fuente: (RÍO NAPO, 2014)



Figura 11. Separador trifásico #1.

Fuente: Imagen obtenida por los autores del proyecto. (2014)

f) Separador Trifásico de Producción #2

A continuación en las Tablas 13 y 14 se presentan los datos correspondientes al Separador Trifásico de Producción #2 y en la Figura 12 se muestra un registro fotográfico del mismo.



Figura 12. Separador trifásico #2.

Fuente: Imagen obtenida por los autores del proyecto. (2014)

Tabla 13

Condiciones Operacionales y Dimensiones separador trifásico #2.

Separador	Producción Trifásico #2	Unidad
Capacidad	35000	BFPD
Presión de operación	28	Psig
Temperatura de operación	137	°F
Altura Nivel interface	47	In
Altura Nivel crudo	36	In
Longitud T/T	40	Ft
Diámetro	10	In

Fuente: (RÍO NAPO, 2014)

Tabla 14

Dimensiones Bocas de entrada y salida separador trifásico #2

Línea	Diámetro	Unidad
Ingreso Separador	8	In
Salida de gas	10	In
Salida Crudo	6	In
Salida de Agua	6	In

Fuente: (RÍO NAPO, 2014)

2.1.3. Sistema de deshidratación (lavado)

El sistema de deshidratación está integrado por una bota desgasificadora, y el tanque lavador. Para mantener una temperatura adecuada y facilitar las operaciones de lavado, se dispone de un sistema auxiliar de calentamiento de agua; el tanque dispone de un sistema de venteo atmosférico conformado por una estaca de venteo. El tanque de lavado actual dispone de un sistema manual para mantener el nivel del colchón de agua en el tanque, y el nivel total en el mismo. Actualmente, este control se lo realiza mediante la apertura o cierre de una válvula que permite enviar el agua al sistema de almacenamiento de agua.

A continuación en la Figura 13 se presenta un registro fotográfico general asociado al sistema de deshidratación.



Figura 13. Sistema de deshidratación.

Fuente: Imagen obtenida por los autores del proyecto. (2014)

A continuación en las Tablas 15 y 16 se presentan los datos correspondientes a la bota desgasificadora y al tanque de lavado.

Tabla 15

Condiciones Operacionales y Dimensiones Bota Desgasificadora.

Equipo	Bota Desgasificadora	Unidad
Altura Total	60	Ft
Diámetro	6	Ft

Fuente: (RÍO NAPO, 2014)

Tabla 16

Condiciones Operacionales y Dimensiones Tanque de Lavado.

Equipo	Tanque de Lavado	Unidad
Capacidad	20000	BFPD
Temperatura de operación	133	°F
Colchón de agua	6	Ft
Altura Total	40	Ft
Diámetro	60	Ft

Fuente: (RÍO NAPO, 2014)

2.1.4. Sistema de calentamiento.

El sistema de calentamiento de agua está integrado por tres sistemas de bombeo conformados de la siguiente manera:

- Primer grupo de bombas, cuenta con dos bombas (una operativa y otra de respaldo) que alimentan a un calentador industrial. Este sistema permite inyectar agua caliente a 47 psig y 150 °F mediante línea aislada térmicamente aguas arriba de la bota desgasificadora del tanque de lavado. En la Figura 14 se puede observar como está conformado el primer grupo de bombas.

En la Figura 15 se puede observar un registro fotográfico del calentador industrial.



Figura 14. Primer grupo de Bombas - Calentador Industrial.
Fuente: Imagen obtenida por los autores del proyecto. (2014)



Figura 15. Calentador Industrial.
Fuente: Imagen obtenida por los autores del proyecto. (2014)

- En la Figura 16 se puede observar el segundo grupo de bombas conformada por dos bombas. La primera operando a 41.5 psig y 130 °F envía agua proveniente del tanque de lavado a un grupo de cuatro calentadores artesanales (1-2-3-4) operando en serie como se puede observar en la Figura 17, que permiten incrementar la temperatura del agua a una temperatura superior a 160 °F, para inyectar mediante una línea sin aislamiento térmico aguas arriba de la bota desgasificadora del tanque de lavado.

La segunda bomba, operando a una presión de 16 psig y 140 °F, que envía agua proveniente del tanque de lavado a otro grupo de cuatro calentadores artesanales (5-6-7-8) operando en serie como se presenta en la Figura 18, que permiten incrementar la temperatura del agua a una temperatura superior a 170°F, para inyectar mediante una línea de 3 pulgadas de diámetro nominal sin aislamiento térmico directamente en la bota desgasificadora del tanque de lavado.



Figura 16. Segundo grupo de Bombas.
Fuente: Imagen obtenida por los autores del proyecto. (2014)



Figura 17. Primer Grupo Calentadores artesanales.
Fuente: Imagen obtenida por los autores del proyecto. (2014)



Figura 18. Segundo Grupo Calentadores artesanales.
Fuente: Imagen obtenida por los autores del proyecto. (2014)

- La tercera bomba envía el agua proveniente del tanque de lavado a un tercer grupo conformado por tres calentadores artesanales (9-10-11 siendo este último desmontado) operando en serie como se puede observar en la Figura 19, que permiten incrementar la temperatura del agua, para finalmente inyectar el agua mediante un arreglo de tuberías con dos destinos diferentes. El primer calentador se conecta a la línea de agua caliente aislada que transporta el agua proveniente del calentador industrial. El segundo calentador corresponde a una línea nueva sin aislamiento térmico que se encuentra fuera de servicio y tiene la posibilidad de inyectar agua caliente en el fondo del tanque de lavado.



Figura 19. Tercer Grupo Calentadores artesanales.
Fuente: Imagen obtenida por los autores del proyecto. (2014)

2.1.5. Sistema de almacenamiento.

El sistema de almacenamiento está formado por una bota desgasificadora, y el tanque de almacenamiento. Este equipo recibe la producción de los separadores bifásicos (Separadores Bifásicos #1 y #3) que contienen muy bajo corte de agua. El tanque de almacenamiento actual dispone de un sistema manual de control de nivel de crudo. A continuación en la Figura 20 se presenta un registro fotográfico general asociado al sistema de deshidratación.



Figura 20. Bota y Tanque de almacenamiento.
Fuente: Imagen obtenida por los autores del proyecto. (2014)

A continuación en las Tablas 17 y 18 se presentan los datos correspondientes a la bota desgasificadora y al tanque de almacenamiento respectivamente.

Tabla 17

Condiciones Operacionales y Dimensiones Bota Desgasificadora.

Equipo	Bota Desgasificadora	Unidad
Altura Total	60	Ft
Diámetro	6	Ft

Fuente: (RÍO NAPO, 2014)

Tabla 18

Condiciones operación y dimensiones Tanque de Almacenamiento

Equipo	Tanque de Almacenamiento	Unidad
Capacidad	24600	BFPD
Temperatura de operación	106-108	°F
Altura Total	35	Ft
Diámetro	70	Ft

Fuente: (RÍO NAPO, 2014)

2.1.6. Sistema de captación de gas.

El sistema de captación de gas está conformado principalmente por un scrubber de gas, el cual alimenta con gas al sistema de tratamiento de gas combustible para los calentadores de agua (industrial y artesanal). Adicionalmente el sistema de captación de gas cuenta con un sistema de tres compresores.

A continuación en la Figura 21 se presenta un registro fotográfico general asociado al sistema de captación de gas.



Figura 21. Sistema de captación de gas.

Fuente: Imagen obtenida por los autores del proyecto. (2014)

El sistema de tratamiento de gas combustible para los calentadores se encuentra automatizado mediante válvulas de control neumáticas. A continuación en la Figura 22 se muestra un registro fotográfico general asociado al sistema de tratamiento gas combustible.



Figura 22. Sistema de tratamiento de gas combustible para calentadores.
Fuente: Imagen obtenida por los autores del proyecto. (2014)

2.1.7. Sistema de aire de instrumentos.

El sistema de aire de instrumentos está conformado por dos compresores de aire, uno eléctrico y otro a diésel. El compresor eléctrico es utilizado como compresor principal el cual arranca a 105 psig y para a 120 psig. En caso de corte del suministro eléctrico, se pone en servicio el compresor a diésel.

El sistema cuenta con un paquete de secado de aire conformado por dos columnas de secado. Finalmente, el sistema dispone de un pulmón de aire de instrumentos que opera en un rango de presiones entre 103 psig y 112 psig.

El sistema de aire de instrumentos alimenta a las válvulas de control neumáticas de los dos separadores de producción trifásicos, como así también a un pulmón de aire de instrumentos que es utilizado para las válvulas de control del sistema de tratamiento de

gas combustible para los calentadores de agua, y sistema de control del calentador industrial de agua. A continuación en la Figura 23 se presenta un registro fotográfico general asociado al sistema de aire de instrumentos



Figura 23. Sistema de aire de instrumentos.

Fuente: Imagen obtenida por los autores del proyecto. (2014)

2.1.8. Sistema de venteos

La estación Sacha Sur dispone de un sistema de venteo de gas proveniente de los separadores de producción, sistema de venteos de las botas desgasificadoras de los tanques de lavado y almacenamiento, y sistema de venteo de gases de tanques de lavado y de almacenamiento.

El sistema de venteo de gas proveniente de los separadores de producción está conformado por una línea de 6 pulgadas de diámetro nominal que transporta el exceso de gas (gas que no es consumido como combustible en la Estación) hacia un sistema de captación de gas para Petroindustrial, el cual se encuentra cercano a los flares de la Estación Sacha Sur.

El sistema de captación de gas a Petroindustrial opera con una presión de aproximadamente 12 psig. Esta presión es mantenida mediante una válvula reguladora

de presión. El exceso de gas que no es consumido por Petroindustrial, es enviado a tres flares donde el mismo es quemado. A continuación en las Figuras 24 y 25 se presenta un registro fotográfico general asociado al sistema de venteos.



Figura 24. Sistema de venteo de gas de alta presión.
Fuente: Imagen obtenida por los autores del proyecto. (2014)



Figura 25. Sistema de estacas de venteo caliente alta presión.
Fuente: Imagen obtenida por los autores del proyecto. (2014)

El venteo de gas proveniente de las botas de los tanques de lavado y de almacenamiento es enviado por líneas independientes de 16 pulgadas de diámetro nominal a dos estacas de venteo, una para cada tanque, que se encuentran cercanas a las estacas de venteo del sistema de alta presión.

2.1.9. Sistema de inyección de químicos.

La estación Sacha Sur cuenta con tres sistemas de inyección de químicos, los cuales se encuentran distribuidos de la siguiente manera:

- Sistema de inyección de químicos en área de bombas de transferencia de crudo en shelter.
- Sistema de inyección de químicos cerca del área de calentadores y tanque de lavado en shelter.
- Sistema de inyección de químicos cerca del área de tanque de surgencia en shelter.

A continuación en las Figuras 26 y 27 se presenta un registro fotográfico general asociado al sistema de inyección de químicos.



Figura 26. Sistema de inyección de químicos vista lateral.
Fuente: Imagen obtenida por los autores del proyecto. (2014)



Figura 27. Sistema de inyección de químicos vista frontal.
Fuente: Imagen obtenida por los autores del proyecto. (2014)

2.2. Funcionalidad del sistema deshidratación y almacenamiento. (RÍO NAPO, 2014)

La Estación Sacha Sur recibe fluido multifásico o producción (gas-crudo-agua) proveniente de distintos pozos operativos. Esta producción arriba al múltiple de prueba y múltiple de producción de la estación.

El fluido de producción es direccionado a través de válvulas de bloqueo ubicadas en el múltiple de producción a los distintos separadores, en función del corte de agua que contenga.

La producción de los pozos cuyo corte de agua sea menor al 5%, es enviada a dos separadores bifásicos (separadores producción #1 y #3). Las corrientes de salida de estos separadores, previamente desgasificadas, son enviadas hacia la bota del tanque de

almacenamiento (surgencia), sin pasar por el tanque de lavado. El gas separado en estos separadores bifásicos, se envía hacia el sistema de captación de gas y venteo de la estación.

La producción que posee un corte de agua mayor al 5%, es enviada a dos separadores trifásicos (separadores producción #4 y #5) y a un separador bifásico (separador producción #2). El crudo que sale de los separadores de producción 2, 4 y 5 es enviado hacia el sistema de lavado. El agua libre separada en los separadores trifásicos es enviada a un sistema de almacenamiento de agua para su posterior reinyección. Finalmente, el gas proveniente de los separadores es enviado hacia el sistema de captación y venteo de la estación.

2.2.1. Proceso de deshidratación.

En el proceso de deshidratación el fluido ingresa a la bota desgasificadora. El gas separado es enviado al sistema de antorcha de baja presión. El fluido (crudo/agua) libre de gas, es enviado al tanque de lavado donde mediante inyección de químicos y por efectos gravitacionales, de coalescencia y tiempo de residencia se obtiene crudo en especificación y agua de producción.

El crudo en especificación sale por la parte superior del tanque de lavado, y es enviado por gravedad al tanque de almacenamiento (surgencia). Por otro lado, parte del agua separada en el tanque de lavado es utilizada para ser calentada mediante un sistema de bombas y calentadores para retornar nuevamente al tanque de lavado. El agua de producción restante, es enviada a un sistema de almacenamiento de agua para su posterior reinyección. Finalmente, el tanque dispone de un sistema de venteo atmosférico conformado por una estaca de venteo frío.

2.2.2. Proceso de almacenamiento.

El sistema de almacenamiento recibe la producción de los separadores bifásicos (Separadores Bifásicos #1 y #3) que contienen muy bajo corte de agua. Esta producción ingresa aguas arriba de la bota desgasificadora. Por otro lado, la producción de crudo

en especificación proveniente del tanque lavador ingresa al tanque de almacenamiento aguas abajo de la bota desgasificadora.

El crudo almacenado en el tanque de almacenamiento es enviado a dos destinos bien diferenciados, cuya toma se encuentra a 12 pies de altura aproximadamente. El primer destino corresponde a crudo que es enviado al sistema de power oil, y el segundo que corresponde al crudo enviado a la Estación Sacha Central, mediante un sistema de bombas booster (refuerzo) y bombas de transferencia.

Actualmente el control de nivel se lo realiza de forma manual manteniendo una altura mínima en el tanque de almacenamiento, y mediante el encendido y apagado del sistema de bombeo, lo cual permite recuperar el nivel en el tanque.

El esquema de encendido y apagado de bombas es el siguiente:

- 08H00 – 16H00: Arranque de bombas y bombeo.
- 16H00 – 00H00: Paro de bombas.
- 00H00 – 04H00: Arranque de bombas y bombeo.
- 04H00 – 08H00: Paro de bombas.

2.3. Recopilación de requerimientos de la empresa.

Debido a la situación actual de las instalaciones del sistema de deshidratación y almacenamiento de la estación Sacha Sur detallada en el apartado 1.2 referente a la justificación e importancia del proyecto, y considerando las ampliaciones futuras de la estación debido a una campaña de perforación, ARCH ha decidido llevar a cabo el desarrollo de las Ingenierías Conceptual, Básica y Detalle para la optimización del sistema mencionado en dicha estación.

Operaciones RÍO NAPO Compañía de Economía Mixta por intermedio de la Agencia de Regulación y Control Hidrocarburífero (ARCH) estableció como punto de partida la inclusión de un “Tanque Multipropósito” como solución a los problemas existentes en el sistema de deshidratación y almacenamiento, cuyo requerimiento

principal emitido por parte de la empresa es que el funcionamiento de este se desarrolle de manera automática.

Se requiere que el tanque multipropósito opere en una primera fase como tanque de lavado, para obtener crudo en especificación. Consecuentemente, durante una segunda fase de operación, el Tanque Multipropósito operará como tanque de almacenamiento de crudo en especificación.

Es importante mencionar que durante la primera etapa de operación del Tanque Multipropósito, en la estación Sacha Sur no se contará con las facilidades definitivas asociadas a sistema de alivios y venteos. Para esta etapa, el Tanque Multipropósito dispondrá de facilidades de venteo temporales.

Por otro lado, ARCH requiere que en el tanque se tenga una operación segura y confiable, para lo cual se deben considerar las facilidades relacionadas con sistemas auxiliares que permitan cumplir con este objetivo; tales como, sistema de inyección de químicos, facilidades de drenaje, sistema de aire de instrumentos.

Finalmente, para el desarrollo de la ingeniería, la empresa solicita que se realice un análisis de la alternativa propuesta, cuando el Tanque Multipropósito opere como tanque de lavado, y cuando opere como tanque de almacenamiento, por lo que requiere de una simulación del monitoreo del proceso. Se requiere además de un estudio técnico de los elementos que intervengan en el proceso de automatización del sistema.

2.4. Diagrama de flujo de bloque del proceso actual

En la Figura 28 se muestra el diagrama de flujo del proceso actual de producción de la Estación Sacha Sur, en donde se puede observar esquemáticamente la funcionalidad del Sistema de Deshidratación y Almacenamiento y los procesos que intervienen, descritos en el apartado 2.2.

En el diagrama mostrado en la Figura 28 las corrientes ligeras (gases) van por el tope mientras que las corrientes pesadas (líquidos y sólidos) van por el fondo.

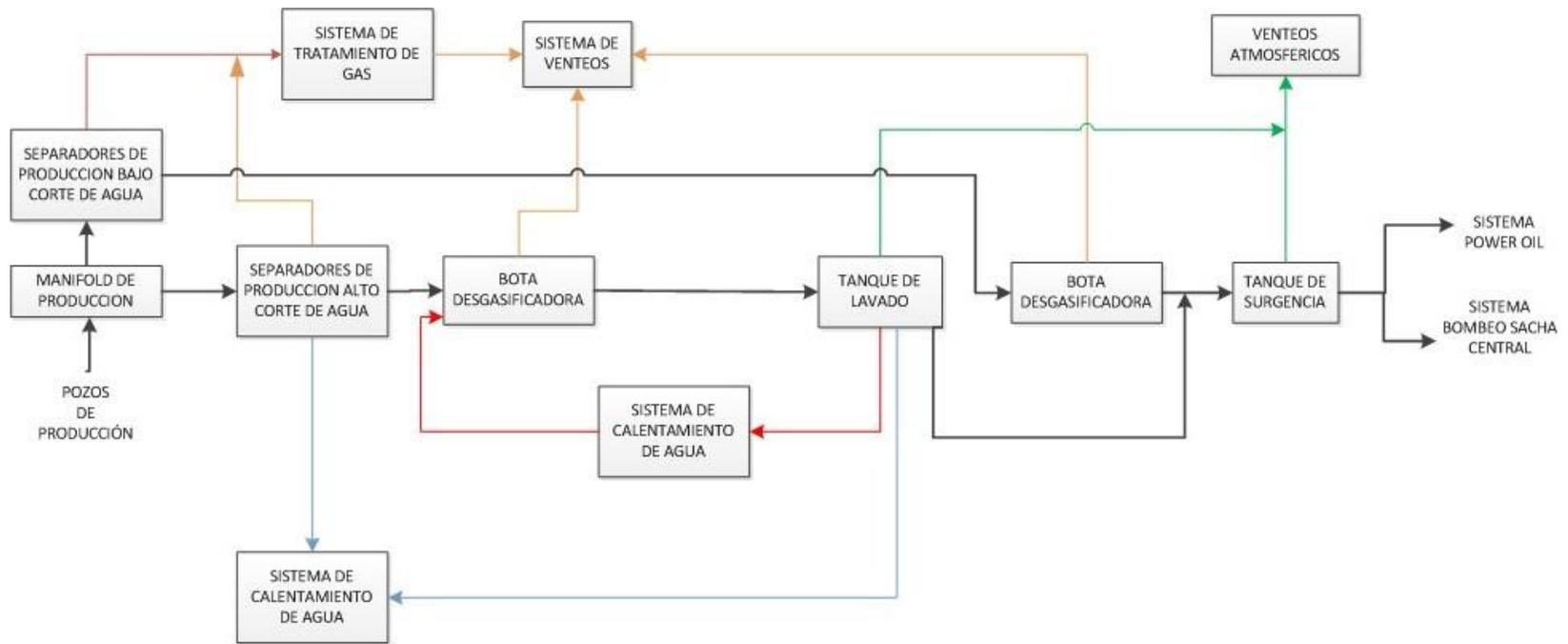


Figura 28. Diagrama de Flujo del proceso de producción de la Estación Sacha Sur
Fuente: Esquema elaborado por los autores del proyecto. (2014)

2.5. Soluciones para la optimización del proceso de deshidratación y almacenamiento.

Al realizar un reconocimiento global de las condiciones actuales del sistema de deshidratación y almacenamiento de la estación Sacha Sur, se ha identificado diversos problemas que afectan el óptimo desempeño del proceso de deshidratación y almacenamiento de crudo. A continuación se detallan los problemas encontrados en cada una de las fases del proceso proponiendo para ellos una alternativa de solución.

2.5.1. Sistema de lavado (RÍO NAPO, 2014)

En el sistema de lavado de acuerdo a lo observado no es posible mantener un control estable de la temperatura en el tanque de lavado. Adicionalmente, el sistema de calentamiento asociado al sistema de lavado tampoco dispone de un sistema de control de temperatura, y la mayoría de las líneas que transportan el agua caliente hacia el sistema de lavado no disponen de aislamiento térmico; es decir, se pierde energía térmica a través de dichas líneas.

Actualmente, para controlar la temperatura en el sistema de lavado, los operadores intentan realizarlo de forma manual mediante el encendido o apagado del sistema de calentadores de agua. Esta operación es muy inestable especialmente cuando se producen cambios de temperatura ambiente, o cambios en las condiciones meteorológicas (lluvias), que hacen que se desequilibre el sistema de deshidratación secundaria, haciéndose más difícil la obtención de crudo en especificación. Frente a estos problemas los autores del proyecto hemos propuesto a la empresa (ARCH) implementar un sistema de control para el sistema de calentamiento de fluido con el objeto de controlar la temperatura del proceso.

Otra problemática encontrada en el tanque de lavado actual es la falta de un sistema automático para mantener el nivel del colchón de agua en el tanque. Actualmente, este control se lo realiza de forma manual mediante la apertura o cierre de una válvula que permite desalojar el agua del tanque enviándola hacia el sistema de almacenamiento de

agua. Como solución a esta problemática hemos propuesto a la empresa que el nuevo sistema de lavado disponga de un sistema automático de control de nivel del colchón de agua.

Adicionalmente el tanque de lavado actual no dispone de un sistema de gas de blanketing (manto), razón por la cual el techo del mismo se encuentra en mal estado como se puede observar en la Figura 29; además, el equipo presenta señales de corrosión. Ante este problema los autores del proyecto hemos propuesto a la empresa que en caso de la instalación de un sistema de gas de blanketing se utilice válvulas autoregulatoras.



Figura 29. Techo del Tanque de Lavado
Fuente: Imagen obtenida por los autores del proyecto. (2014)

Dentro del proceso de deshidratación es importante monitorear el nivel de fluido en el tanque de lavado; actualmente esto significa un problema debido a que el tanque de lavado no dispone de un sistema automático para medir su nivel. En la actualidad, el nivel en este tanque se lo mide mediante cinta. Frente a este problema hemos propuesto a la empresa la inclusión de un sistema de medición de nivel automático en el nuevo sistema de lavado.

Finalmente el sistema de lavado actual no dispone de un sistema automático para la inyección de químicos en el proceso de deshidratación de crudo, por lo que la dosificación en el ingreso de los químicos no es eficiente. Como solución a esta problemática los autores del proyecto hemos propuesto a la empresa en el nuevo

sistema de lavado incluir un sistema de dosificación automático con la finalidad de mejorar la operación de separación de la emulsión (agua/crudo) dentro del proceso de lavado de crudo.

Adicionalmente dentro de la optimización del sistema de deshidratación y almacenamiento es importante tener en cuenta la inclusión de un sistema de drenajes con el objetivo de recolectar los drenajes provenientes de los procedimientos de lavado y almacenamiento. Para solventar este requerimiento hemos propuesto a la empresa que el control de este nuevo sistema sea automático.

2.5.2. Sistema de almacenamiento

De acuerdo a lo observado el tanque de almacenamiento actual no dispone de un sistema automático de control y medición de nivel de crudo. Actualmente, el control de nivel se lo realiza de forma manual manteniendo una altura mínima en el tanque, y mediante el encendido y apagado del sistema de bombeo, lo cual permite recuperar el nivel en el tanque; además la medición del nivel en el tanque de almacenamiento se realiza mediante cinta. Frente a estos problemas los autores del proyecto hemos propuesto a la empresa que en el nuevo sistema de almacenamiento se incluya un sistema de control y medición de nivel automático. (RÍO NAPO, 2014)

2.5.3. Sistemas auxiliares

a) Sistema de separación.

En el sistema de separación primaria el control de nivel de los equipos de separación bifásicos es completamente manual. Esta situación hace que el control de nivel en cada uno de los separadores sea complejo y delicado, especialmente cuando las condiciones climáticas cambian, o cuando se requiere desviar la producción a distintos separadores además al ingreso o salida de cada uno de los separadores no se dispone de válvulas de bloqueo (Shut down) propiamente dichas. Al ingreso de todos los equipos se dispone únicamente de un dispositivo (válvula de tres vías con activación mecánica) que deriva la producción hacia los otros separadores, en caso de incremento de nivel en

uno o más separadores. En la Figura 30 y 31 se presenta un registro fotográfico de lo antes descrito. (RÍO NAPO, 2014)



Figura 30. Válvula de ingreso a separadores de producción.
Fuente: (RÍO NAPO, 2014)



Figura 31. Válvula de salida separadores de producción.
Fuente: (RÍO NAPO, 2014)

Para solventar los problemas encontrados en el sistema de separación los autores del proyecto hemos propuesto a la empresa automatizar el control de todos los separadores (producción y prueba), con excepción de los dos separadores trifásicos que ya disponen de dispositivos de control automático, o en su defecto, remplazar los separadores del tipo bifásico por separadores del tipo trifásico, completamente automatizados, además incluir al ingreso y salida de cada separador válvulas de bloqueo con el objeto de disponer de una operación más estable, confiable y segura.

2.6. Filosofía de operación y control preliminar

Se establece los criterios de operación y control para la optimización del sistema de deshidratación y almacenamiento tomando como base las instalaciones y la operación actual del sistema abordada en los apartados 2.1 y 2.2 respectivamente.

El proceso de deshidratación de crudo inicia con el ingreso de fluido multifásico al sistema de separación primaria, que estará constituido por separadores de producción; la corriente de salida del fluido crudo-agua de los separadores será direccionada a un sistema de bombeo con la finalidad de mantener la presión de operación del sistema de separación primaria, evitando disminuciones en la producción de los distintos pozos que alimentan a la Estación Sacha Sur.

El fluido que sale del sistema de bombeo será enviado hacia los calentadores, con la finalidad de incrementar su temperatura y mantener un control de la misma, evitando así la formación de ceras parafínicas durante el proceso de lavado de crudo.

El fluido previamente calentado será enviado hacia la bota del nuevo tanque que conformará el sistema de lavado de crudo, donde se produce la desgasificación del fluido, junto con la disminución progresiva de la presión.

El fluido desgasificado será enviado al tanque del sistema de lavado, de donde se obtendrá tres corrientes de salida: gas, crudo en especificación y agua. Se tendrá un sistema de inyección de químicos al tanque de lavado que complementa el proceso de deshidratación de crudo. El crudo en especificación será enviado hacia el tanque de surgencia secundario.

Finalmente para ayudar al proceso de deshidratación de crudo es necesario la formación de un colchón de agua en el interior del tanque de lavado. El colchón de agua dentro de este tanque debe mantener un nivel de 8 pies, para lo cual se diseñarán dos sistemas que permitan mantener dicho nivel, el primer sistema estará encargado del ingreso de agua cuando el nivel de colchón sea menor a 8 pies y el segundo sistema permitirá el mantenimiento del nivel de agua, mediante el desalojo del exceso de la misma.

El proceso de almacenamiento consistirá en almacenar el crudo en especificación a través de un tanque el mismo que permitirá el transporte del petróleo hacia Sacha Central. Adicionalmente se tendrá un control del nivel total de llenado en el tanque.

CAPÍTULO III

INGENIERÍA BÁSICA

3.1. Diseño de la automatización del nuevo sistema de deshidratación y almacenamiento

Para el diseño de la automatización del nuevo sistema de deshidratación y almacenamiento se ha seguido los requerimientos y recomendaciones de la Agencia de Regulación y Control Hidrocarburífero (ARCH) y además se ha recibido la colaboración de ORNCEM.

3.1.1 Descripción de funcionamiento del Tanque Multipropósito. (RÍO NAPO, 2014)

Debido a que Operaciones Río Napo Compañía de Economía Mixta por intermedio de la Agencia de Regulación y Control Hidrocarburífero (ARCH) fijó como punto de partida la inclusión de un “Tanque Multipropósito” como solución a los problemas existentes en el sistema de deshidratación y almacenamiento es necesario determinar cual sería el funcionamiento del mismo, para posteriormente establecer las áreas a automatizar del tanque para así poder cumplir con el requerimiento principal emitido por parte de la empresa, el mismo que se centra en la operación automática del sistema de deshidratación y almacenamiento.

El Tanque Multipropósito estará en la capacidad de manejar dos funciones operativas en la Estación Sacha Sur, como tanque lavador y como tanque de almacenamiento de petróleo. Esta versatilidad influye tanto en el dimensionamiento, instrumentación e interconexión del tanque con las facilidades existentes de la Estación Sacha Sur.

El dimensionamiento que realizó la empresa se fundamentó en la operación del Tanque Multipropósito como tanque lavador, en el cual ORNCEM evaluó longitudes

efectivas de separación y tiempo de residencia que permitieron obtener las dimensiones y capacidad definitiva del tanque, para obtener petróleo en especificación con un contenido de agua a la salida del tanque entre 0.8% y 1.0% de BS&W.

Durante el proceso de deshidratación el fluido multifásico primero deberá ingresar a una bota desgasificadora, la misma que cumple la función de separar el gas asociado con el fluido de producción antes de ingresar al Tanque Multipropósito, debido a la gasificación de los componentes más livianos del petróleo, al disminuir la presión del fluido. Es decir, este equipo cumple la función de liberar los gases que puedan afectar la eficiencia de separación de la emulsión debido a turbulencias en la dispersión de la emulsión en el tanque lavador, debido al burbujeo de los gases.

La caracterización del fluido multifásico a procesar y almacenar en el nuevo tanque multipropósito que se instalará en la Estación Sacha Sur, considera como datos de partida los siguientes recursos:

- Gas: Datos de composición mediante un análisis por cromatografía.
- Crudo: Datos de viscosidad a dos temperaturas distintas y gravedad específica.
- Agua: Análisis de calidad del agua.

Para el Tanque Multipropósito la temperatura que se considera como variable referencial para el fluido producido, será resultado del promedio de las temperaturas de cada uno los separadores bifásicos y trifásicos que actualmente están operando en la Estación Sacha Sur, que es aproximadamente 114 °F.

Operación como tanque de lavado

Durante la primera fase de funcionamiento el Tanque Multipropósito operará como tanque de lavado. A continuación se realiza la descripción de la operación del tanque bajo este esquema.

El fluido de producción (crudo/agua) proveniente del sistema de separación primaria, antes de ingresar al Tanque Multipropósito incrementará su presión mediante el sistema de bombeo, y posteriormente aumentará su temperatura en el sistema calentamiento.

El fluido caliente ingresará al Tanque Multipropósito, el mismo que estará conformado por una bota desgasificadora y el tanque propiamente dicho. Es importante mencionar que el fluido de producción (crudo/agua) al pasar por el sistema de calentamiento, genera vaporización de hidrocarburos, obteniéndose flujo multifásico en la línea de ingreso al tanque. La fase gaseosa asociada a la fase líquida (crudo/agua) debe ser separada antes de ingresar al Tanque Multipropósito; la separación de fases (gas/líquido) se realizará en la bota desgasificadora.

El fluido bifásico (líquido/gas) ingresará a la bota desgasificadora mediante una línea de 16" de diámetro nominal, la cual dispondrá de aislamiento térmico y contará además con tres puntos para inyección de químicos (demulsificante, inhibidor de corrosión, anti escala). El fluido de producción ascenderá por el interior de la bota a través de una tubería interior de 16" de diámetro nominal, la cual contará con un baffle en la parte superior. En este equipo se realiza la separación de las fases líquido – gas. La fase gaseosa separada, será enviada al colector de venteos, que finalmente arribará al sistema de venteos. Por otro lado, la fase líquida (crudo/agua) será enviada al Tanque Multipropósito, mediante una línea de 16" de diámetro nominal.

Una vez desgasificado el fluido, éste ingresará al tanque, y pasará por un sistema distribuidor. Este sistema tiene la función de realizar una división del caudal, en el interior del tanque, lo más homogénea posible, para mantener un patrón de flujo laminar, con el objeto de facilitar las operaciones de lavado. Además, en el interior del tanque se mantendrá constante un colchón de agua (8 ft), con el objeto de mejorar la eficiencia en el proceso de deshidratación del petróleo; es decir, el fluido de producción que ingresará al tanque se pondrá en contacto con el colchón de agua.

En la zona del colchón de agua se realizará el lavado y la separación de las gotas de agua más gruesas. Adicionalmente, en el interior del tanque se dispondrá de baffles que favorecen la coalescencia (agua contenida en el petróleo) de las gotas, mejorando aún más la eficiencia de deshidratación del equipo, por incremento en el tiempo de residencia.

Una vez lavado el petróleo, éste ascenderá a través de la zona de coalescencia, donde por efectos gravitacionales, efectos de inyección de químicos, y tiempo de residencia se realizará la deshidratación de petróleo, hasta obtener en el nivel superior crudo en especificación. En la Figura 32 se muestra la forma de agrupación de los fluidos dentro del Tanque Multipropósito. Es importante destacar que la forma de agrupación de los fluidos no posee linderos definidos sino que los límites se mezclan entre sí.

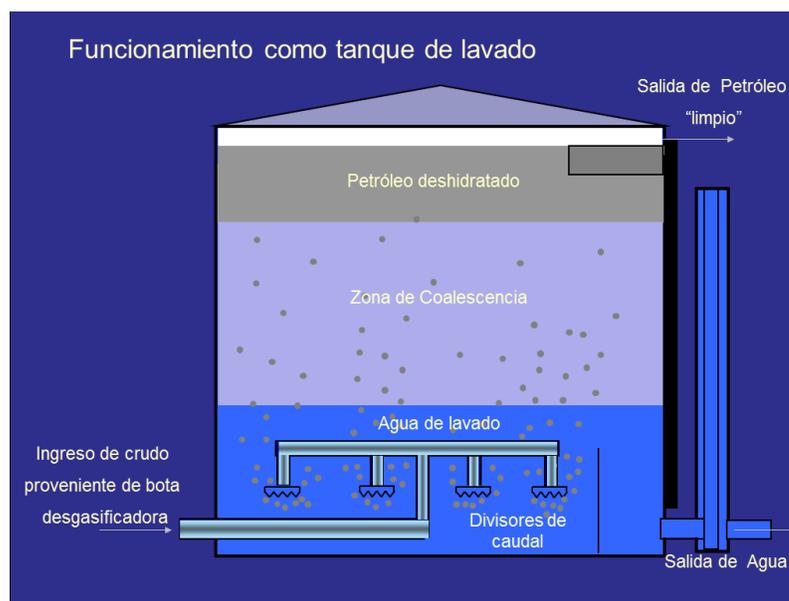


Figura 32. Agrupación de fluidos en el Tanque Multipropósito
Fuente: (Aguirre, 2009)

El Tanque Multipropósito contará con cuatro salidas de crudo en especificación, instaladas a diferentes alturas. Estas tomas de petróleo (12" de diámetro nominal) darán flexibilidad operativa e incrementarán el tiempo de residencia en el interior del tanque, para obtener crudo en especificación.

El crudo (en especificación), será enviado al tanque de almacenamiento secundario a través de un colector de 16" de diámetro nominal que se conecta entre la bota y el tanque. El agua de producción separada en el tanque, será desalojada del mismo mediante un sistema de bombeo. Para proteger al Tanque Multipropósito, éste dispondrá de dos válvulas de presión y vacío con arresta llamas, y una tapa de seguridad. Además, para evitar problemas de corrosión en el interior del tanque, se dispondrá de dos válvulas; una para inyección y otra para desalojo de gas de blanketing. El gas de venteado proveniente de las válvulas de presión y vacío o válvula será enviado al colector, para finalmente arribar al sistema de venteo.

Operación como tanque de almacenamiento

Durante la segunda fase de funcionamiento el Tanque Multipropósito operará como tanque de almacenamiento de petróleo en especificación. A continuación se realiza una descripción general de la operación del tanque bajo este esquema.

ORNCEM ha visualizado instalar a futuro un sistema de deshidratación secundaria conformado por separadores electrostáticos. Bajo este escenario, no se requerirá la operación del Tanque Multipropósito como tanque lavador, y pasará a operar como tanque de almacenamiento de petróleo en especificación.

El crudo en especificación proveniente del sistema de separación secundaria (separadores electrostáticos), ingresará a la bota desgasificadora. El Tanque Multipropósito al operar como tanque de almacenamiento de crudo en especificación, dispondrá de las facilidades para alimentación al sistema de bombeo que envía petróleo a Sacha Central, y al sistema de bombeo de Power oil.

3.1.2 Dimensionamiento de Tanque Multipropósito y de la bota desgasificadora (RÍO NAPO, 2014)

El análisis de producción futura que permitió a ORNCEM definir las condiciones de dimensionamiento del Tanque Multipropósito, se realizó en base al perfil de producción de petróleo, agua y gas de la Estación Sacha Sur, en donde se consideró un

intervalo de tiempo desde el año 2013 hasta el año 2027; de este periodo se determinó los casos más extremos para el dimensionamiento del tanque cuando funcione como tanque lavador y que cubra los requerimientos de producción futura. En la Tabla 19 se muestra el pronóstico de producción del Campo Sacha Sur.

Los criterios que permitieron definir la capacidad y dimensionamiento del Tanque Multipropósito son los siguientes:

- Máxima producción de fluido de producción.
- Máxima producción de petróleo.
- Máxima producción de agua.

Tabla 19

Perfil Anual de producción campo Sacha Sur.

Año	Caudal de Petróleo (BOPD)	Caudal de Agua (BWPD)	Flujo de Gas (MMSCFD)	Líquido Total (BFPD)
2013	35433,5	23655,3	5,81	59088,8
2014	37890,4	27942,4	6,16	65832,7
2015	38032,4	33439,4	6,22	71471,9
2016	35472,3	34115,6	5,83	69587,9
2017	34596,9	33594,6	5,77	68191,5
2018	33549,2	35337,9	5,66	68887,1
2019	27683,6	31643,1	4,68	59326,7
2020	22875,5	27456,8	3,87	50332,4
2021	18934,3	25827,9	3,20	44762,2
2022	15703,6	23857,3	2,66	39560,9
2023	13055,3	21736,1	2,21	34791,5
2024	10884,5	19688,2	1,85	30572,7
2025	9105,1	18334,4	1,55	27439,5
2026	6565,2	13220,1	1,11	19785,3
2027	5403,0	10879,7	0,92	16282,6

Fuente: (RÍO NAPO, 2014)

En la Figura 33,34 y 35 se muestra un pronóstico de producción de petróleo, agua y gas respectivamente del Campo Sacha Sur.

Se busca a través de estos pronósticos determinar el año de mayor producción de petróleo.

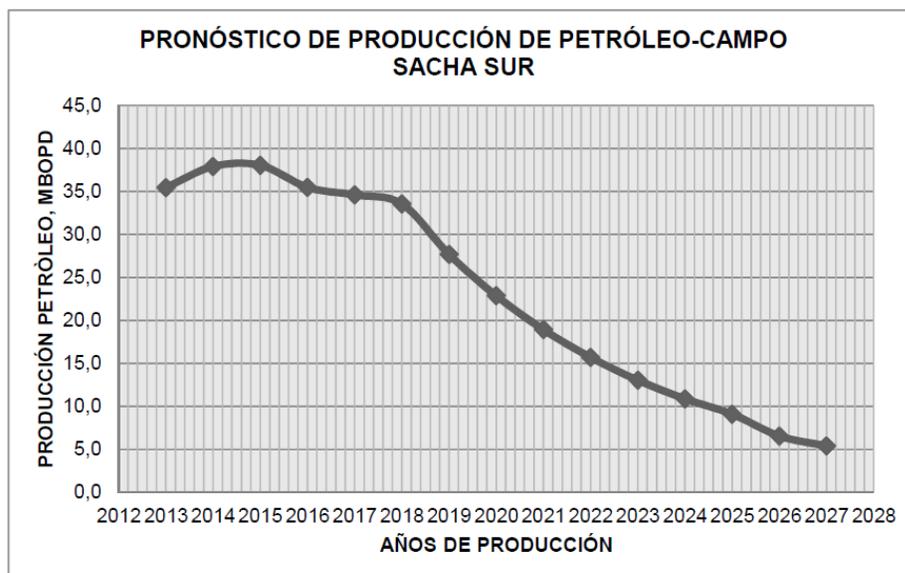


Figura 33. Pronóstico de producción de petróleo – Campo Sacha Sur.
Fuente: (RÍO NAPO, 2014)

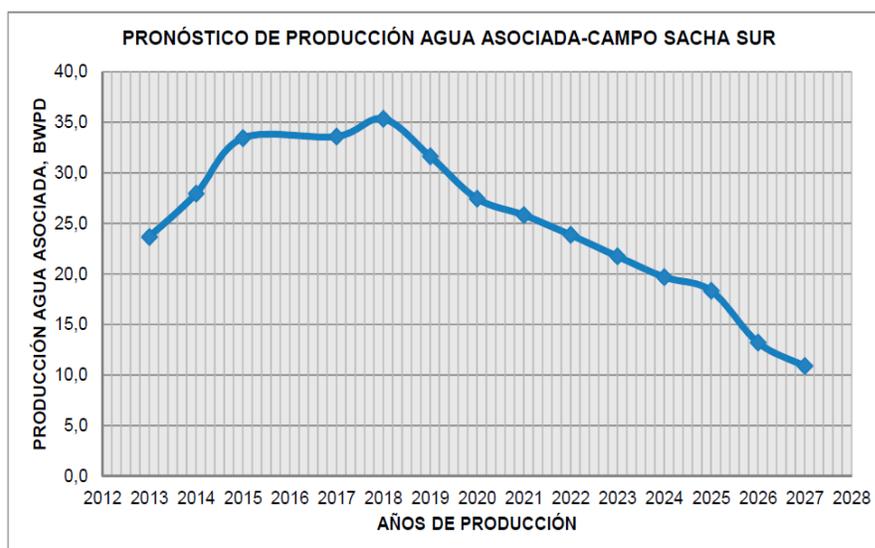


Figura 34. Pronóstico de producción de agua – Campo Sacha Sur.
Fuente: (RÍO NAPO, 2014)

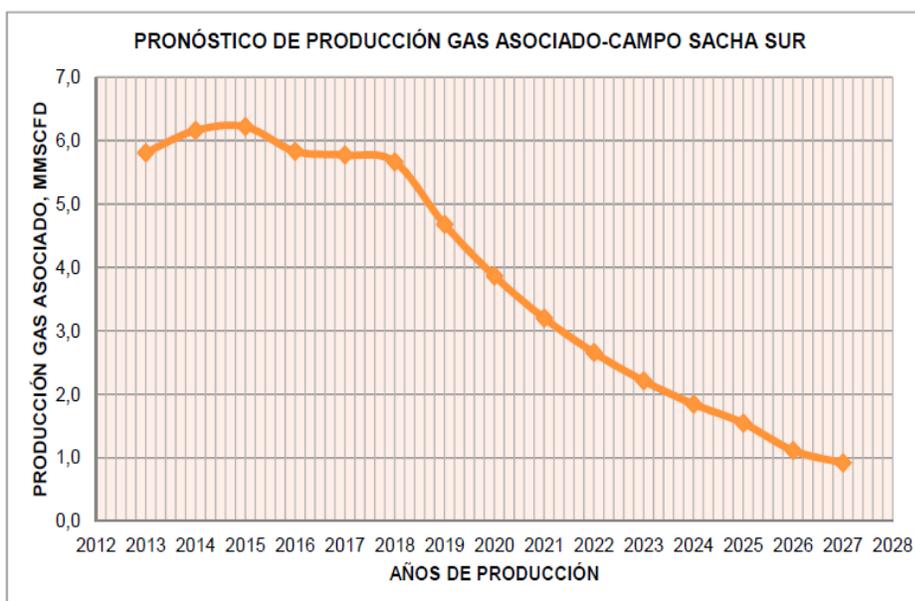


Figura 35. Pronóstico de producción de gas – Campo Sacha Sur.
Fuente: (RÍO NAPO, 2014)

De acuerdo al pronóstico de producción mostrado ORNCEM consideró el año 2015 como el año de mayor producción de petróleo con un corte agua del 35% para determinar el dimensionamiento del Tanque Multipropósito, en la Figura 36 se presentan los resultados obtenidos por la empresa.

Se tiene como resultado que la capacidad óptima bruta del tanque es de 28200 BBL's (Diámetro = 60 ft; Altura = 56 ft) y se estima que el Tanque Multipropósito cuando opere como tanque de almacenamiento de petróleo tendrá una capacidad de almacenamiento del orden de los 26600 BBL's, considerando un volumen muerto del orden del 1.5 pies.

Cálculo del tiempo de residencia					
Altura de coalescencia	1	2	3	4	5
Factor	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12
Tiempo de residencia, min	387,0	353,0	318,9	284,8	284,8
horas	6,5	5,9	5,3	4,7	4,7

Continúa →

ESTIMACIÓN DE COMPORTAMIENTO TANQUE DE LAVADO					
Tanque de lavado existente considerando un corte de agua del 35% y 27,1° API para la producción 2015					Dimensiones nuevas
DATOS:					
	Unidades Internacionales			Unidades petroleras	
Gravedad específica del crudo:	0,891	@ 15,56 °C			27,27 °API
Gravedad específica del agua:	0,991				0,9911
Corte de agua de ingreso:	35,0%	porcentaje			35%
Flujo de Fluido de entrada:	9303	m ³ /d			58511,4 bpd
Flujo de crudo de entrada:	6047	m ³ /d			38032,4 bopd
Temperatura de ingreso:	45,6	°C			114 °F
Corte de agua de salida:	0,8%				28199 BBL
T1 REF	15,6	°C			60 °F
PRESIÓN REF	-				0 psig
PRESIÓN	-				0,0625 psig
Diámetro del tanque	18,29	m			720 in
Factor de Turbulencia F Gunbarrels	1,43				
Altura del tanque nominal	17,1	m			672 in
Altura Bruta	16,1	m			633 in
Altura agua	2,44	m			96 in
Altura 1 de petróleo	16,07	m			633 in
Altura 2 de petróleo	14,87	m			585 in
Altura 3 de petróleo	13,67	m			538 in
Altura 4 de petróleo	12,47	m			491 in
Altura 1 de coalescencia	13,63	m			537 in
Altura 2 de coalescencia	12,43	m			489 in
Altura 3 de coalescencia	11,23	m			442 in
Altura 4 de coalescencia	10,03	m			395 in
Altura 5 de coalescencia	10,03	m			395 in
4483,58386 m ³					
28199 BBL					
60,0 ft					
56,0 ft					
8,0 ft					
52,7 ft					
48,8 ft					
44,8 ft					
40,9 ft					

Estimación de las propiedades de crudo y propiedades del agua						
Cálculo de la constante k: -0,015 Cte k @ T ref. 86°F						
Temperatura (°C)	45,6	50,0	55	60	63,9	°C
Temperatura (°F)	114	122	131	140	147,0	°F
ΔT	0	8	17	26	32,984	°F
Viscosidad	19,910	17,590	15,302	13,311	11,946	cP
Densidad Estimada	874,6	872,1	869,3	866,5	864,4	kg/m ³
Densidad agua	991,70	988,20	984,30	980,40	977,40	kg/m ³

Propiedades Físicas del Crudo					
Se toman de viscosidad para un petróleo de S.G.: 0,891					
S.G	°API	Temperatura / viscosidad			
0,8912	27,27	45,6	55,0	63,88	°C
Temperatura		114	131	147	°F
ΔT		0	17	32,984	°F
Viscosidad		19,91	15,08	11,95	cP

Cálculos del tamaño de partícula asociado y % de corte de agua a ser alcanzado en función de temperatura						
Viscosidad	19,910	17,590	15,302	13,311	11,946	
Tamaño Partícula	405,5	393,1	379,6	366,6	356,8	
Factor corrección	200	200	200	200	200	
dm1%	423,2	410,3	396,2	382,6	372,4	μm
Temperatura	46	50	55	60	64	°C
Δ S.G	0,117	0,116	0,115	0,114	0,113	
dm	429	405	379	356	338	μm
Corte de agua salida	1,04%	0,96%	0,88%	0,80%	0,75%	Cumple
Long. efectiva de separación	32,9	32,9	32,9	32,9	32,9	ft
	395	395	395	395	395	in
Agua remanente en crudo	399,48	368,68	336,75	307,66	286,77	bwpd

Figura 36. Dimensionamiento del Tanque Multipropósito.
Fuente: (RÍO NAPO, 2014)

A partir de los cálculos realizados para el dimensionamiento del Tanque Multipropósito la empresa realizó el dimensionamiento de la bota desgasificadora, obteniendo los resultados mostrados en las Figuras 37 y 38.

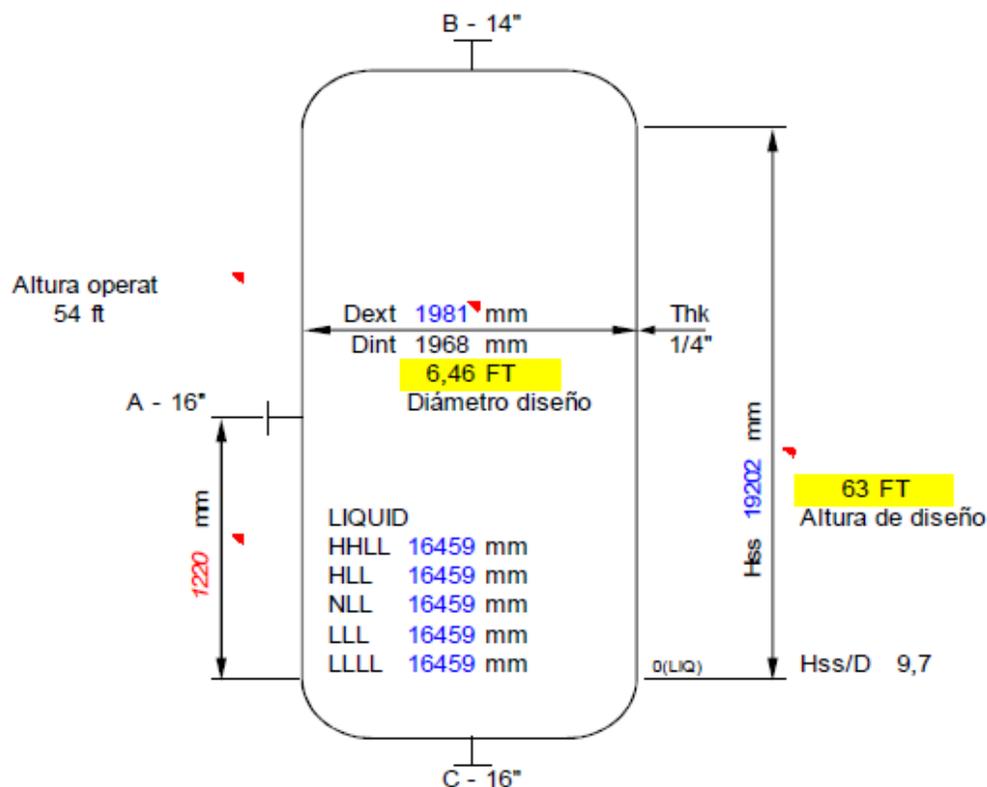


Figura 37. Medidas de la bota desgasificadora.
Fuente: (RÍO NAPO, 2014)

PROPERTIES, OPERATING & DESIGN CONDITIONS			
Operating Conditions	0,012 barg	@	60 °C
Mech. Design Conditions	3,5 barg	@	88 °C
Phase		Gas	Liquid
Mass Flow	kg/h	303	359400
Act Vol Flow	Am3/h	263,5	398,54
Gas Std Vol Flow	SCMD	5564	-
Density	kg/m3	1,1	902
Viscosity	cP	0,0114	44,2
Surface Tension	mN/m	-	26,4 66,1
Compressibility	-	0,99	-

Continúa →

GRAVITY SETTLING (@ Operating Conditions)						
Phase	Area [m ²]	vel v [m/s]	vt [m/s]	Dp [μm]	tr [min]	K [m/s]
Gas	3,043	0,0241	0,0241	24	1,90	0,001
Liquid	3,043	0,0364	0,0364	1811	7,5	0,0364

MAIN NOZZLES						
	NPS	Sch	vel [m/s]	ρv ² [Pa]	ΔP/L [bar/km]	ΔP _{cnx} [kPa]
Inlet	16"	STD	1,6	1323	0,49	0,662
Gas Outlet	14"	STD	0,8	0,78	0,00	0,000
Liquid Outlet	16"	STD	0,94	796	0,35	0,199

THICK, VOLUME & WEIGHT			
Thick (Shell)		Construction Material	
Code	ASME VIII Div.1	Material	CS
Dext [mm]	1981	ρmat [kg/m ³]	7800
Pdis [bar g]	3,5	Volume [m ³] (Shell + Heads)	
Material	SA 516 Gr 70	Material	0,813
S [kg/cm ²]	1406	Empty	60,425
E	1	Weight [kg] (Shell + Heads)	
CA [mm]	3,2	Empty	6341
t [mm]	5,68	Operation	51514
Δt [in]	1/8	Water Fill	66766
t adop [mm]	6,35		
t adop [in]	1/4		
Padm [bar g]	4,39		

Figura 38. Dimensionamiento de la bota desgasificadora.

Fuente: (RÍO NAPO, 2014)

Es importante mencionar que la temperatura considerada para el diseño de la bota desgasificadora es de 140 °F. La empresa consideró esta temperatura con el objeto de obtener mayor desgasificación de gas asociado para efectos de diseño.

El dimensionamiento de la bota desgasificadora permite observar que el tiempo de residencia para la fase líquida, está acorde a lo indicado por la norma API 12J; es decir, para hidrocarburos con gravedad específica del orden entre 20 °API y 30 °API, el tiempo de residencia debe estar entre 1 y 2 minutos de acuerdo a la norma, pero por tratarse de un fluido mezcla de agua y crudo, como fase líquida, y gas asociado, el tiempo establecido de residencia es de 7.5 minutos.

3.1.3 Interconexión del Tanque Multipropósito (RÍO NAPO, 2014)

El Tanque Multipropósito deberá interconectarse con las facilidades existentes que dispone la Estación Sacha Sur, para cumplir las funciones de tanque de lavado y tanque de almacenamiento.

ORNCEM para la instalación del nuevo Tanque Multipropósito se planteó que las etapas de interconexión entre las instalaciones existentes con las nuevas instalaciones asociadas al montaje de este tanque, deben realizarse de tal manera que se evite paradas de producción en la Estación Sacha Sur.

De acuerdo a lo indicado en el párrafo anterior, la empresa determinó la instalación de un nuevo colector de producción que permita el transporte del fluido proveniente del sistema de separación primaria y se interconecte con las instalaciones del nuevo Tanque Multipropósito, y con las facilidades existentes en la estación como se muestra en la Figura 39.



Figura 39. Nuevo Colector de producción.
Fuente: (RÍO NAPO, 2014)

Adicionalmente se llevará a cabo la interconexión con el sistema de aire de instrumentos existente, con el objeto de dotar de aire a las instalaciones relacionadas con el nuevo Tanque Multipropósito. También ORNCEM se ha planteado instalar un sistema de gas de blanketing en el tanque, con el objetivo de inertizar con gas de producción el interior del mismo, evitando el ingreso de oxígeno. Este sistema se incluye para impedir que se forme un ambiente idóneo para la proliferación de bacterias aeróbicas que puedan corroer las paredes y sobre todo el techo del tanque. Además, el gas de blanketing ayuda a evitar que las válvulas de presión y vacío; como

así también, la tapa de emergencia del equipo no operen de forma permanente debido a los efectos de expansión y compresión del líquido en el interior del tanque debido a cambios de temperatura, o cambios de nivel. Este sistema también ayudará a evitar la presurización o venteo brusco del equipo, cuando opere como tanque de almacenamiento, por efectos de llenado y vaciado del mismo.

Para el sistema de drenaje asociado al nuevo Tanque Multipropósito, la empresa se propone instalar un sumidero dentro del dique para rebalse, y un sumidero con bomba para reproceso en el exterior del dique. Este sistema es completamente independiente del sistema de drenajes existente en la estación. Adicionalmente para el sistema de inyección de químicos se plantea la instalación de un skid dedicado para la operación del nuevo Tanque Multipropósito. Este sistema es independiente de los sistemas de inyección de químicos existentes en la estación.

Se definirán las ubicaciones de equipos tomando en cuenta la ubicación predeterminada por ORNCEM para el Tanque Multipropósito, considerando que las nuevas instalaciones no interfieran con las instalaciones existentes. Las relaciones específicas de éstas dependen de su finalidad y la configuración y distribución de los nuevos equipos a ser instalados (distancias mínimas entre equipos, etc).

Cuando el Tanque Multipropósito funcione como tanque de lavado, este deberá receptor fluido del sistema de separación primaria, previo paso por el sistema de bombeo y calentamiento. El crudo en especificación producto del proceso de lavado en el Tanque Multipropósito, será enviado al tanque de almacenamiento secundario, a través de una línea de 16 in de diámetro nominal.

Interconexión a tanque de surgencia

De acuerdo a ORNCEM el punto de interconexión en el tanque de surgencia deberá estar entre la bota desgasificadora y el tanque propiamente dicho, debido a que el crudo en especificación proveniente del nuevo Tanque Multipropósito se encuentra estabilizado; es decir, no arrastra gas asociado.

En la Figura 40 que se presenta a continuación se puede observar la tubería que conecta la bota con el tanque de surgencia al igual que los puntos de conexión (1, 2, 3).

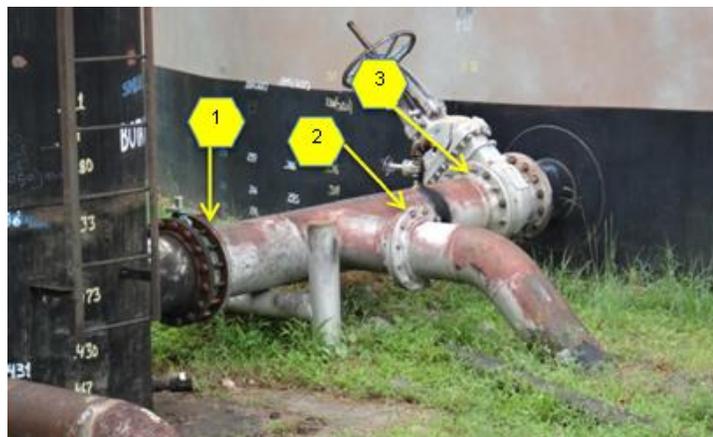


Figura 40. Conexión bota desgasificadora con tanque de surgencia secundario.

Fuente: (RÍO NAPO, 2014)

Interconexión a sistema de bombeo Power Oil

En la interconexión con el sistema Power Oil, ORNCEM se ha planteado usar una conexión asociada al tanque de surgencia. La Figura 41 que se presenta a continuación muestra la interconexión que se propone realizar para alimentar de crudo al sistema de bombeo de Power Oil.



Figura 41. Interconexión a sistema de bombeo Power Oil
Fuente: (RÍO NAPO, 2014)

Interconexión Sistema de bombeo Sacha Central

En la presente sección se analiza la interconexión entre el Tanque Multipropósito y el sistema de transferencia a Sacha Central. Los indicadores 1 y 2 representan los puntos de interconexión entre el nuevo tanque y el sistema de bombeo a Sacha Central. La Figura 42 que se presenta a continuación muestra el punto de interconexión antes descrito.

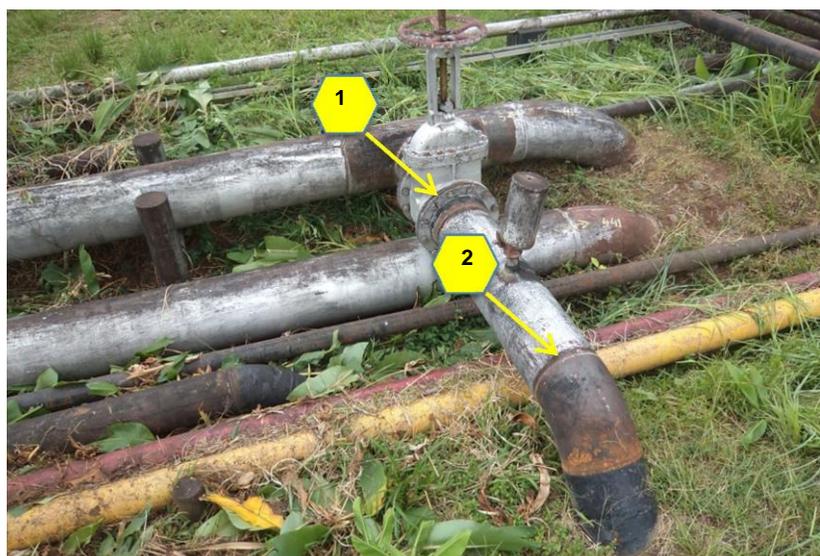


Figura 42. Interconexión para transferencia a Sacha Central
Fuente: (RÍO NAPO, 2014)

3.1.4 Diseño de la operación automática del Tanque Multipropósito

El Tanque Multipropósito (TK-872) de 60 pies de diámetro, y 56 pies de altura, con una capacidad nominal de 28200 BBL's permitirá deshidratar el fluido de producción proveniente del sistema de separación primaria, y obtener petróleo crudo en especificación (BS&W menor que 1% - 0.8%) por efectos principalmente de temperatura, gravitacionales, inyección de químicos, coalescencia, y tiempos de residencia. (RÍO NAPO, 2014)

Para el monitoreo de la presión del fluido de producción parcialmente deshidratado que ingresará a la bota desgasificadora, se ha identificado necesario utilizar un indicador de presión (PI-509).

ORNCEM para facilitar las operaciones de lavado en el tanque, necesita un punto de inyección de demulsificante, un punto de inyección de inhibidor de corrosión, y un punto de inyección de antiescala aguas arriba de la bota desgasificadora, todo esto para mantener una operación adecuada del sistema. Para cumplir con este requerimiento dentro del proceso de deshidratación del crudo se ha propuesto a la empresa que la dosificación de estos químicos se realice a través de la operación automática de 3 electroválvulas.

La empresa requiere adicionalmente, para realizar una adecuada operación de lavado, mantener constante un nivel de colchón de agua en el interior del Tanque Multipropósito. Para controlar este nivel se propone usar un transmisor indicador de nivel (LIT-872A), el cual envíe una señal al PLC de control (PLC-001) para mantener el nivel de 8 pies en el colchón de agua. De acuerdo a la señal de nivel que se reciba del transmisor de nivel, el controlador (PLC-001) ordenará el encendido o apagado de los variadores de frecuencia del sistema de bombeo de colchón de agua conformado por 3 bombas (P-876 A/B/C), expulsando el exceso de agua que se encuentra en el tanque, producida por el proceso de deshidratación de crudo.

El monitoreo del nivel del colchón de agua en el Tanque Multipropósito, se plantea realizarlo a través de alarmas de alto nivel (LAH-872A a 10 ft), bajo nivel (LAL-872A a 7 ft), y muy alto nivel total (LAHH-872A a 53 ft). El controlador de procesos (PLC-001) será el encargado de manejar estas señales. Se podrá monitorear el nivel de interfase en panel local mediante un indicador de nivel (LI-872A).

Adicionalmente se requiere que la operación del Tanque Multipropósito se efectúe de forma segura, para ello se sugiere usar un transmisor indicador de nivel (LIT-872B), el cual envíe sus señales al PLC de seguridad (PLC-001A). Se tendrá en panel local el nivel de interfase y el nivel total mediante un indicador de nivel (LI-872 B). Además, se pretende contar con señales de seguridad por muy alto nivel (LAHH-872 B a 11 ft) para ordenar a través del PLC de seguridad se envíe una señal para acelerar los variadores de frecuencia de las bombas operativas (P-876 A/B/C), o en su defecto

ordenará el arranque de una bomba de respaldo. Para controlar el nivel de colchón de agua cuando este posea una altura mayor a 10 pies se tendrá una válvula de control (LV-876P) la cual se abrirá a través de la señal enviada por el PLC de seguridad (PLC-001A) cuando el transmisor de nivel (LIT-872B) detecte que se ha alcanzado este nivel.

Finalmente, se planea contar con señales de seguridad por muy bajo nivel (LALL-872 B a 6 ft), para ordenar a través del PLC de seguridad se envíe una señal para desacelerar los variadores de frecuencia de las bombas operativas (P-876 A/B/C), o en su defecto ordenará la parada de las mismas, evitando de esta manera que el nivel del colchón de agua se encuentre por debajo del nivel considerado.

Como se mencionó anteriormente, el Tanque Multipropósito contará con cuatro salidas de crudo en especificación, instaladas a diferentes alturas:

- Altura 1: 40 pies
- Altura 2: 44 pies
- Altura 3: 48 pies
- Altura 4: 52 pies

Estas tomas de petróleo permitirán dar flexibilidad operativa e incrementarán el tiempo de residencia en el interior del tanque, para obtener crudo en especificación según lo manifestado por ORNCEM; la misma que requiere enviar el crudo en especificación hacia un tanque de surgencia (TK-871) por lo que se ha propuesto que el envío del crudo hacia este tanque sea enviado mediante la apertura y cierre de 4 electroválvulas ubicadas a las alturas anteriormente indicadas. Para monitorear la presión del fluido enviado al tanque de surgencia (TK-871) se planea disponer de un indicador de presión (PI-872B).

De igual forma la empresa solicita que exista un control y monitoreo de la temperatura de operación en el interior del tanque, por lo que se sugiere usar un transmisor indicador de temperatura (TIT-872A), el cual envíe una señal al PLC de control (PLC-001), para visualizar en panel local la temperatura operativa; en caso de

baja temperatura de operación (120 °F) se activará una alarma de temperatura baja en panel local (TAL-872), que permitirá al sistema tomar acciones preventivas en el sistema de calentamiento; es decir, incremento de temperatura de calentamiento. En caso de alta temperatura de operación en el tanque (TK-872), se activará en panel local la alarma de temperatura alta (TAH-872) cuya valor de temperatura se encontrará en 160 °F. Para monitoreo de temperatura en panel local, se dispondrá de un indicador de temperatura (TI-872A).

Finalmente la empresa, busca evitar problemas de corrosión en el interior del tanque, por lo que se propone contar con válvulas autoregulatoras de presión; una válvula para inyección de gas (PCV-872A) y dos válvulas para desalojo de gas de blanketing (PCV-872B/C). El gas venteado proveniente de las válvulas (PCV-872B/C), será enviado al colector de venteo, para finalmente arribar al sistema de venteo.

Debido a posibles operaciones de sobrellenado en el Tanque Multipropósito, este dispondrá de una línea de rebalse de acuerdo a lo indicado por ORNCEM, para permitir el desalojo del fluido se propone que se lo realice a través de una electroválvula por gravedad mediante la apertura o cierre de la misma, para determinar el estado de esta válvula se contará con un transmisor indicador de nivel (LIT-872B) que enviará la señal al PLC de seguridad (PLC-001A). Las operaciones de drenaje de bota y tanque se realizarán de forma manual por lo que se determina que durante la operación normal del tanque, todas las válvulas de drenajes deberán permanecer en posición cerrada.

Durante la fase de operación como tanque de lavado, los instrumentos de control de nivel instalados para operación del equipo como tanque de almacenamiento de petróleo, deben estar deshabilitados (LSHH-872, LSH-872, LSL-872, LSLL-872).

Durante la segunda fase del proyecto, el Tanque Multipropósito operará como tanque de almacenamiento de petróleo en especificación. Bajo este esquema de operación, la estación Sacha Sur, dispondrá como mínimo de dos tanques de

almacenamiento de petróleo (nuevo Tanque Multipropósito, y tanque de surgencia secundario). (RÍO NAPO, 2014)

Se propone a la empresa que el petróleo en especificación proveniente del sistema de deshidratación secundaria a implementarse sea enviado mediante apertura y cierre de válvulas automáticas hacia el Tanque Multipropósito (TK-872). ORNCEM estima que los deshidratadores electrostáticos operarán presurizados, por lo que el crudo en especificación podría contener gas asociado; consecuentemente, el crudo deberá ingresar previamente a la bota desgasificadora (V-509), antes de pasar al tanque de almacenamiento (TK-872). Para monitorear en campo la presión del petróleo que ingresará a la bota desgasificadora, se propone disponer con un indicador de presión (PI-509). Según la empresa la presión indicada en este instrumento se espera que sea del orden de los 20 psig.

Cuando el tanque (TK-872) opere como tanque de almacenamiento de petróleo, se deberán mantener en posición cerrada las válvulas de salida de petróleo en especificación (LV-872 D/E/F/G). Por otro lado, las instalaciones del tanque (TK-872) que permitirán alimentar al sistema de bombeo que envía petróleo en especificación a Sacha Central, y al sistema de bombeo de Power oil deberán estar habilitadas mediante apertura automática de las válvulas de bloqueo (LV-872 T/P) que estarán instaladas en las líneas respectivas. Es importante mencionar que bajo este esquema operativo, los sistemas de control y seguridad; como así también los sistemas asociados al mantenimiento de nivel o formación de colchón de agua del tanque TK-872 cuando opera como tanque de lavado, deben estar deshabilitados.

Para monitorear y controlar el nivel del tanque cuando este opere como tanque de almacenamiento, se propone disponer de transmisores indicadores de nivel (LSL-872 seteado a 13 ft y LSH-872 seteado a 51 ft).

Cuando los niveles en el tanque alcancen los valores antes indicados, en panel local se activarán las alarmas respectivas a alarma por bajo nivel (LAL-872) y alarma por alto nivel (LAH-872) que alertarán al operador respecto a los niveles alcanzados en el

tanque. Las señales de estos instrumentos están interconectadas con el PLC de proceso (PLC-001) para el control del nivel del tanque.

Adicionalmente, se plantea que el tanque cuente con elementos de seguridad interconectados con el PLC de seguridad (PLC-001A). Para monitorear el estado de muy bajo nivel del tanque, se sugiere contar con transmisor indicador de nivel (LSLL-872 seteada en 9 ft); cuando se alcance este nivel, se activará en panel local una alarma de nivel muy bajo (LALL-872); para monitorear el estado de muy alto nivel, se establece usar un transmisor indicador de nivel (LSHH-872 seteado a 52.5 ft); cuando se alcance este nivel en el tanque, se activará en panel local una alarma de muy alto nivel (LAHH-872). De forma análoga al caso anterior, cuando se alcancen los valores de nivel antes anotados, el PLC de seguridad (PLC-001A) deberá activar las señales asociadas con la parada o arranque de los respectivos sistemas de bombeo hacia Sacha Central o Power oil, en el caso que el tanque esté trabajando en línea con los sistema de bombeo.

En caso que el operador sólo esté realizando operaciones de almacenamiento en el tanque, y no se encuentren alineados los sistemas de bombeo indicados, las alarmas alertarán al sistema, para detener el llenado del tanque (TK-872) mediante el cierre de la válvula de entrada (LV-872L), y así utilizar otro tanque (TK-871) disponible para realizar operaciones de almacenamiento mediante la apertura de una válvula (LV-872H). Para la detección del nivel total del tanque, se propone utilizar un transmisor indicador de nivel (LIT-872A).

El proceso de deshidratación y almacenamiento que se realizará en el Tanque Multipropósito como se explicó, requiere de varios elementos de monitoreo y control, en las Figuras 43, 44, 45, 46, y 47 se muestra una parte del esquema P&Id del denominado Tanque Multipropósito y Bota Desgasificadora con la instrumentación que lo conforma anteriormente detallada.

En la tabla 20 se muestra la nomenclatura de los elementos correspondientes al diagrama P&Id del sistema de lavado y almacenamiento del Tanque Multipropósito.

En el Anexo A1 se presenta el diagrama P&Id completo respecto a este sistema en donde se podrá visualizar, la relación de conexión con otros sistemas (Tanque de Surgencia, Sistema de Transferencia a Sacha Central, Sistema de Drenajes).

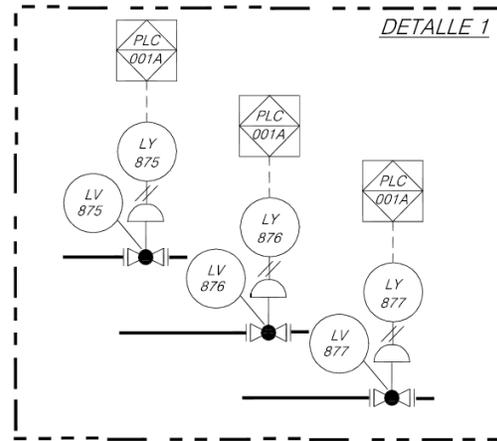


Figura 43. Esquema de ingreso de químicos al Tanque Multipropósito
Fuente: Esquema elaborado por los autores del proyecto. (2014)

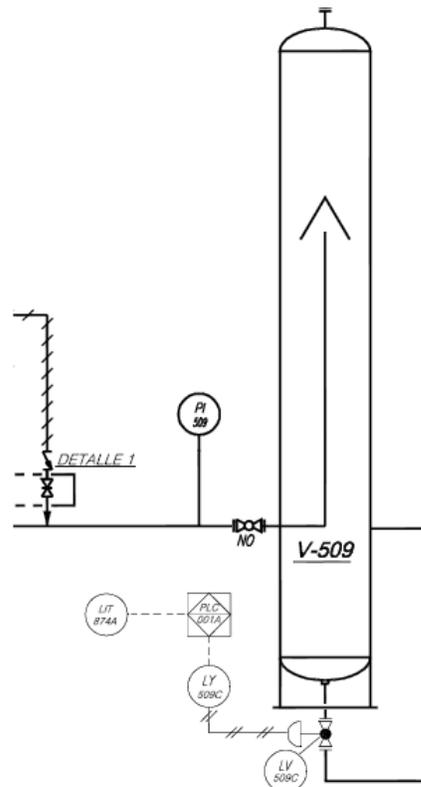


Figura 44. Esquema de ingreso de químicos al Tanque Multipropósito
Fuente: Esquema elaborado por los autores del proyecto. (2014)

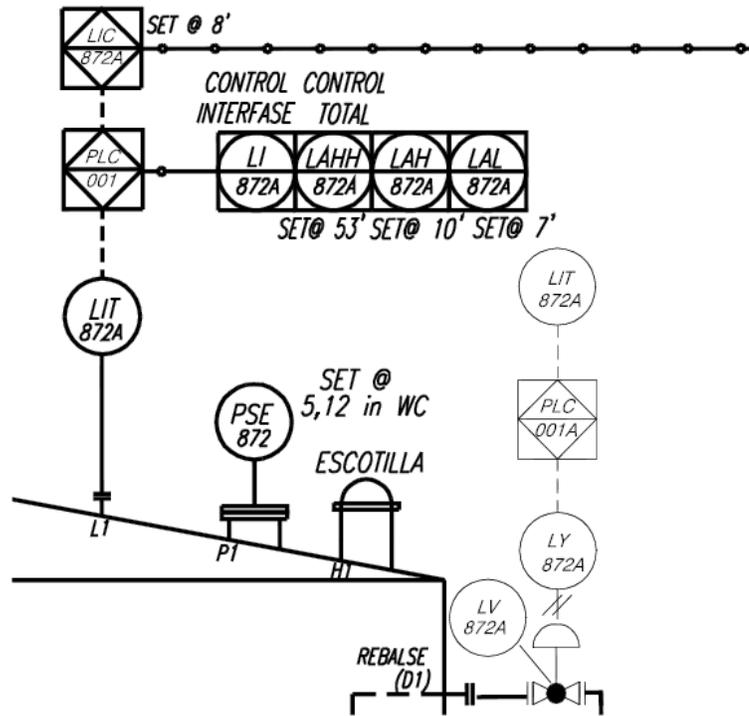


Figura 45. Esquema de la bota desgasificadora
Fuente: Esquema elaborado por los autores del proyecto. (2014)

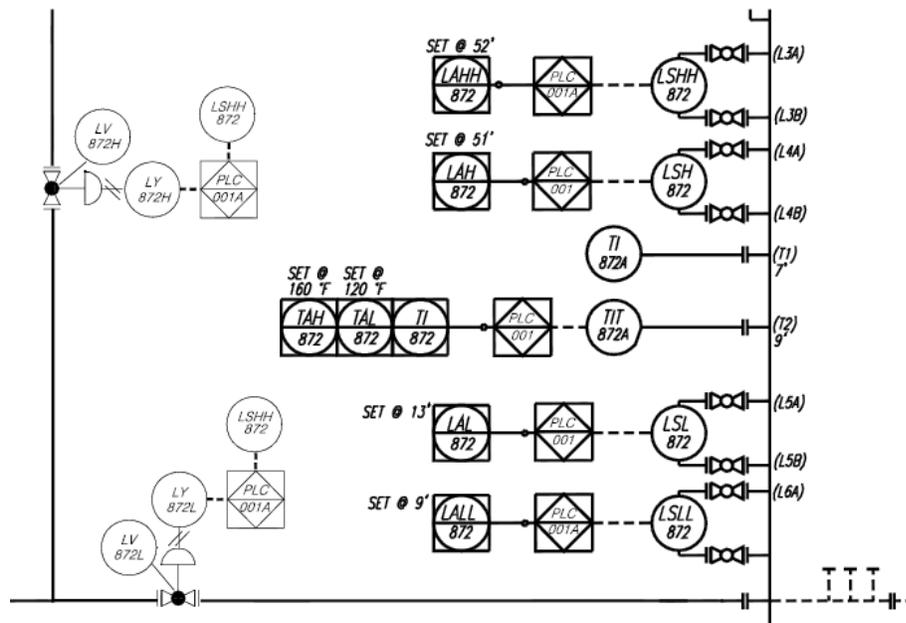


Figura 46. Esquema de la bota desgasificadora
Fuente: Esquema elaborado por los autores del proyecto. (2014)

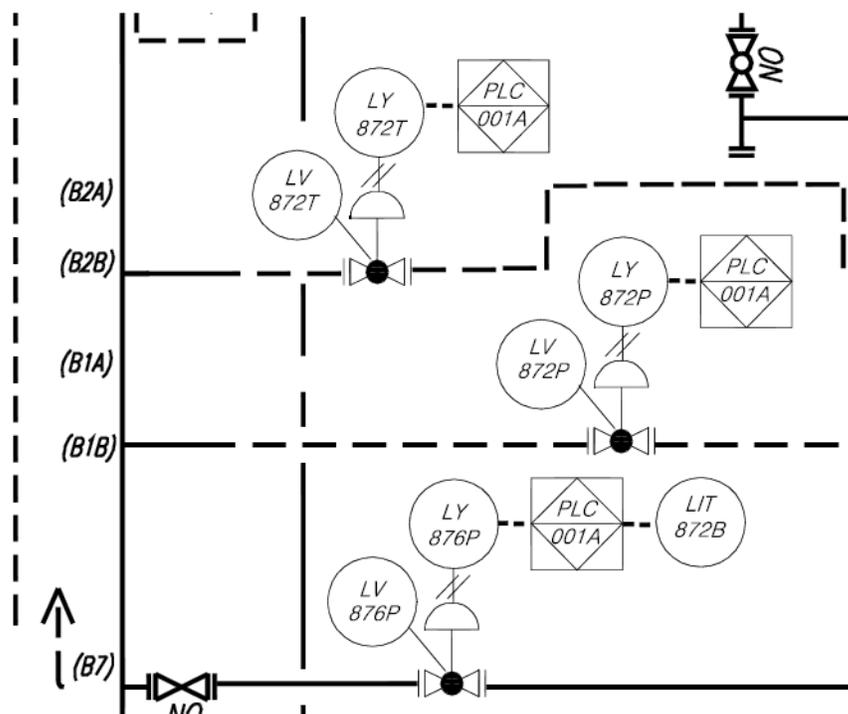


Figura 47. Esquema de la bota desgasificadora
Fuente: Esquema elaborado por los autores del proyecto. (2014)

Tabla 20

Nomenclatura de los elementos de Tanque Multipropósito y Bota.

NOMENCLATURA	DESCRIPCIÓN
V-509	Bota Desgasificadora
TK-872	Tanque de Lavado/Tanque de Almacenamiento
PI-509	Indicador de Presión del fluido de producción.
LIT-872 A	Transmisor Indicador de nivel del tanque
LAH-872 A	Alarma de alto nivel del colchón de agua
LAL-872 A	Alarma de bajo nivel del colchón de agua
LAHH-872 A	Alarma de muy alto nivel de fluido en el tanque
LI-872 A	Indicador de nivel de colchón de agua en panel de control
LIT-872 B	Transmisor Indicador de nivel de seguridad del tanque
LI-872 B	Indicador de nivel total del tanque en panel de control
LAHH-872 B	Alarma de muy alto nivel de colchón de agua
LALL-872 B	Alarma de muy bajo nivel de colchón de agua

Continúa →

PI-872 B	Indicador de presión de fluido a tanque de surgencia
TIT-872 A	Transmisor indicador de temperatura en el tanque
TAL-872	Alarma de temperatura baja
TAH-872	Alarma de temperatura alta
TI-872	Indicador de temperatura en panel de control
TI-872 A	Indicador de temperatura en campo
PCV-872 A	Válvula para inyección de gas blanketing
PCV-872 B/C	Válvulas para desalojo de gas
LSHH-872	Interruptor de nivel muy alto de almacenamiento
LSH-872	Interruptor de nivel alto de almacenamiento
LSL-872	Interruptor de nivel bajo de almacenamiento
LSLL-872	Transmisor indicador de nivel muy bajo de almacenamiento
LAL-872	Alarma de nivel bajo de almacenamiento
LAH-872	Alarma de nivel alto de almacenamiento
LALL-872	Alarma de muy bajo nivel de almacenamiento
LAHH-872	Alarma de muy alto nivel de almacenamiento
LIT-874 A	Transmisor indicador de nivel en el tanque de drenaje
LY-872 A	Transductor de señal
LV-872 A	Válvula de control de nivel de sobrellenado
LY-509 C	Transductor de señal
LV-509 C	Válvula de control de nivel
LY-(875/876/877)	Transductores de señal
LV-(875/876/877)	Válvulas de inyección de químicos
LY-872L	Transductor de señal
LV-872L	Válvula de control de ingreso en tanque de lavado
LY-872H	Transductor de señal
LV-872H	Válvula de control de nivel de almacenamiento
LY-872T	Transductor de señal
LV-872T	Válvula de control de salida a Sacha Central
LY-872P	Transductor de señal
LV-872P	Válvula de control de salida a Sistema Power Oil
LY-876P	Transductor de señal
LV-876P	Válvula de control de desalojo de agua
LY-872D/E/F/G	Transductor de nivel
LV-872 (D/E/F/G)	Válvulas de control de salida de crudo
PLC-001	PLC de proceso
PLC-001A	PLC de seguridad

Fuente: Tabla elaborada por los autores del proyecto. (2014)

3.1.5 Descripción de funcionamiento de los Sistemas Auxiliares Principales (RÍO NAPO, 2014)

Sistema de bombeo para mantenimiento de nivel colchón de agua

El sistema de control de nivel y desalojo de agua estará conformado por un sistema de bombeo que operará con variadores de frecuencia, con la finalidad de mantener el nivel de colchón de agua en el interior del nuevo Tanque Multipropósito, cuando este opere como tanque de lavado; el agua desalojada será enviada por gravedad al tanque de almacenamiento secundario.

Sistema de formación de colchón de agua

El agua para formación del colchón de agua provendrá del tanque de almacenamiento de agua actual, y será transferida mediante un sistema de bombeo. El sistema de formación de colchón de agua tendrá la flexibilidad de enviar agua caliente o fría al interior del Tanque Multipropósito en caso de ser requerido. Para la formación del colchón de agua, se recomienda inyectar agua caliente, para evitar posibles choques térmicos, o disminución en la eficiencia de lavado. Para el calentamiento del agua que formará el colchón de agua, se utilizará uno de los sistemas de calentamiento de agua (calentador industrial) actualmente instalados en la estación.

Sistema de Separación Primaria

ORNCEM ha manifestado que el sistema de separación primaria estará conformado por 5 separadores trifásicos de los cuales 3 de ellos reemplazan a los 3 separadores bifásicos que se encuentran actualmente montados, esta medida será tomada por la empresa debido a que los separadores trifásicos tienen un desempeño más eficiente por cuanto su funcionamiento es de forma automática.

El separador trifásico que conforma el sistema de separación primaria es una pieza versátil del equipo de tratamiento de crudo en superficie, el cual permite la separación, medida y muestreo de los fluidos que se extraen del subsuelo, con el objeto de realizar el primer proceso en el tratamiento del crudo extraído.

En el separador, crudo, gas y agua se separarán naturalmente debido a los efectos de la gravedad y a la diferencia en densidad entre los componentes del flujo entrante. Las partículas más pesadas del flujo van al fondo, mientras que las más livianas permanecen en la superficie. El gas sube y el líquido tenderá a permanecer en el fondo del separador. La separación es básicamente un proceso natural, que se genera por la retención de los fluidos el tiempo suficiente y a una muy baja velocidad mientras el proceso de separación ocurre. En la Figura 48 se muestra el proceso de separación de fases en un separador trifásico. El proceso del sistema de separación primaria se resume en los siguientes pasos:

- El agua es la fase más pesada, y es la que primero se retira, por el fondo del recipiente.
- El petróleo es más liviano que el agua y una vez separados rebalsa por encima del baffle, y se retira del recipiente por el fondo en el extremo opuesto a la entrada de fluido.
- El gas es la fase más liviana y la más fácil de separar en este caso, se retira del separador por la parte superior en el extremo del recipiente, haciéndolo pasar previamente por la caja de chicanas donde se desprende de las últimas gotas de líquido que pudieron haber quedado suspendidas en la fase gaseosa. (Germanier & Vilaboa, 2006)

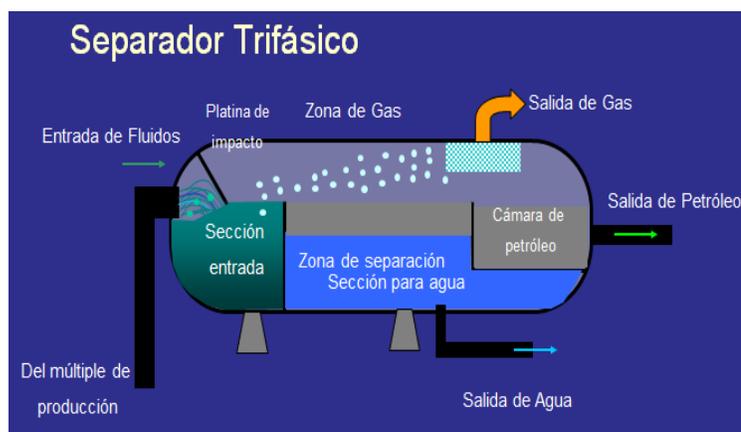


Figura 48. Proceso de separación de fases en un separador trifásico
Fuente: (Aguirre, 2009)

Sistema de Calentamiento

El sistema de calentamiento tiene por objeto incrementar la temperatura del fluido de producción (crudo) aproximadamente entre 130 °F y 140 °F. Se estima que con esta temperatura se podrán romper posibles emulsiones (agua/crudo) en el fluido de producción proveniente del sistema de separación primaria, y facilitar de esta forma las operaciones de lavado cuando el fluido ingrese al Tanque Multipropósito. Adicionalmente, el sistema de calentamiento puede ayudar a evitar la deposición de parafinas cuando la temperatura de operación es baja (por ejemplo temperatura ambiente).

3.1.6 Interconexión de los Sistemas Auxiliares Principales (RÍO NAPO, 2014)

Sistema de bombeo para mantenimiento de nivel colchón de agua

ORNCEM propone instalar un sistema de control de nivel que mantenga el nivel de colchón de agua en el interior del nuevo Tanque Multipropósito, cuando este opere como tanque de lavado, a una altura de 8 pies. La línea que transportará agua desde el Tanque Multipropósito hasta el tanque de almacenamiento de agua se muestra en la Figura 49. El indicador 1 muestra el punto de interconexión en caliente del sistema de control de nivel y desalojo de agua con las facilidades de almacenamiento de agua existente.



Figura 49. Interconexión sistema de control de nivel y desalojo de agua
Fuente: (RÍO NAPO, 2014)

Sistema de formación de colchón de agua

Existirá un sistema de bombeo que permita la formación del colchón de agua en el interior del nuevo Tanque Multipropósito, especialmente durante operaciones de arranque o cuando el nivel normal del colchón de agua haya sido reducido por razones operativas. Se estima el uso de bombas centrífugas de 20 HP. En la Figura 50 que se presenta a continuación se observa la interconexión que se realizará con la facilidad existente en el tanque de almacenamiento de agua.



Figura 50. Interconexión del sistema de formación del colchón de agua
Fuente: (RÍO NAPO, 2014)

De acuerdo con lo planteado por la empresa el agua que se inyecte al tanque para la formación de colchón de agua debe ser previamente calentada, para lo cual se utilizará el calentador industrial existente. En la Figura 51 que se presenta a continuación se observa el calentador industrial con las líneas de ingreso y salida. Los puntos de interconexión del sistema de formación del colchón de agua con el calentador industrial se muestran en los indicadores 1 y 2.

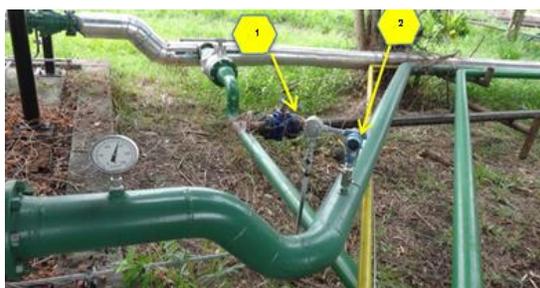


Figura 51. Interconexión con el calentador industrial
Fuente: (RÍO NAPO, 2014)

Sistema de Separación Primaria

La producción que alimenta a los separadores que serán modificados, deberá ser redistribuida a los demás separadores; con el objeto de evitar disminuciones en la producción planificada. Esta operación debe ser llevada a cabo, direccionando los flujos desde el múltiple de producción, mediante apertura y cierre de válvulas.

Los separadores trifásicos tienen una entrada principal de fluidos y tres líneas de salida para agua, gas y crudo. Se realizará las interconexiones de cada separador de forma individual. Además estos separadores presentan líneas de by-pass sobre el arreglo de válvulas que se encuentran en la descarga del separador. En la Figura 52 se muestra los tramos de interconexión del nuevo sistema de separación primaria con el colector principal.



Figura 52. Interconexión del nuevo sistema de separación primaria con el colector

Fuente: (RÍO NAPO, 2014)

Es importante indicar que el nuevo sistema de bombeo de fluido de producción (filtros y bombas) será instalado a un nivel inferior respecto de la cota de la estación Sacha Sur, específicamente en la zona de separación primaria. Es decir, el sistema de bombeo se encontrará en el interior de un recinto cuyo nivel permita generar la altura necesaria de presión hidrostática de fluido, evitando de esta manera que el sistema de

bombeo presente problemas por cavitación. Esta facilidad es requerida, debido a que el fluido proveniente del sistema de separación primaria (separadores de producción trifásicos) debe encontrarse en equilibrio.

Sistema de Calentamiento

El sistema de calentamiento estará conformado por 4 calentadores. Estos equipos utilizarán gas asociado proveniente del sistema de separación primaria, previo tratamiento, como combustible.

Para alimentar a los actuadores de las diferentes válvulas de control del sistema de calentamiento, contará con un colector de aire de instrumentos, a partir del cual se realizará la distribución de aire hacia los diferentes consumidores.

El sistema de calentamiento planteado, tiene como ventaja su futura utilización cuando ORNCEM instale el sistema de deshidratación secundaria (separadores electrostáticos).

Adicionalmente, se considera que cada calentador se encuentre montado en un patín (skid), con el objeto de realizar interconexiones del tipo modular. Es decir, este esquema facilitará a futuro el movimiento de estos equipos en caso de ser requeridos en otras locaciones. Finalmente, el sistema de calentamiento estará montado de tal forma que contará con las facilidades necesarias para realizar operaciones de drenaje en caso de ser requerido.

3.1.7 Diseño de la operación automática de los Sistemas Auxiliares Principales

Sistema de bombeo para mantenimiento del nivel de colchón de agua

El sistema de bombeo para mantenimiento del nivel de colchón de agua se requiere que permanezca operativo únicamente cuando el tanque (TK-872) opere como tanque de lavado, con el objeto de mantener un nivel constante del colchón de agua en el interior del mismo (8 ft). Para cumplir con este objetivo, se propone disponer de un

sistema de bombeo conformado por tres bombas centrífugas (P-876 A/B/C). El esquema de operación considerará trabajar con dos bombas operativas, y la restante como respaldo.

El motor de cada bomba contará con un variador de frecuencia. El sistema de control consistirá en acelerar o desacelerar las revoluciones de las bombas operativas de acuerdo a las señales provenientes del controlador de seguridad, mientras el PLC de control ordenará el encendido o apagado de las bombas. En panel local el operador podrá monitorear el estado de las bombas (XS-876 A, XS-876 B, XS-876 C), además el mismo podrá observar a través de señales de alarma si las bombas no se encuentran funcionando (XA-876 A, XA-876 B, XA-876 C). Adicionalmente el operador en panel local contará con señales de arranque/parada (HS-876 A, HS-876 B, HS-876 C), y señales de operación automática/manual (HOA-876 A, HOA-876 B, HOA-876 C) de cada una de las bombas.

El sistema de bombeo antes anotado se requiere que sea alimentado con agua a través del colector principal por lo que cada bomba contará con un filtro del tipo canasto (F-876 A/B/C). Se propone para monitorear la operación del filtro, que cada uno disponga de un transmisor indicador de presión diferencial (PDIT-876 A, PDIT-876 B, y PDIT-876 C). Estos instrumentos enviarán sus señales al PLC de control (PLC-001), para monitorear en panel local la presión diferencial de cada filtro. En caso de ensuciamiento parcial del filtro, se activará en panel local una alarma por cada filtro (PDAH-876 A/B/C seteada a 1 psid). Esta alarma indicará al operador que debe realizar operaciones de limpieza en el filtro o filtros que presenten alarmas.

De igual forma para monitorear la presión de succión de las bombas se sugiere que cada una cuente con un indicador de presión local (PI-876 AA/BA/CA). Además, se establece el uso de transmisores indicadores de presión (PIT-876 AB/BB/CB), montados sobre las líneas de succión de cada bomba, e interconectados con el PLC de seguridad (PLC-001A). A partir de estos últimos instrumentos se podrá monitorear en panel local la presión de succión de cada equipo, y en caso de muy baja presión de

succión, se activarán las alarmas respectivas (PALL-876 AB, PALL-876 BB, PALL-876 CB, seteadas a 1 psig), y se ordenará a través del PLC de seguridad el paro de las bombas operativas.

Por otro lado, para monitorear la presión de descarga de las bombas, se establece que cada una disponga de un indicador de presión local (PI-876 AC/BC/CC), y transmisores indicadores de presión (PIT-876 AD/BD/CD). Estos últimos instrumentos interconectados al PLC de seguridad (PLC-001 A) permitirán al operador monitorear desde panel local la presión de descarga de cada equipo.

El monitoreo de presión permitirá determinar los estados de alarma de este sistema referente a la presión se tiene que en caso de muy baja presión de descarga, se activará la alarma respectiva (PALL-876 AD, PALL-876 BD, PALL-876 CD, seteadas en 20 psig), y el PLC ordenará parar las bombas operativas, o no permitirá arrancar la bomba respectiva que presente esta señal como activa. En caso de baja presión de descarga, se activará la alarma respectiva (PAL-876 AD, PAL-876 BD, PAL-876 CD, seteadas en 23 psig) de igual manera en caso de alta presión de descarga (PAH-876 AD, PAH-876 BD, PAH-876 CD, seteadas en 37 psig). Finalmente, en caso de muy alta presión de descarga, se activará la alarma correspondiente a esta condición (PAHH-876 AD, PAHH-876 BD, PAHH-876 CD, seteadas a 40 psig), y se ordenará el paro de las bombas operativas.

En las Figuras 53, 54 y 55 se muestra una parte del esquema P&Id del sistema de bombeo de desalojo de agua con la instrumentación que lo conforma previamente detallada.

En el Anexo A2 se presenta el diagrama P&Id completo respecto a este sistema en donde se podrá visualizar, la relación de conexión con el sistema correspondiente al Tanque de Almacenamiento de agua.

En la tabla 21 se muestra la nomenclatura de los elementos correspondientes al diagrama P&Id del sistema de bombeo de desalojo de agua.

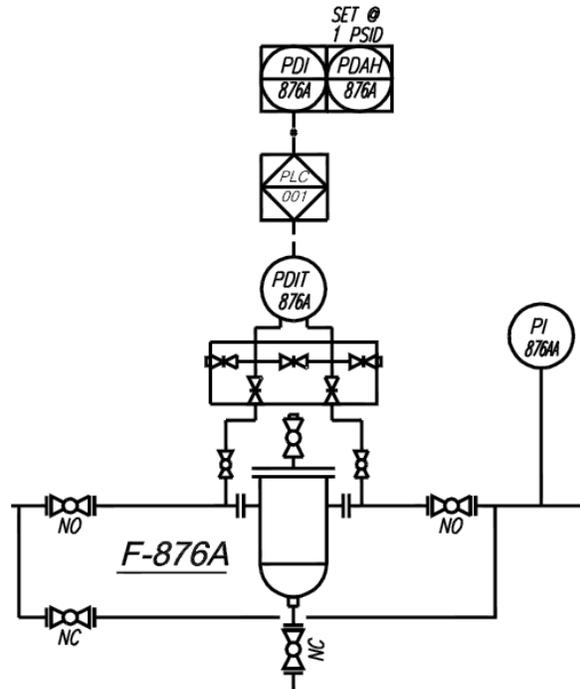


Figura 53. Esquema del filtro del sistema de bombeo de desalio de agua
Fuente: Esquema elaborado por los autores del proyecto. (2014)

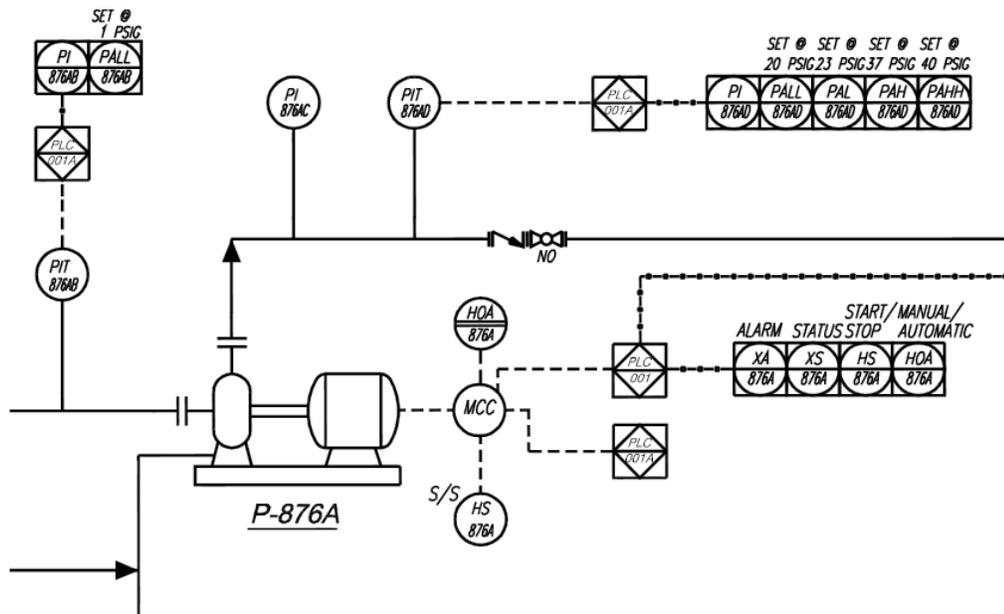


Figura 54. Esquema de la bomba del sistema de bombeo de desalio de agua
Fuente: Esquema elaborado por los autores del proyecto. (2014)

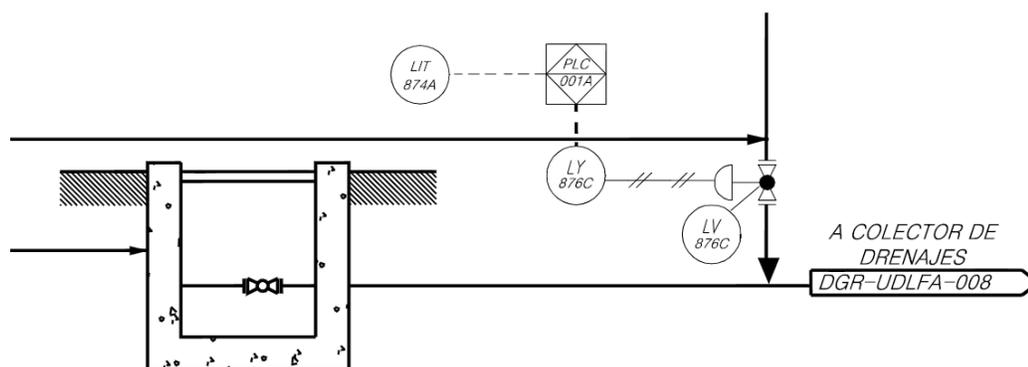


Figura 55. Esquema de drenaje del sistema de bombeo de desalajo de agua
Fuente: Esquema elaborado por los autores del proyecto. (2014)

Tabla 21

Nomenclatura de los elementos, sistema de bombeo de desalajo de agua.

NOMENCLATURA	DESCRIPCIÓN
P-876 (A/B/C)	Grupo de bombas centrífugas
F-876 (A/B/C)	Filtros de tipo canasto de las bombas A/B/C
PLC-001	PLC de proceso
PLC-001A	PLC de seguridad
XS-876 (A/B/C)	Indicadores del estado de la bombas
XA-876 (A/B/C)	Alarmas de paro de las bombas
HS-876 (A/B/C)	Señales de arranque/parada de las bombas
HOA-876 (A/B/C)	Señales de operación automática/manual de las bombas
PDIT-876 (A/B/C)	Transmisores indicadores de presión diferencial
PDAH-876 (A/B/C)	Alarmas de presión diferencial de los filtros
PI-876 (AA/BA/CA)	Indicadores de presión para monitoreo de la bombas
PIT-876 (AB/BB/CB)	Transmisores indicadores de presión para cada bomba
PALL-876 (AB/BB/CB)	Alarmas de presión de succión muy baja en cada bomba
PI-876 (AC/BC/CC)	Indicadores de presión local de cada bomba
PIT-876 (AD/BD/CD)	Transmisores indicadores de presión de cada bomba
PALL-876 (AD/BD/CD)	Alarmas de presión de descarga muy baja en cada bomba
PAL-876 (AD/BD/CD)	Alarmas de presión de descarga baja en cada bomba
PAH-876 (AD/BD/CD)	Alarmas de presión de descarga alta en cada bomba
PAHH-876 (AD/BD/CD)	Alarmas de presión de descarga muy alta en cada bomba

Fuente: Tabla elaborada por los autores del proyecto. (2014)

Sistema de formación de colchón de agua

Cuando el Tanque Multipropósito opere como tanque de lavado, debe disponer de un colchón de agua. Este sistema tendrá una operación intermitente, y será usado principalmente durante el inicio del proceso de deshidratación de crudo, o en situaciones donde se requiere recuperar el nivel de colchón de agua del tanque.

Este sistema estará conformado por un filtro del tipo canasto (F-873), y una bomba del tipo centrífuga (P-873). Se propone para el monitoreo de la operación del filtro, contar con un transmisor indicador de presión diferencial (PDIT-873); este instrumento enviará una señal al PLC de control (PLC-001). En panel local se podrá visualizar el valor de presión diferencial del filtro (F-873); en caso de ensuciamiento parcial del mismo, se activará en panel local una alarma (PDAH-873, seteada a 1 psid). Esta alarma indicará al operador que debe realizar operaciones de limpieza en el filtro.

Para monitorear la presión de succión de la bomba, se establece contar con un indicador de presión local (PI-873 A). Además, se planea usar un transmisor indicador de presión (PIT-873 A), montado sobre la línea de succión de la bomba, e interconectados con el PLC de seguridad (PLC-001A). A partir de este instrumento se podrá monitorear en panel local la presión de succión de la bomba (P-873), y en caso de muy baja presión de succión, se activará la alarma respectiva (PALL-873A, seteada a 0.1 psig), y se ordenará a través del PLC de seguridad el paro de la bomba en caso de estar operativa, o la orden que no permita el arranque de la misma.

Por otro lado, para monitorear la presión de descarga de la bomba, se establece usar un indicador de presión local (PI-873 B), y un transmisor indicador de presión (PIT-873B); este instrumento interconectado al PLC de seguridad (PLC-001A) permitirá al operador monitorear desde panel local la presión de descarga de la bomba. En caso de muy baja presión de descarga, se activará una alarma (PALL-873B, seteada en 25 psig), y el PLC de seguridad ordenará parar la bomba en caso de encontrarse operativa, o no permitirá arrancar la misma.

En caso de baja presión de descarga, se activará una alarma (PAL-873B, seteada en 30 psig) al igual que en el caso de alta presión de descarga (PAH-873B, seteadas en 55 psig) las mismas que servirán para monitoreo por parte del operador; finalmente, en caso de muy alta presión de descarga, se activará una alarma de emergencia (PAHH-873B, seteada a 60 psig), y se ordenará el paro de la bomba en caso de encontrarse operativa.

En panel local el operador podrá monitorear el estado de funcionamiento de la bomba (XS-873), para indicar que paró la bomba por alguna causa se usará una señal de alarma (XA-873). El operador en panel local contará además con señales de arranque/parada (HS-873), y señales de operación automática/manual (HOA-873).

ORNCEM indica que el sistema de reposición del colchón de agua en el tanque dispondrá además de la instalación para calentar previamente el agua antes de ingresar al tanque, para lo cual la empresa ha considerado utilizar uno de los sistemas de calentamiento actualmente instalados en la estación Sacha Sur; se planea utilizar el calentador industrial, esta facilidad permitirá precalentar el agua para evitar choques térmicos o el enfriamiento del fluido que puede afectar la operación de deshidratación del petróleo crudo. (RÍO NAPO, 2014)

Adicionalmente para permitir la salida de agua del tanque de almacenamiento de este líquido se utilizará una válvula de control (LV-873) que permitirá el paso de agua a la bomba para la formación del colchón en el Tanque Multipropósito, además se contará con una válvula de control ubicada a la salida del calentador industrial que permitirá mediante una operación intermitente el paso del fluido (agua) previamente calentado.

Para mantener el nivel del colchón de agua 8 pies se requiere de varios elementos de monitoreo y control, en las Figuras 56, 57, 58 y 59 se muestra partes del esquema P&Id del sistema de formación de colchón de agua con la instrumentación que lo conforma. En la tabla 22 se muestra la nomenclatura de los elementos correspondientes al diagrama P&Id del sistema de formación de colchón de agua.

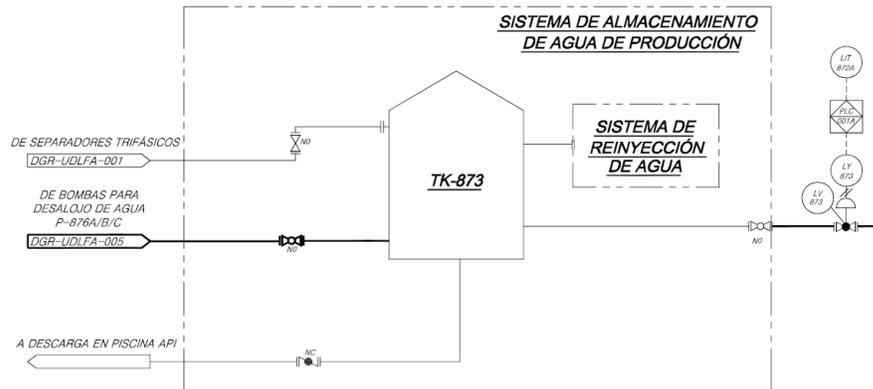


Figura 56. Esquema del sistema de reinyección de agua
Fuente: Esquema elaborado por los autores del proyecto. (2014)

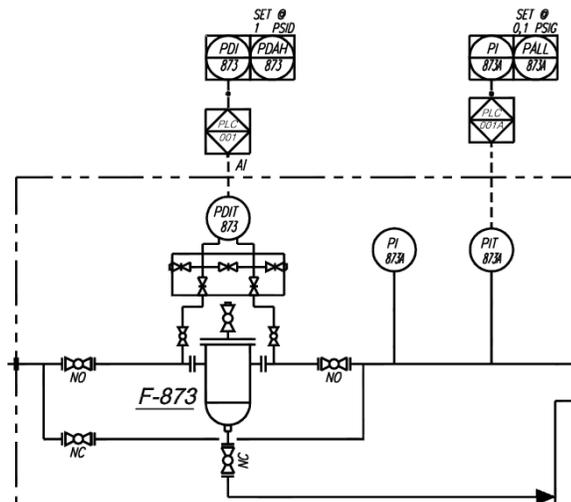


Figura 57. Esquema del filtro tipo canasto
Fuente: Esquema elaborado por los autores del proyecto. (2014)

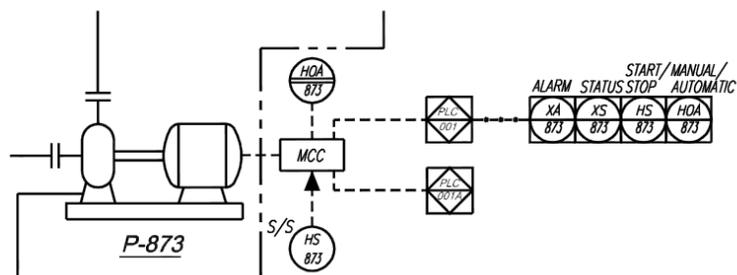


Figura 58. Esquema de la bomba para formación de colchón de agua
Fuente: Esquema elaborado por los autores del proyecto. (2014)

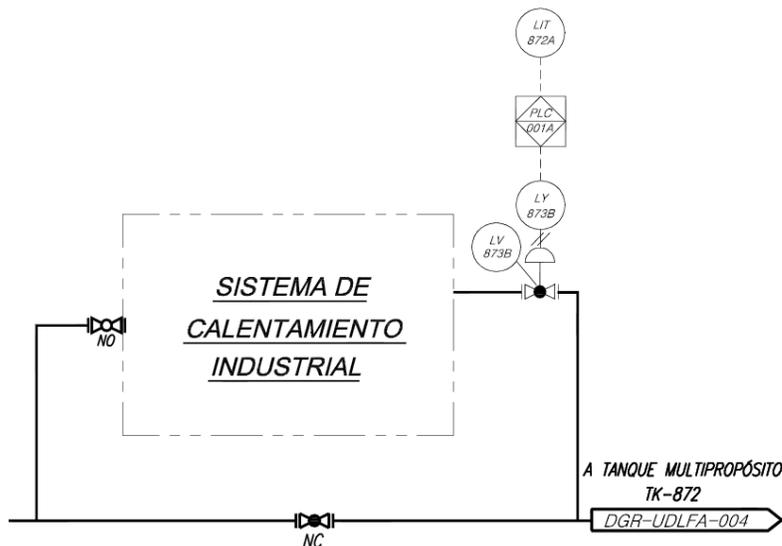


Figura 59. Esquema de salida del sistema de formación de colchón de agua
Fuente: Esquema elaborado por los autores del proyecto. (2014)

En el Anexo A3 se presenta el diagrama P&Id completo respecto a este sistema en donde como se ha hecho en los diagramas anteriores se podrá visualizar, la relación de conexión con el sistema correspondiente al Tanque Multipropósito.

Tabla 22

Nomenclatura de los elementos, sistema de formación de colchón de agua.

NOMENCLATURA	DESCRIPCIÓN
TK-873	Tanque de almacenamiento de agua de producción
F-873	Filtro de tipo canasto de la bomba
P-873	Bomba de tipo centrífuga
LIT-872A	Transmisor indicador de nivel de colchón de agua
PLC-001	PLC de proceso
PLC-001A	PLC de seguridad
MCC	Tablero de monitoreo y control
LY-873	Transductor de señal
LV-873	Válvula de control de salida del tanque almacenamiento de agua
PDIT-873	Transmisor indicador de presión diferencial para el filtro
PDI-873	Indicador de presión diferencial en panel local

Continúa →

PDAH-873	Alarma de presión diferencial
PI-873 A	Indicador de presión de succión de la bomba
PIT-873 A	Transmisor indicador de presión de succión de la bomba
PALL-873B	Alarma de muy baja presión de succión
PAL-873B	Alarma de baja presión de descarga
PAH-873B	Alarma de alta presión de descarga
PAHH-873B	Alarma de muy alta presión de descarga
PI-873 B	Indicador de presión de salida de presión de la bomba
PIT-873 B	Transmisor indicador de presión de salida de presión de la bomba
XS-873	Monitoreo del estado de la bomba
XA-873	Alarma de paro de bomba
HS-873	Señal de arranque/parada
HOA-873	Señal de operación automática/manual
LY-873B	Transductor de señal
LV-873B	Válvula de control de salida del sistema de formación de colchón de agua
LIT-874A	Transmisor indicador de nivel del tanque de drenaje
LY-873C	Transductor de señal
LV-873C	Válvula de control de salida de drenajes del sistema de formación de colchón de agua

Fuente: Tabla elaborada por los autores del proyecto. (2014)

Sistema de separación primaria

El sistema de separación primaria debido a que estará conformado por separadores horizontales trifásicos no requiere del diseño de operación y control, por cuanto poseen un sistema de control propio. Se analizará a continuación la operación y control que realizan estos separadores debido a que es necesario integrar su funcionamiento al nuevo sistema de deshidratación y almacenamiento automatizado que se ha propuesto a la empresa.

En un separador trifásico el caudal proveniente de los pozos entra, choca contra el desviador de flujo; cambia la velocidad y la dirección del flujo; aquí se efectúa la separación primaria y casi total de las dos fases gas / líquido. La sección de recolección de líquido en el separador da suficiente tiempo de retención de manera que el crudo y la

emulsión formen una capa o colchón de crudo en la parte intermedia. El agua libre se va al fondo. Adicionalmente en un separador de tres fases el vertedero mantiene el nivel de crudo y el controlador de nivel mantiene el nivel del agua. El crudo pasa rápidamente sobre el vertedero. El nivel del crudo después del vertedero es regulado por un controlador de nivel el cual opera la válvula de vaciado. En las Figuras 60 y 61 se muestra las partes internas y externas del separador trifásico horizontal. (Villamizar, 2011)

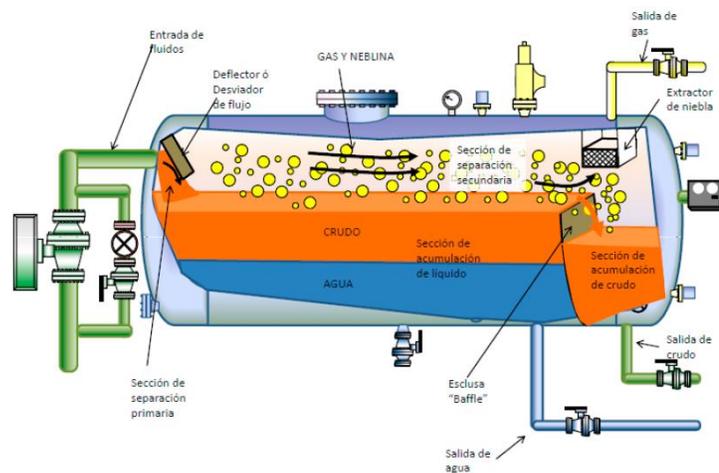


Figura 60. Partes internas del Separador Trifásico Horizontal
Fuente: (Villamizar, 2011)

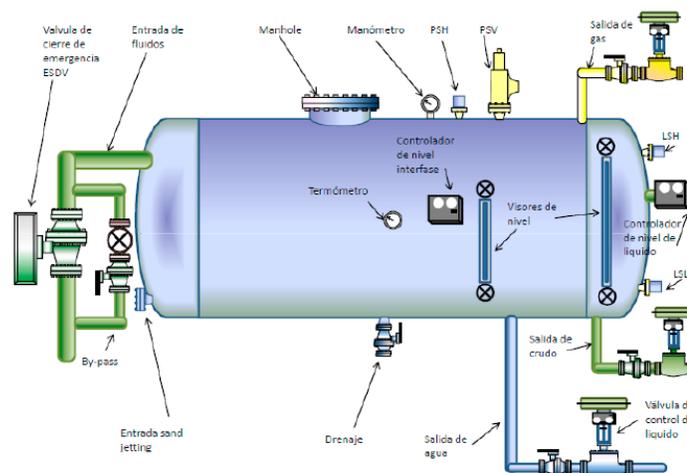


Figura 61. Partes externas del Separador Trifásico Horizontal
Fuente: (Villamizar, 2011)

Como se puede observar en un separador trifásico un controlador de nivel mantiene estable la altura de la interfase crudo- agua. El controlador acciona la válvula de vaciar el agua, permitiendo la salida de cierta cantidad de agua de manera que la interfase crudo- agua se mantenga a la altura seteada. El gas fluye horizontalmente en el separador y pasa a través del extractor de niebla a una válvula de control de presión, la cual mantiene constante la presión en el separador. (Villamizar, 2011)

Uno de los requerimiento de la empresa es monitorear localmente la presión del fluido a ser transportado por el colector principal desde el sistema de separación primaria hacia la bota desgasificadora (V-509), para cumplir con este requerimiento se ha propuesto a la misma el uso de un indicador de presión (PI-1007), el mismo que mostrará localmente la presión en el transporte del fluido.

En las Figuras 62 y 63 se puede observar una parte del esquema P&Id del sistema de separación primaria con la instrumentación que lo conforma antes detallada. En el Anexo A4 se presenta el diagrama P&Id completo respecto a este sistema en donde se podrá visualizar, la relación de conexión con otros sistemas (sistema de bombeo de fluido, sistema de almacenamiento de agua, sistema de calentamiento, Tanque Multipropósito), que será útil para la comprensión total del funcionamiento del sistema automatizado de deshidratación y almacenamiento.

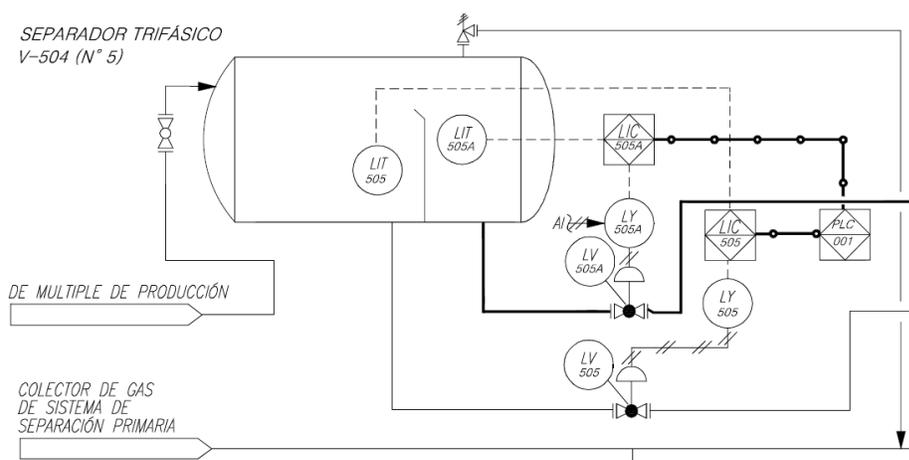


Figura 62. Esquema del Separador Trifásico con su instrumentación
Fuente: Esquema elaborado por los autores del proyecto. (2014)

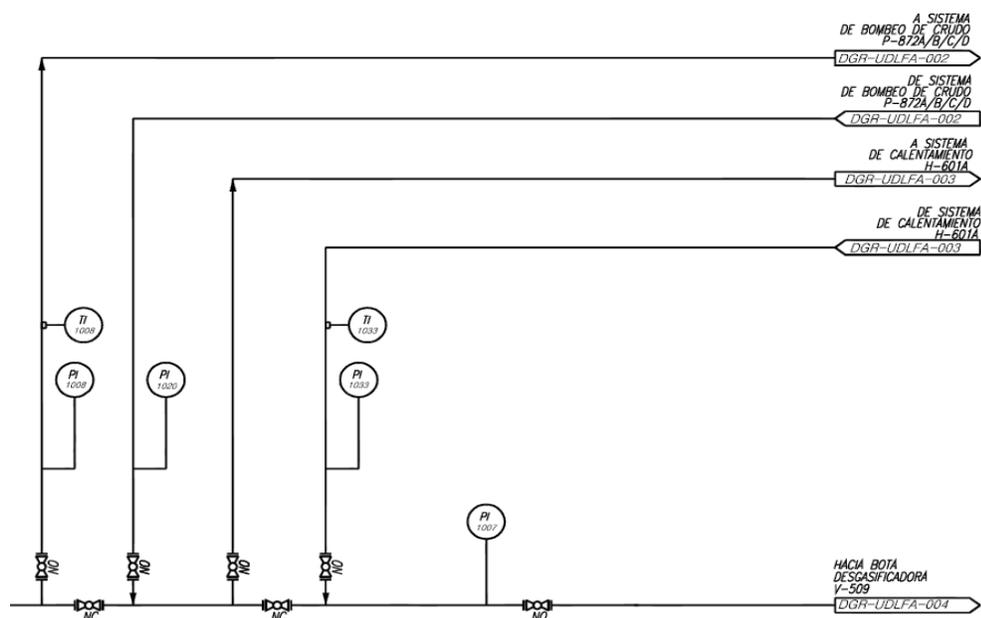


Figura 63. Salida del Sistema de separación primaria con su instrumentación
Fuente: Esquema elaborado por los autores del proyecto. (2014)

En la tabla 23 se muestra la nomenclatura de los elementos correspondientes al diagrama P&Id del sistema de separación primaria.

Tabla 23

Nomenclatura de los elementos del sistema de separación primaria.

NOMENCLATURA	DESCRIPCIÓN
PLC-001	PLC de proceso
V-501/502/503/504/505	Separadores trifásicos
LIT- (501/502/503/504/505)A	Transmisores indicadores de nivel asociados al nivel del petróleo en los separadores
LIT- (501/502/503/504/505)	Transmisores indicadores de nivel asociados al nivel del agua en los separadores
LIC- (501/502/503/504/505)A	Controladores indicadores de nivel asociados al nivel del petróleo en los separadores
LIC- (501/502/503/504/505)	Controladores indicadores de nivel asociados al nivel del agua en los separadores
LY- (501/502/503/504/505)A	Transductores de señal asociados al nivel de petróleo en los separadores

Continúa →

LY- (501/502/503/504/505)	Transductores de señal asociados al nivel del agua en los separadores
LV-(501/502/503/504/505)A	Válvulas de nivel de petróleo en cada separador
LV- (501/502/503/504/505)	Válvulas de nivel de agua en los separadores
TI-1008	Indicador de temperatura a la entrada al sistema de bombeo
PI-1008	Indicador de presión a la entrada al sistema de bombeo
PI-1020	Indicador de presión a la salida del sistema de bombeo
TI-1033	Indicador de temperatura a la salida del sistema de calentamiento
PI-1033	Indicador de presión a la salida del sistema de calentamiento
PI-1007	Indicador de presión a la entrada de la bota desgasificadora

Fuente: Tabla elaborada por los autores del proyecto. (2014)

Sistema de bombeo de fluido

Debido a la baja presión de operación del sistema de separación primaria (aproximadamente 24 psig), ORNCEM considera necesaria la instalación de un sistema de bombeo adicional, ya que en caso de no ser considerado el mismo, se requerirá incrementar la presión del sistema de separación primaria, con la consecuente disminución en la producción.

La empresa ha señalado que el sistema de bombeo de fluido de producción estará conformado por filtros de tipo canasto con sus facilidades de bloqueo, drenajes y señales para el monitoreo de las principales variables de proceso; como así también, por cuatro bombas de desplazamiento positivo del tipo tornillo (P-872 A/B/C/D), con sus respectivas facilidades para bloqueo, variadores de frecuencia y la instrumentación necesaria para su adecuada operación y monitoreo. (RÍO NAPO, 2014)

Para la instrumentación de este sistema se ha propuesto a la empresa que el mismo sea controlado mediante dos medidores de caudal. El primer medidor (FE-1008)

ubicado sobre la línea del colector principal, con un compensador de temperatura (TE-1008); este instrumento enviará el set point de flujo a ser manejado por el sistema de bombeo. Debido a que el fluido que ingresa al sistema de bombeo corresponde a un fluido en equilibrio, se dispondrá además de un segundo medidor de flujo a ser instalado sobre la línea de descarga del sistema de bombeo. Este medidor (FE-1020) permitirá realizar una medición para compararla con el primer medidor (FE-1008). De esta forma se logrará mantener un monitoreo adecuado del valor de caudal a ser mantenido.

Adicionalmente cada bomba dispondrá de un variador de frecuencia, para mantener un control adecuado de caudal. Es importante hacer notar que en caso de producirse una parada de una de las bombas operativas, las tres bombas operativas restantes podrán absorber el caudal que ha dejado de ser bombeado. Además, en caso de disminuir la producción de la estación, de acuerdo a los requerimientos de la misma, podrá reducirse la velocidad de las bombas mediante los variadores de frecuencia, o el número de bombas operativas.

De acuerdo a la filosofía de operación que se plantea a la empresa, el medidor de caudal de entrada (FE-1008) enviará la señal set point al PLC de proceso (PLC-001), el cual a su vez permitirá mantener el control de velocidad estable en el sistema de bombeo, acorde a la producción proveniente de los separadores de producción primaria; mediante la aceleración o desaceleración de las revoluciones en los motores de las bombas, a través de los variadores de frecuencia. En panel ocal, se podrá monitorear el caudal de fluido bombeado.

En caso de parada de una de las cuatro bombas operativas, y si el nivel en las cámaras de crudo de los separadores de producción trifásicos se incrementa, el sistema de control no modificará el set point de caudal operativo. Consecuentemente, el sistema de control enviará una acción de control que permitirá distribuir de forma equitativa el caudal total hacia el resto de bombas operativas, aumentando las revoluciones de los

motores de las mismas. Bajo esta filosofía el sistema de control mantendrá el nivel de fluido constante en las cámaras de petróleo de los separadores de producción trifásicos.

Por otro lado, en caso de producirse una disminución en la producción de la estación, el nivel en las cámaras de crudo de los separadores de producción trifásicos disminuirá, mientras se encuentren trabajando normalmente las cuatro bombas de desplazamiento positivo. Consecuentemente, el sistema de control modificará el set point de caudal hasta obtener estabilidad en el nivel de fluido en las cámaras de los equipos antes mencionados. Es decir, el control de caudal será comandado a partir del nivel en las cámaras de petróleo de los separadores. De esta forma, el sistema de control actuará modificando el set de caudal y disminuyendo el caudal bombeado mediante desaceleración de las revoluciones de los motores de las bombas, recuperando de esta forma el nivel de fluido (crudo parcialmente deshidratado) en las cámaras de crudo de los separadores de producción trifásicos.

En las Figuras 64 y 65 se muestra de igual forma partes del esquema P&Id del sistema de bombeo de fluido.

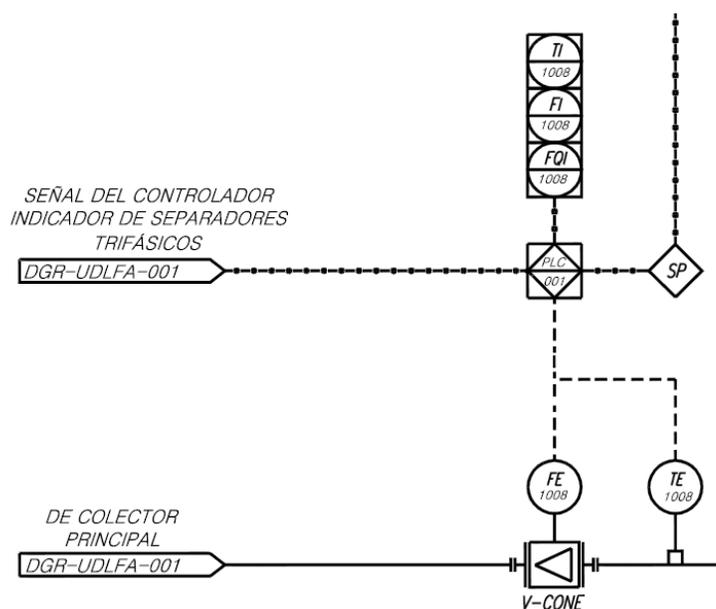


Figura 64. Esquema de entrada de bombeo de fluido
Fuente: Esquema elaborado por los autores del proyecto. (2014)



Figura 65. Esquema de salida de bombeo de fluido
Fuente: Esquema elaborado por los autores del proyecto. (2014)

En el Anexo A5 se presenta el diagrama P&Id completo respecto a este sistema en donde se podrá visualizar, la relación de conexión con otros sistemas (sistema de calentamiento), que será útil para la comprensión total del funcionamiento del sistema de deshidratación y almacenamiento. En la tabla 24 se muestra la nomenclatura de los elementos correspondientes al diagrama P&Id del sistema de bombeo de fluido.

Tabla 24

Nomenclatura de los elementos del sistema de bombeo de fluido.

NOMENCLATURA	DESCRIPCIÓN
P-872(A/B/C/D)	Cuatro bombas de desplazamiento positivo
FE -1008	Primer elemento medidor de caudal
TE -1008	Elemento compensador de temperatura
FE -1020	Segundo elemento medidor de caudal
FQI -1008	Indicador de la cantidad de caudal en panel local
FI -1008	Indicador de caudal en panel local
TI -1008	Indicador de temperatura en panel local
PLC-001	PLC de proceso

Fuente: Tabla elaborada por los autores del proyecto. (2014)

Sistema de Calentamiento

El sistema de calentamiento requiere controlar la temperatura del fluido de producción aproximadamente entre 130°F a 140 °F. Para controlar la temperatura del

fluido, se estima contar con un sistema que permita incrementar o disminuir el flujo de gas combustible, el ingreso del mismo se realizará a través del accionamiento de una válvula proporcional (TV-601A), influyendo indirectamente en la temperatura de calentamiento del fluido de producción. La señal de control enviada al actuador dependerá de la temperatura del tanque, la misma que será monitoreada por un transmisor indicador de temperatura (TIT-872 A) ubicado en el Tanque Multipropósito (TK-872). Además a la salida del sistema de calentamiento se dispondrá de una válvula de control que permitirá el paso del fluido caliente (crudo parcialmente deshidratado) hacia el colector principal.

En las Figuras 66, 67 y 68 se muestra partes del esquema P&Id del sistema de calentamiento de fluido con la instrumentación que lo conforma previamente detallada.

En el Anexo A6 se presenta el diagrama P&Id completo respecto a este sistema en donde se podrá visualizar, la relación de conexión con otros sistemas (Tanque Multipropósito).

En la tabla 25 se muestra la nomenclatura de los elementos correspondientes al diagrama P&Id del sistema de calentamiento

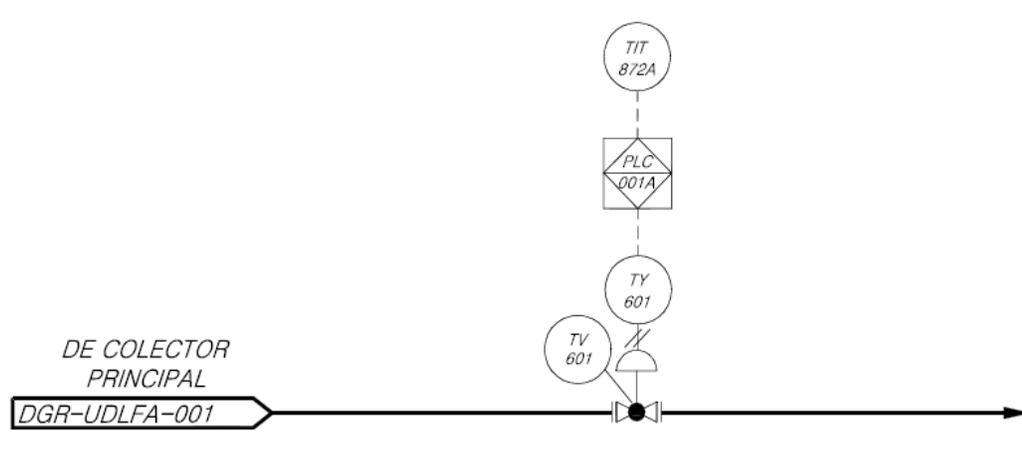


Figura 66. Esquema de entrada del sistema de calentamiento
Fuente: Esquema elaborado por los autores del proyecto. (2014)

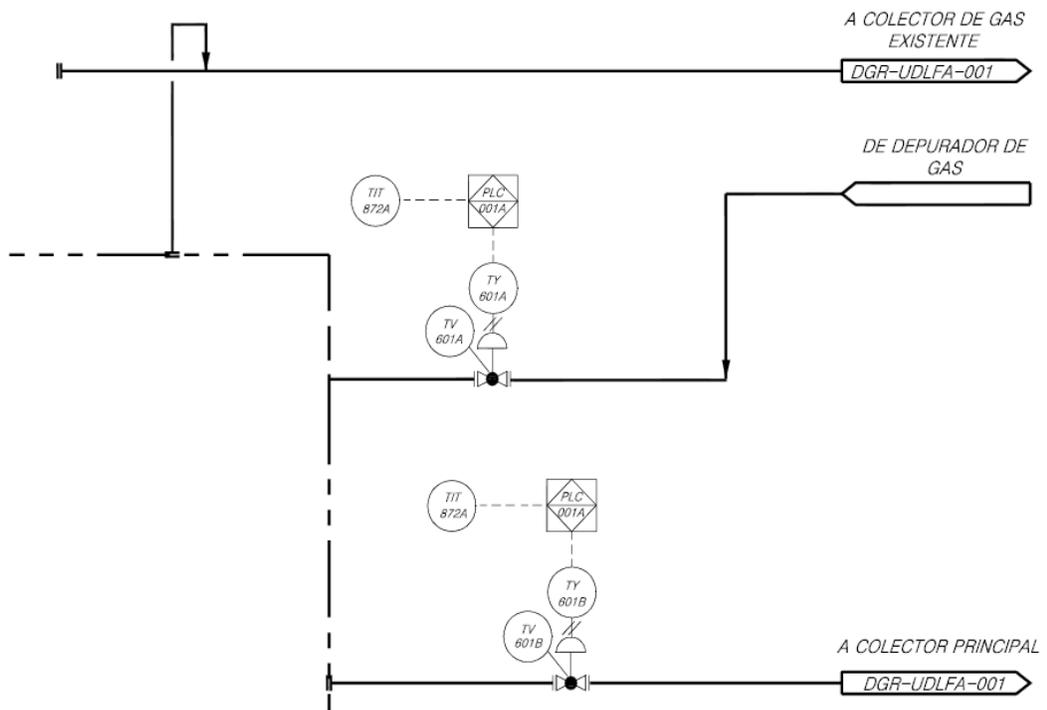


Figura 67. Esquema de salida del sistema de calentamiento
Fuente: Esquema elaborado por los autores del proyecto. (2014)

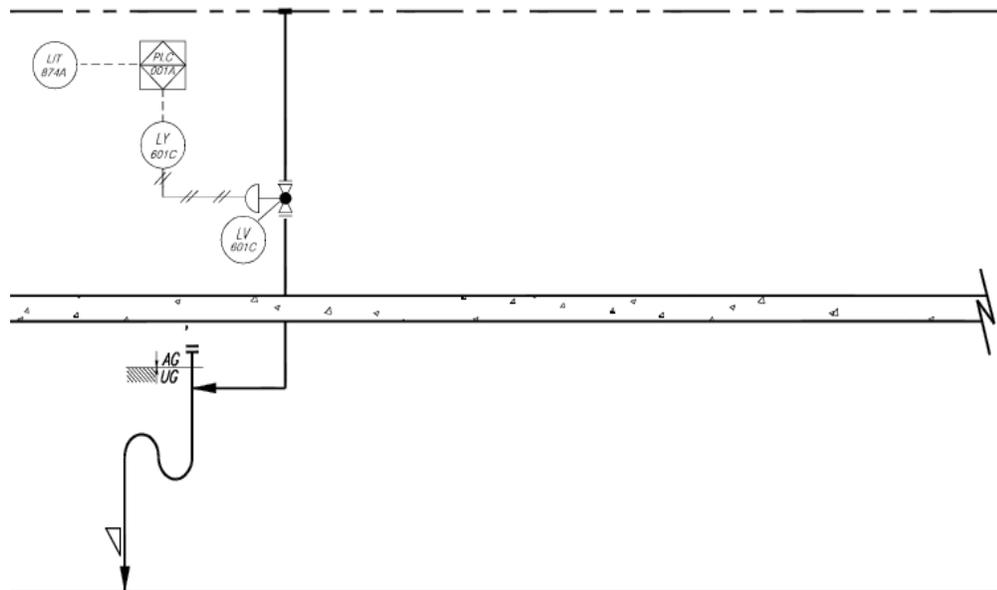


Figura 68. Esquema de drenaje del sistema de calentamiento
Fuente: Esquema elaborado por los autores del proyecto. (2014)

Tabla 25

Nomenclatura de los elementos del sistema de calentamiento.

NOMENCLATURA	DESCRIPCIÓN
H-601(A/B/C/D)	Calentador Indirecto
PLC-001A	PLC de seguridad
TIT-872 A	Transmisor indicador de temperatura
TY-601	Transductor de señal
TV-601	Válvula para el control del ingreso de crudo
TY-601A	Transductor de señal
TV-601A	Válvula para el control del ingreso de gas combustible
TY-601B	Transductor de señal
TV-601B	Válvula para el control de salida del crudo
LIT-874A	Transmisor indicador de nivel del tanque de drenaje
LY-601C	Transductor de señal
LV-601C	Válvula de control de salida de drenajes del sistema de calentamiento

Fuente: Tabla elaborada por los autores del proyecto. (2014)

3.1.8 Descripción de funcionamiento de los Sistemas Auxiliares Secundarios (RÍO NAPO, 2014)

Sistema de drenajes

El sistema de drenajes estará compuesto por un tanque sumidero que será instalado cercano al dique del Tanque Multipropósito, con el objetivo adicional de recolectar los drenajes provenientes del tanque. La funcionalidad del sistema de bombeo consiste en reprocessar dichos drenajes hacia el múltiple de producción en caso de tener hidrocarburo crudo almacenado en el sumidero, y conexión con vacuum en caso de tener almacenada agua oleosa. (RÍO NAPO, 2014)

Sistema de inyección de químicos

El sistema de inyección de químicos está conformado por tres tanques para almacenamiento de químicos (demulsificante, anti-escala, inhibidor de corrosión), una

de las características fundamentales de este sistema es disminuir la velocidad de corrosión en el tanque al inyectar los químicos aguas arriba del sistema de lavado; como así también la deposición de escala.

Sistema de aire de instrumentos

El sistema de aire de instrumentos es el encargado de dotar de aire a todos aquellos actuadores neumáticos usados para el correcto funcionamiento del Tanque Multipropósito, es decir todos aquellos sistemas encargados tanto del control de nivel, temperatura, inyección de químicos y drenajes.

3.1.9 Interconexión de los Sistemas Auxiliares Secundarios (RÍO NAPO, 2014)

Sistema de drenajes

ORNCEM propone la instalación de un nuevo tanque sumidero de concreto con su respectiva instrumentación y 2 bombas. Por considerarse un sistema nuevo, éste no requiere interconexiones con las facilidades existentes de la estación.

Sistema de inyección de químicos

Para la operación adecuada del nuevo Tanque Multipropósito, la empresa se plantea la instalación de un nuevo sistema independiente para inyección de químicos, este sistema se instala con la finalidad de mejorar la operación de separación de la emulsión (agua/crudo) dentro del proceso de lavado de crudo. Por considerarse un sistema nuevo, éste no requiere interconexiones con las facilidades existentes de la estación.

Sistema de aire de instrumentos

Para dotar de aire de instrumentos a las nuevas facilidades asociadas a la instalación del Tanque Multipropósito, se realizará una interconexión en una válvula disponible ubicada en la red del sistema de aire de instrumentos existente.

De manera adicional, ORNCEM propone instalar un nuevo pulmón de aire de instrumentos y un compresor con el objeto de incrementar la disponibilidad del sistema de aire, en casos de emergencia, para cubrir la demanda requerida, y cumplir con un tiempo de autonomía mínimo de 15 minutos.

3.1.10 Diseño de la operación automática de los Sistemas Auxiliares Secundarios

Sistema de drenajes

El sistema de drenajes estará conformado por un tanque sumidero de drenajes (TK-874) con una capacidad nominal de 90 BBL's. Además contará con dos bombas de desplazamiento positivo tipo tornillo (P-874 A/B). Este sistema recolectará los drenajes provenientes de los siguientes sistemas:

- Drenajes de la bota desgasificadora (V-509), drenajes del tanque (TK-872)
- Drenajes provenientes del sistema de formación y mantenimiento de nivel de colchón de agua.
- Drenajes provenientes del sistema de inyección de químicos. (RÍO NAPO, 2014)

La filosofía de operación propuesta a la empresa para el sistema de bombeo del tanque sumidero será la siguiente:

Para controlar el nivel en el tanque sumidero, se contará con un transmisor indicador de nivel (LIT-874 A), el cual estará interconectado con el PLC de control (PLC-001). Mediante la verificación del estado este transmisor, por medio del PLC ordenará arrancar la bomba principal (P-874 A) cuando se ha llegado al nivel de 3.8 pies, y parar la bomba principal cuando se ha llegado a un nivel de 1.7 pies por intermedio de un variador de frecuencia. Adicionalmente, el sistema dispone de una alarma de alto nivel (LAH-874 A seteadada en 4.0 ft); cuando se alcanza el nivel de 4.0 pies, en panel local se activa dicha alarma. Se contará además con una alarma de bajo

nivel (LAL-874 A seteada en 1.5 ft); cuando se alcanza en el tanque sumidero un nivel de 1.5 pies.

Para operaciones de seguridad se propone que el sistema cuente con un interruptor de nivel (LS-874 B), el cual estará interconectado con el PLC de seguridad (PLC-001A); en caso de muy alto nivel en el tanque sumidero, se activará en panel local una alarma (LAHH-874 B con set en 4.4 ft), y a través del PLC de seguridad se ordenará arrancar la bomba de seguridad (P-874 B). Adicionalmente, se contará con una alarma por muy bajo nivel (LALL-874 B seteada en 1 ft); cuando se alcanza en el tanque sumidero muy bajo nivel, y el PLC de seguridad enviará una señal que ordene parar las bombas respectivas (P-874A/B).

En panel local el operador podrá monitorear el estado de las bombas (XS-874 A/B), existirá además una alarma para indicar que paró una de las bombas por alguna causa (XA-874 A/B). El operador en panel local contará además con señales de arranque/parada (HS-874 B / HS-874), paradas de emergencia (ESD-874), y señales de operación automática/manual (HOA-874 A/B).

Para la apertura o cierre de las válvulas de drenaje (LV-601C, LV-509C, LV-876C, LV-873C) de cada sistema se enviará su señal de operación a través de la interfaz HMI.

El sistema de drenajes que recolecta los drenajes provenientes del Tanque Multipropósito y otros sistemas está conformado por varios elementos de monitoreo y control, en las Figuras 69, 70 y 71 se muestra parte del esquema P&Id del denominado Sistema de Drenaje con la instrumentación que lo conforma inicialmente detallada.

En el Anexo A7 se presenta el diagrama P&Id completo respecto a este sistema en donde como se ha hecho en los diagramas anteriores se podrá visualizar, la relación de conexión con el sistema correspondiente al Tanque Multipropósito.

Adicionalmente en la tabla 26 se muestra la nomenclatura de los elementos correspondientes al diagrama P&Id del sistema de drenaje.

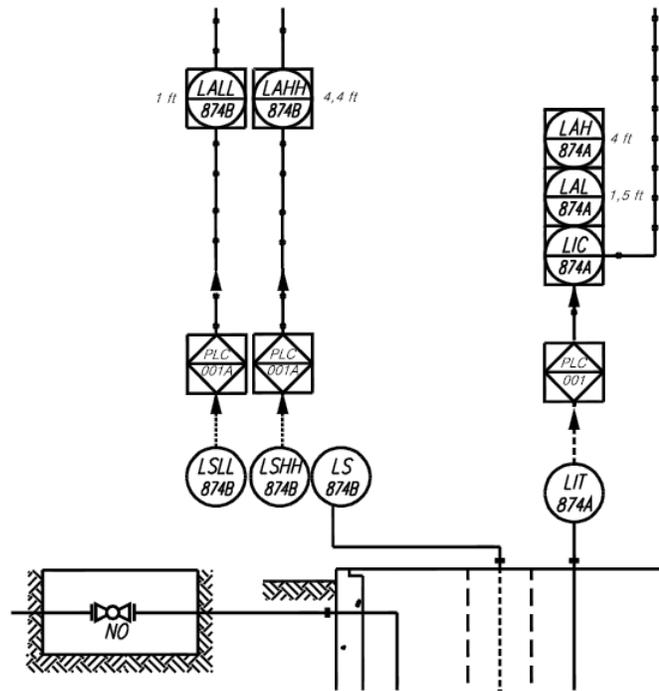


Figura 69. Esquema de entrada de sistema de drenaje
 Fuente: Esquema elaborado por los autores del proyecto. (2014)

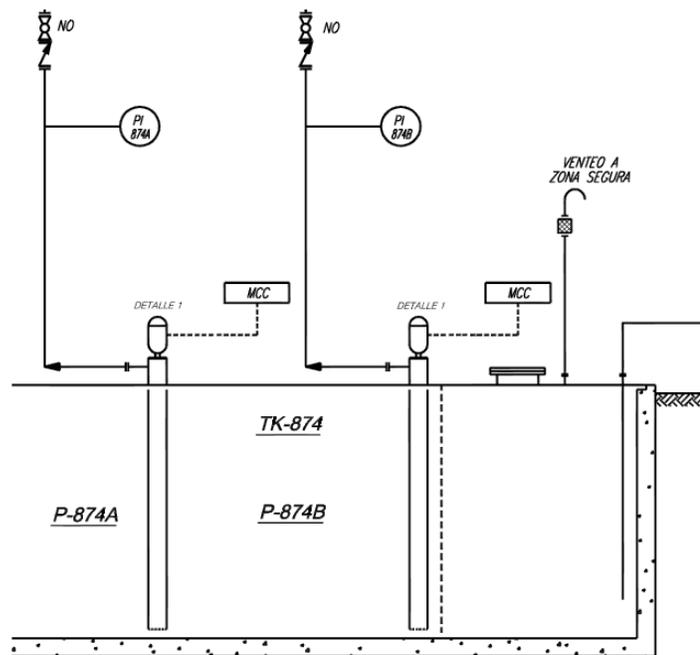


Figura 70. Esquema del tanque y bombas del sistema de drenaje
 Fuente: Esquema elaborado por los autores del proyecto. (2014)

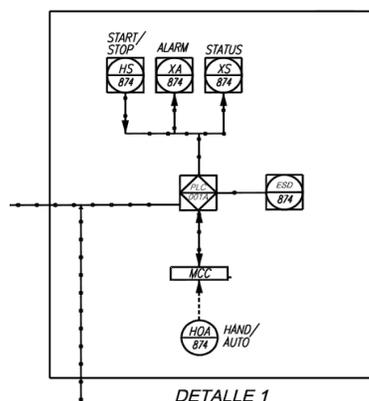


Figura 71. Esquema del panel de control del sistema de drenaje
Fuente: Esquema elaborado por los autores del proyecto. (2014)

Tabla 26

Nomenclatura de los elementos, sistema de drenaje.

NOMENCLATURA	DESCRIPCIÓN
TK-874	Tanque del sistema de drenaje
P-874 A/B	Bombas de desplazamiento positivo
PLC-001	PLC de proceso
PLC-001A	PLC de seguridad
LIT-874 A	Transmisor indicador de nivel en el tanque sumidero
LIC-874 A	Controlador indicador de nivel del tanque
PI-874 (A/B)	Indicadores de presión de las bombas
LAH-874 A	Alarma de alto nivel
LAL-874 A	Alarma de bajo nivel
LS-874 B	Interruptor de nivel
LSHH-874 B	Interruptor de muy alto nivel
LSLL-874 B	Interruptor de muy bajo nivel
LAHH-874 B	Alarma de muy alto nivel
LALL-874 B	Alarma de muy bajo nivel
XS-874	Indicador para monitorear el estado de las bombas
XA-874	Alarma para indicar que paró la bomba
HS-874	Señales de arranque/parada
ESD-874	Señales de paradas de emergencia
HOA-874	Señales de operación automática/manual

Fuente: Tabla elaborada por los autores del proyecto. (2014)

Sistema de inyección de químicos

El sistema de inyección de químicos estará conformado por tres tanques de almacenamiento de productos químicos (TK-875/76/77), y una bomba (P-875) para realizar la inyección de químicos para una adecuada operación de Tanque Multipropósito. (RÍO NAPO, 2014)

ORNCEM ha considerado y solicitado en primera instancia dosificar los siguientes químicos:

- Demulsificante
- Antiescala
- Inhibidor de corrosión.

La dosificación exacta de los químicos antes mencionados deberá ser determinada una vez el Tanque Multipropósito se encuentre operando como tanque de lavado.

Para el monitoreo local del nivel de químicos almacenados en cada uno de los tanques, se propone que cada tanque cuente con su respectivo indicador de nivel (LG-875/76/77) y además para la monitorización en panel local se usará transmisores indicadores de nivel (LIT-875/876/877) para cada uno de los tanques. Adicionalmente el control y la operación de la bomba de inyección de químicos se realizarán a través de la interfaz, ajustando la dosificación del químico por medio del estado de deshidratación en el Tanque Multipropósito y el nivel de fluido (químicos) que se tenga en cada tanque.

Finalmente, la bomba de inyección de químicos podrá ser arrancada de forma local/remota, y en caso de emergencia, la bomba podrá ser parada de forma remota.

Se muestra una parte del esquema P&Id del denominado sistema de inyección de químicos en las Figuras 72 y 73, con la instrumentación que lo conforma inicialmente detallada en el apartado 3.1.10.

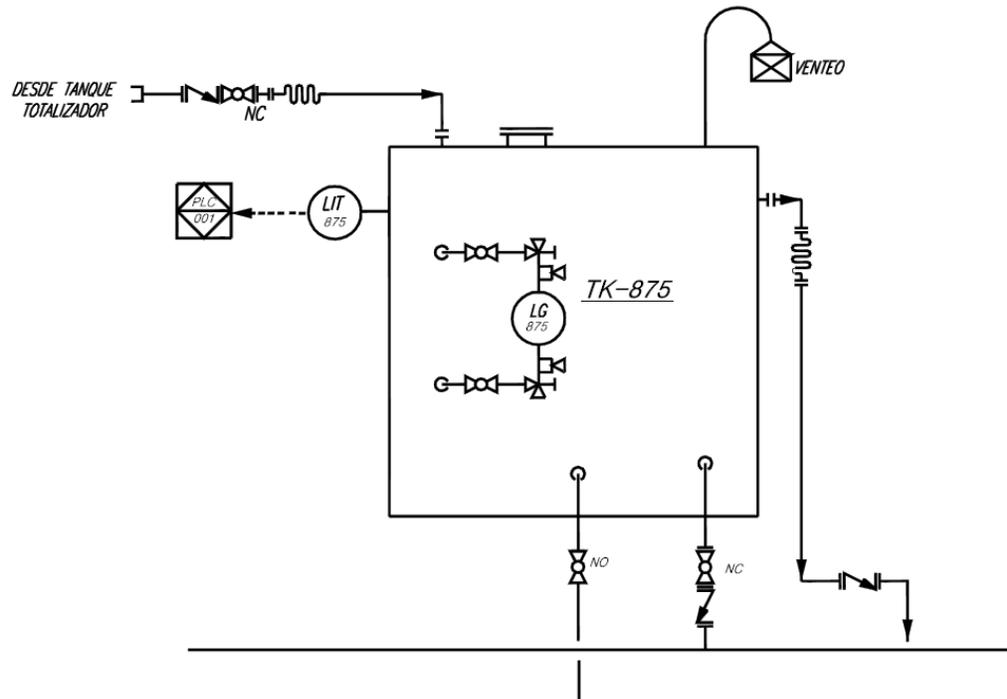


Figura 72. Esquema general de almacenamiento de inyección de químicos
Fuente: Esquema elaborado por los autores del proyecto. (2014)

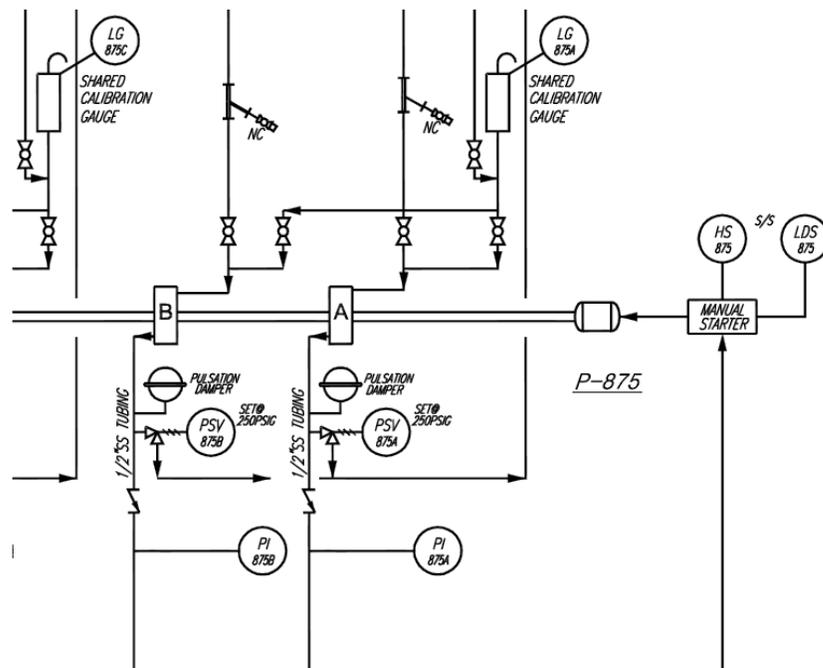


Figura 73. Esquema general de sistema de inyección de químicos
Fuente: Esquema elaborado por los autores del proyecto. (2014)

En el Anexo A8 se presenta el diagrama P&Id completo respecto a este sistema en donde como se ha hecho en los diagramas anteriores se podrá visualizar, la relación de conexión con el sistema correspondiente al Tanque Multipropósito.

Adicionalmente en la tabla 27 se muestra la nomenclatura de los elementos correspondientes al diagrama P&Id del sistema de inyección de químicos.

Tabla 27

Nomenclatura de los elementos, sistema de drenaje.

NOMENCLATURA	DESCRIPCIÓN
TK-(875/76/77)	Tanques de almacenamiento de productos químicos
P-875	Bomba de inyección de químicos
LG-(875/76/77)	Indicadores de nivel
LIT-(875/76/77)	Transmisores indicadores de nivel

Fuente: Tabla elaborada por los autores del proyecto. (2014)

Sistema de aire de instrumentos

La empresa ha señalado que dispondrá de un nuevo compresor de aire (C-401) el cual deberá operar conjuntamente con el compresor existente (C-400), mediante el esquema maestro-esclavo.

Para el control de los compresores se hará uso de las siguiente señales: arranque/paro manual (HS-401/HS 400), operación automática o manual (HOA-401/HOA-400), parada del equipo por activación de paro de emergencia (ESD-401/ ESD-400) asociadas al PLC de control y seguridad. Se ha estimado que los compresores dispongan de las siguientes señales que podrán ser visualizadas en panel local: Estado de funcionamiento (XS-401/XS-400); estado de alarma (XA-401/XA-400); presión de descarga (PI-401); entre otras.

Para mantener un tiempo de autonomía de por lo menos 15 minutos en casos de emergencia cuando no se pueda disponer de los compresores de aire, el sistema de aire

de instrumentos contará con un pulmón vertical de aire adicional (V-518) de 2 pies de diámetro y 5 pies de altura, el cual estará conectado a la red de aire de instrumentos existente en la estación. (RÍO NAPO, 2014)

Para monitorear las principales variables de operación, se propone que el pulmón (V-518) disponga de un indicador de presión (PI-518) para medir la presión, y un indicador de temperatura (TI-518) para medir la temperatura. Además para controlar la operación de arranque y parada del sistema de compresión maestro/esclavo, en el pulmón se contará con un transmisor indicador de presión (PIT-518) el cual enviará señales al PLC de control para realizar el arranque y parada del compresor principal cuando la presión en el pulmón se encuentre en el rango de presiones de 103 psig a 112 psig, respectivamente. En caso de alcanzar en el pulmón baja presión (107 psig) se activará una alarma (PAL-518), que podrá ser visualizada en panel local. En caso de alcanzar en el pulmón alta presión (114 psig) se activará una alarma de alta presión (PAH-518), que podrá ser visualizada en panel local. En caso de alcanzar en el pulmón una presión muy alta (118 psig) se activará de igual forma una alarma (PAHH-518), y en caso de alcanzar en el pulmón una presión muy baja (103 psig) existirá igualmente una alarma (PALL-518), ambas alarmas al igual que las anteriores podrán ser visualizadas en panel local.

Por otro lado en la nueva línea de interconexión con la red de aire de instrumentos existente, se sugiere disponer de una válvula reguladora de presión (PCV-518 seteadada en 100 psig). Esta válvula permitirá mantener presurizada la red de aire a la presión antes anotada. Adicionalmente para monitorear la presión de la red de aire de instrumentos, se dispondrá de un transmisor de presión (PIT-518 B), el cual estará interconectado con el PLC de seguridad. En caso de tener muy alta presión en la red de aire de instrumentos, se activará una alarma (PAHH-518 B seteadada 120 psig), la misma que podrá ser visualizada en panel local.

Finalmente, en caso de tener muy baja presión en la red de aire de instrumentos, se activará una alarma de presión baja (PALL-518 B, seteadada a 80 psig); esta alarma

podrá ser visualizada en panel local, y enviará una señal al PLC de seguridad para ordenar el arranque del compresor que esté operando como esclavo.

El sistema de aire instrumentos como se explicó está conformado por varios elementos de monitoreo y control, en las Figuras 74, 75 y 76 se muestra una parte del esquema P&Id del denominado Sistema de aire instrumentos con la instrumentación que lo conforma inicialmente detallada.

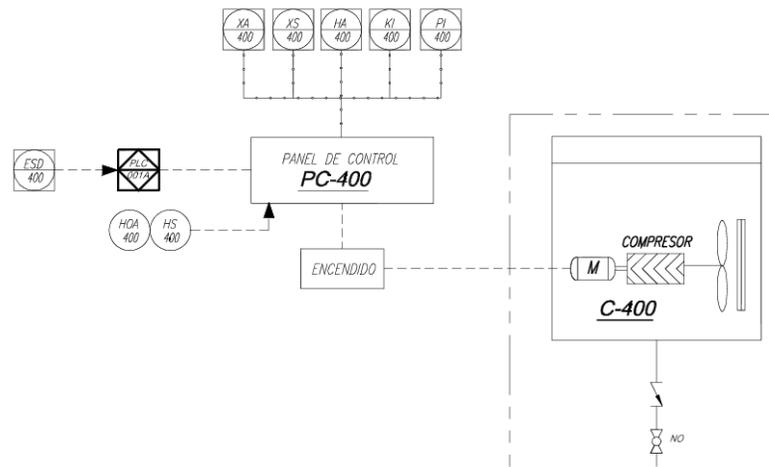


Figura 74. Esquema del compresor del sistema de aire instrumentos
Fuente: Esquema elaborado por los autores del proyecto. (2014)

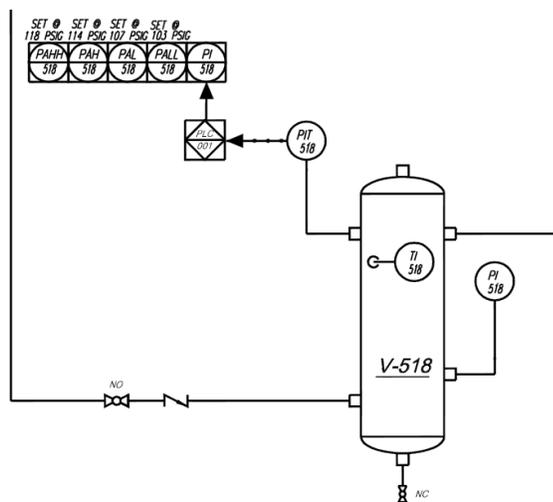


Figura 75. Esquema del pulmón del sistema aire instrumentos
Fuente: Esquema elaborado por los autores del proyecto. (2014)

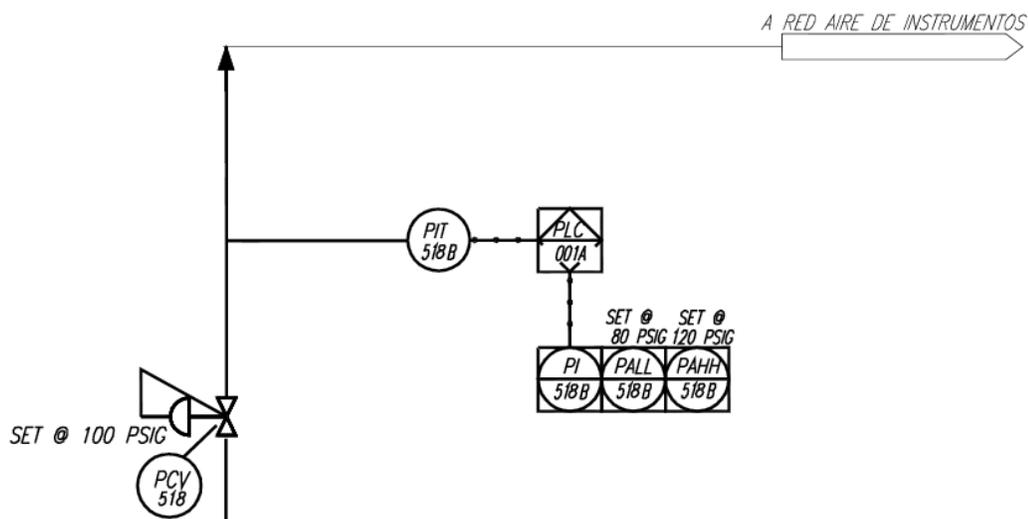


Figura 76. Esquema salida del sistema aire instrumentos
Fuente: Esquema elaborado por los autores del proyecto. (2014)

En el Anexo A9 se presenta el diagrama P&Id completo respecto a este sistema en donde como se ha hecho en los diagramas anteriores se podrá visualizar, la relación de conexión con otros sistemas.

Adicionalmente en la tabla 28 se muestra la nomenclatura de los elementos correspondientes al diagrama P&Id del sistema de aire instrumentos.

Tabla 28

Nomenclatura de los elementos, sistema de aire instrumentos.

NOMENCLATURA	DESCRIPCIÓN
C-(401/400)	Compresores de aire
HS-(401/400)	Señales de arranque/paro manual para cada compresor
HOA- (401/400)	Señal de operación automática para cada compresor
ESD- (401/400)	Parada del equipo por activación de paro de emergencia para cada compresor
XA-(401/400)	Señales de estado para cada compresor
XS-(401-400)	Señales de estado para cada compresor
HA-(401/400)	Señales de operación automática para cada compresor
PI-(401/400)	Indicadores de presión de descarga para cada compresor

Continúa →

KI-(401/400)	Indicadores de tiempo para cada compresor en panel
S-402	Secador de aire
V-518	Pulmón vertical de aire adicional
PI-518	Indicador de presión de pulmón de aire
TI-518	Indicador de temperatura
PCV-518	Válvula reguladora de presión
PI-518 B	Indicador de presión de la red aire instrumentos en panel
PIT-518 B	Transmisor indicador de presión para presión de la red
PIT-518	Transmisor indicador de presión de pulmón de aire
PAH-518	Alarma de presión alta de pulmón de aire
PAHH-518	Alarma de presión muy alta de pulmón de aire
PAL-518	Alarma de presión alta de pulmón de aire
PALL-518	Alarma de presión muy alta de pulmón de aire
PAHH-518 B	Alarma de presión muy alta
PALL-518 B	Alarma de presión muy baja
PLC-001	PLC de proceso
PLC-001A	PLC de seguridad

Fuente: Tabla elaborada por los autores del proyecto. (2014)

Los esquemas P&Ids presentados han sido realizados con la finalidad de obtener una representación gráfica de la secuencia de equipos, tuberías y accesorios que conformarán el nuevo sistema de deshidratación y almacenamiento. Para designar y representar los instrumentos de medición y control de estos esquemas se empleó la norma ISA (Instrument Society of America). La norma ISA fue creada con el propósito de establecer un significado uniforme y designar instrumentos y sistemas de instrumentación usados para medición; debido a que en todo proceso industrial es importante el manejo del mismo lenguaje con el fin de lograr la misma interpretación, esta normalización regula desde las unidades utilizadas hasta el método aplicado para instalar los elementos en la instrumentación industrial.

3.2. Consideraciones generales del sistema eléctrico

Como consideraciones generales del sistema eléctrico se definirá las áreas peligrosas en la estación Sacha Sur.

3.2.1 Definición de áreas peligrosas (NEC, 2006)

El análisis de áreas peligrosas permite determinar la existencia de zonas de riesgo, para poder establecer una adecuada selección y ubicación de los equipos eléctricos. Para la definición de áreas peligrosas se consideran las normas API 500 y NEC sección 500.

La clasificación de áreas peligrosas se realiza mediante la identificación de los términos CLASE – DIVISION – GRUPO, donde cada parámetro establece lo siguiente:

- Clase: Naturaleza del producto que escapa a la atmósfera.
- División: Frecuencia y extensión con las que las mezclas inflamables estarán presentes.
- Grupo: Facilidad con la cual la mezcla inflamable tiende a incendiarse

CLASE

Clase I: Este término es aplicable al caso particular de las instalaciones de producción, donde manejan gases o vapores inflamables

Clase II o III: Hace referencia a aquellas instalaciones que manejan polvos o fibras combustibles.

DIVISIÓN

Clase I, División 1:

Área en donde:

- Pueden existir continuamente, bajo condiciones normales de operación, concentraciones de gases o vapores explosivos o inflamables.
- Existen periódicamente concentraciones peligrosas de gases o vapores inflamables, en condiciones normales de operación.

- Pueden existir frecuentemente concentraciones de gases o vapores explosivos o inflamables debidos a trabajos de reparación o mantenimiento, o por causa de fugas.
- Una interrupción o una falla en la operación de los equipos o del proceso que pueda provocar la formación de concentraciones peligrosas de gases o vapores inflamables y simultáneamente provocar también la falla del equipo eléctrico.

Clase I, División 2:

Lugar donde:

- Se manejan, procesan o usan líquidos volátiles, gases o vapores inflamables, que están normalmente confinados en recipientes o sistemas cerrados, pero de los cuales puedan escapar por algún accidente.
- Lugares que se tornan peligrosos por falla o funcionamiento anormal del equipo de ventilación que impide la concentración de gases o vapores inflamables en el área.
- Están contiguos a los de Clase I, División 1, a los cuales puedan llegar ocasionalmente concentraciones de gases o vapores inflamables.

Para realizar una adecuada selección de los elementos que intervienen en la instalación eléctrica es importante la elaboración de planos donde se muestre el tipo de áreas en las que se trabaja.

En el Anexo B1 se presenta el plano correspondiente a la clasificación de áreas del sistema de deshidratación y almacenamiento.

3.2.2 Consideraciones sobre el cuarto de control eléctrico (NEC, 2006)

El cuarto de control eléctrico es el lugar donde se concentra la distribución de la energía a las diferentes cargas del sistema. Sus elementos principales son: los tableros de distribución y los centros de control de motores.

Físicamente debe estar localizado lo más cerca posible de la carga eléctrica, en un área no peligrosa. La distribución del equipo en el cuarto de control eléctrico debe realizarse permitiendo espacios de acceso y trabajo suficiente, un mantenimiento rápido y seguro alrededor del equipo eléctrico. Los espacios mínimos permitidos se indican en la NEC, Sección 110, artículo 110-34.

3.2.3 Cálculos preliminares del sistema eléctrico

Una de las partes que conforman un sistema eléctrico son los circuitos ramales, los mismos que están constituidos por la protección de sobrecorriente, el conductor y el aparato de salida. Estos circuitos deben cumplir con lo establecido en la NEC, Secciones: 210, 225 y 430. Según la norma tanto para circuitos ramales como para alimentadores exteriores aéreos, el calibre mínimo de los conductores de cobre es: 10 AWG para 600 V nominales y menos, y 6 AWG para más de 600 V.

Los circuitos derivados para motores deben tener conductores capaces de soportar los arranques, paros y operación continua al accionar las cargas. Los conductores se dimensionan al 125% de la corriente a plena carga del motor.

Selección de los conductores de potencia (NEC, 2006)

Las características de los conductores se encuentran especificadas en la NEC, Sección 310. Para la elección del calibre del conductor se emplean dos criterios mostrados a continuación:

- Capacidad de conducción de corriente: representa la máxima corriente que puede circular por un conductor considerando las propiedades del mismo sin producir daño.
- Caída de tensión (e%): cálculo que considera las pérdidas por el conductor. La máxima caída de voltaje no debe exceder al 5% desde la alimentación hasta la carga, de los cuales el 3% se permite en los circuitos derivados y el otro 2% en los alimentadores.

Además de las dos condiciones necesarias para escoger el calibre del conductor las normas NEC recomiendan considerar el calibre mínimo permitido según su tensión nominal, tipo de instalación y factor de corrección de temperatura. Adicionalmente para el desarrollo de los cálculos se debe considerar que la ampacidad del conductor que alimenta a varios circuitos ramales de motores será la corriente nominal del motor más grande multiplicada por un factor de 1.25, más la corriente nominal del resto de los motores.

A continuación se muestra un ejemplo de cálculo de del calibre del conductor para la sección de potencia.

Datos

Bombas: P-876 A/B/C

Potencia=7,5HP/5595W

Voltaje=480V

Longitud=50m

$e\% = 2\%$

$$I_c = \frac{P}{\sqrt{3} * V * fp} \quad (3.1)$$

$$I_c = \frac{5595W}{\sqrt{3} * 480V * 0.8} = 8,41A \quad (3.2)$$

$$I_{ramal} = 8,41A * 1,25 + 8,41A + 8,41 = 27,33A \quad (3.3)$$

$$A = \frac{100 * \rho * L * I_{ramal} * \sqrt{3}}{e\% * V} \quad (3.4)$$

$$A = \frac{100 * 0,017837\Omega mm^2/m * 50m * 27,33A * \sqrt{3}}{2 * 480V} \quad (3.5)$$

$$A = 4,827mm^2$$

Con una sección de $4,827mm^2$ se tiene de acuerdo a la Norma NEC tabla 310-16 un conductor de calibre 10AWG de cobre de tipo THHN. En la Tabla 29, se muestra los

valores calculados del calibre para los equipos eléctricos que intervienen en la optimización del sistema de deshidratación y almacenamiento.

Tabla 29

Selección de conductores de potencia

Equipo	TAG	Potencia (W)	Voltaje (V)	Corriente (A)	Longitud (m)	Calibre (AWG)
Bomba de desalojo de colchón de agua	P-876A	5595	480	8,41	50	10
Bomba de desalojo de colchón de agua	P-876B	5595	480	8,41	50	10
Bomba de desalojo de colchón de agua	P-876C	5595	480	8,41	50	10
Compresor de aire	C-401	29840	480	44,86	170	1/0
Bomba descarga sumidero	P-874A	18650	480	28,02	50	6
Bomba descarga sumidero	P-874B	18650	480	28,02	50	6
Bomba formación de colchón de agua	P-873	14920	480	22,43	50	1/0
Bomba de transferencia	P-872A	29840	480	44,86	50	1/0
Bomba de transferencia	P-872B	29840	480	44,86	50	1/0
Bomba de transferencia	P-872C	29840	480	44,86	50	1/0
Bomba de transferencia	P-872D	29840	480	44,86	50	1/0
Bomba sistema de calentamiento	H-601A	22380	480	33,65	50	2
Bomba sistema de calentamiento	H-601B	22380	480	33,65	50	2

Continúa →

Bomba sistema de calentamiento	H-601C	22380	480	33,65	50	2
Bomba sistema de calentamiento	H-601D	22380	480	33,65	80	2

Fuente: Tabla elaborada por los autores del proyecto. (2014)

Selección del conductor de puesta a tierra

Para la selección del conductor de puesta a tierra se ha tomado como referencia el artículo 250-95 de la NEC que establece que todo equipo o dispositivo eléctrico debe ser conectado al sistema general de tierras con conductor de cobre desnudo, el calibre del conductor debe ser el indicado de acuerdo a la capacidad del dispositivo de protección.

Selección de protecciones

Los dispositivos de protección son necesarios para preservar la vida útil de los equipos e instalaciones eléctricas ante fallas que puedan ocurrir en el sistema, es por esto que hacer una correcta selección de éstos proporcionará un buen servicio y seguridad en el mantenimiento de los equipos.

Las protecciones a utilizar son interruptores automáticos, que están diseñados para operar el circuito en circunstancias anormales de corriente, y evitar daños de las instalaciones y los equipos en estas circunstancias.

Para una adecuada elección de estos dispositivos de protección se ha hecho uso de la norma NEC sección 430, tomando en consideración las características de cada motor, las mismas que han sido proporcionadas por ORNCEM.

En la Tabla 30 se muestra las protecciones correspondientes para cada elemento, en relación con la potencia que poseen los equipos se ha determinado la capacidad de corriente que debe tener cada protección.

Tabla 30

Selección de protecciones

Equipo	TAG	Potencia (W)	Capacidad de Protección (A)
Bomba de desalojo de colchón de agua	P-876A	5595	30
Bomba de desalojo de colchón de agua	P-876B	5595	30
Bomba de desalojo de colchón de agua	P-876C	5595	30
Compresor de aire	C-401	29840	100
Bomba descarga sumidero	P-874A	18650	30
Bomba descarga sumidero	P-874B	18650	30
Bomba formación de colchón de agua	P-873	14920	50
Bomba de transferencia	P-872A	29840	100
Bomba de transferencia	P-872B	29840	100
Bomba de transferencia	P-872C	29840	100
Bomba de transferencia	P-872D	29840	100
Bomba sistema de calentamiento	H-601A	22380	50
Bomba sistema de calentamiento	H-601B	22380	50
Bomba sistema de calentamiento	H-601C	22380	50
Bomba sistema de calentamiento	H-601D	22380	50

Fuente: Tabla elaborada por los autores del proyecto. (2014)

Selección del calibre de los conductores de control (CENELSA, 2010)

Los cables para Instrumentación, son cables multiconductores que transportan señales eléctricas de baja energía entregadas por un transductor u otra aplicación hasta

el proceso de control. La norma API 540 recomienda la utilización de un conductor de calibre 16 AWG para elementos de instrumentación.

Adicionalmente los cables para Control, son cables multiconductores que transportan señales eléctricas, usadas para monitorear o controlar sistemas eléctricos de potencia y sus procesos asociados. La norma API 540 recomienda el uso de un conductor de calibre 14 AWG para elementos de control para sistemas eléctricos de potencia. Es importante entonces mencionar que los cables para Instrumentación y Control trabajan en equipo para poder entregar de manera confiable información tomada desde los sensores en proceso y la información procesada por el PLC hacia los sistemas eléctricos.

3.3. Diagramas unifilares

Con el objetivo de mostrar todas las partes que componen al sistema de potencia del nuevo sistema de deshidratación y almacenamiento de modo gráfico, completo, tomando en cuenta las conexiones que hay entre otros sistemas se ha realizado el diagrama unifilar del mismo, para lograr mediante este esquema una visualización completa del mismo de la forma más sencilla y obtener así una representación gráfica de la instalación eléctrica que constituirá el nuevo sistema.

El diagrama unifilar mostrado en el Anexo B2 incluye los principales componentes del nuevo sistema de deshidratación y almacenamiento en donde se puede observar elementos como: transformadores, interruptores, cables, etc.

Es importante mencionar que el diagrama unifilar mostrado en el Anexo B2 se ha realizado haciendo uso del diagrama unifilar general de la estación Sacha Sur proporcionado por la Agencia de Regulación y Control Hidrocarburífero (ARCH), por cuanto los equipos que conforman el nuevo sistema de deshidratación y almacenamiento han sido añadidos a este esquema unifilar.

En la Figuras 77, 78 y 79 se muestran un extracto del diagrama unifilar correspondiente al sistema de deshidratación y almacenamiento.

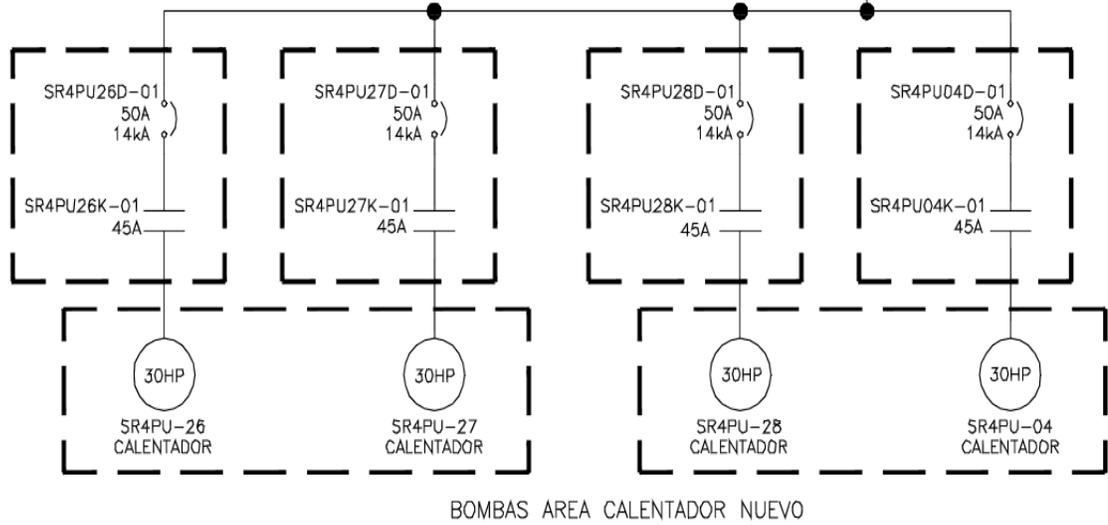


Figura 77. Diagrama Unifilar de bombas de los calentadores
Fuente: Esquema elaborado por los autores del proyecto. (2014)

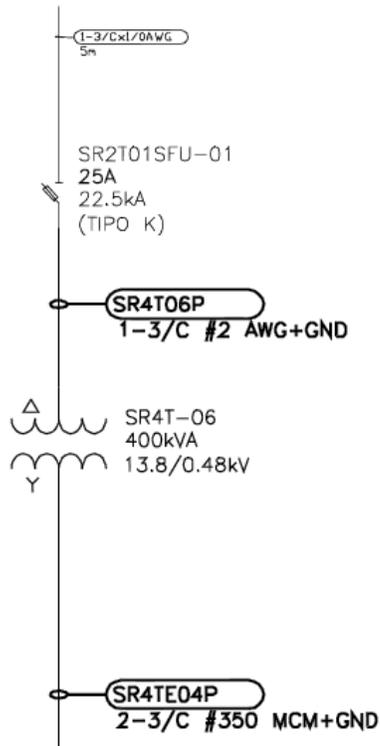


Figura 78. Diagrama Unifilar de suministro de energía
Fuente: Esquema elaborado por los autores del proyecto. (2014)

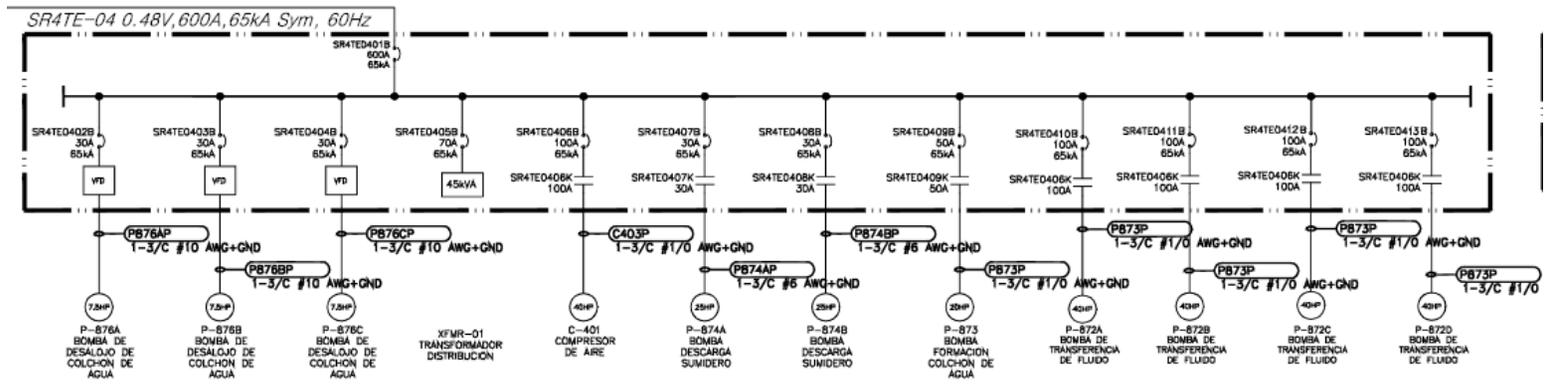


Figura 79. Diagrama Unifilar de las nuevas facilidades
 Fuente: Esquema elaborado por los autores del proyecto. (2014)

3.4. Dimensionamiento y especificación de equipos

Para la adecuada selección de los equipos que formarán parte del sistema de I&C (Instrumentación y Control) del nuevo sistema de deshidratación y almacenamiento, hay que regirse a la norma API 551 (Process Measurement Instrumentation); en ella se describen los instrumentos aprobados para el uso en instalaciones petroleras, sus características y montaje.

Interruptores de nivel

Para implementar el sistema de control de nivel de fluido en el Tanque Multipropósito (TK-872) y en el Tanque Sumidero (TK-874) uno de los componentes que se requieren son los denominados interruptores de nivel.

El interruptor eléctrico a usar es un interruptor de doble tiro bipolar accionado magnéticamente, el motivo de usar un interruptor de características magnéticas, es debido a que la acción mediante acoplamiento magnético elimina la necesidad del uso de elementos tales como juntas, diafragmas, resortes, o tubos de torsión, porque no hay contacto físico con el proceso; además el acoplamiento magnético elimina las conexiones al proceso del interruptor y asegura el aislamiento completo del proceso. Adicionalmente no se requieren válvulas para bloquear el paso del proceso para llevar a cabo cualquier mantenimiento del funcionamiento o chequeo del interruptor, y dado que está aislado del proceso, no necesitan ser limpiados. En la Figura 80 se puede observar el esquema de un interruptor de nivel magnético. (ABB, 2006)



Figura 80. Interruptor de nivel magnético.
Fuente: (ABB, 2006)

El funcionamiento de este tipo de interruptor consiste en contactos secos normalmente abiertos o normalmente cerrados que se pueden utilizar para activar dispositivos externos, tales como alarmas o solenoides. Dado que el interruptor se activa magnéticamente, es adecuado para cualquier aplicación donde es necesario detectar el paso de un imán o un campo magnético cerca de él; sin embargo, su aplicación principal es para detectar el paso de un flotador magnético conectado a un recipiente que contiene un líquido. Esto permitirá la detección de un punto de disparo de arranque / parada ya sea de un nivel total o interfaz en cualquier recipiente. Estos puntos de disparo se pueden utilizar para alarmas o para activar un relé de la bomba de arranque del motor, etc.

Los parámetros de operación generales del interruptor de nivel se muestran en la Tabla 31.

Tabla 31

Parámetros de operación general del interruptor de nivel.

Tipo de accionamiento	Accionamiento magnético
Material	Aleación de plata y cadmio
Acción de interrupción	Ruptura
Valores eléctricos	AC: 10 A resistivos, 1/4 HP @ 125 AC o 250 VAC DC: 2.6 A @ 24 VDC, 1/2 A @ 125 VDC, 1/4 A @ 250 VDC
Salida	Contacto seco estándar
Mínima temperatura de operación	-60°F (-51°C)
Máxima temperatura	304 ° F (151 ° C)
Norma	NEMA 4X

Fuente: (ABB, 2006)

Adicionalmente en el Anexo C1 se presenta un mayor detalle de los parámetros de operación del interruptor de nivel magnético donde se podrá visualizar de una manera más puntualizada cada uno de los requerimientos de este elemento.

Transmisor indicador de temperatura

La medida de la temperatura influye en la competitividad del proceso al maximizar la calidad, la seguridad y la rentabilidad del mismo. El éxito depende de la combinación óptima de tecnologías innovadoras y productos fiables.

El transmisor indicador de temperatura a usar es un elemento que posee la combinación de transmisor y sensor, el motivo de usar este tipo de dispositivo es debido a que estos toman la señal de bajo nivel proveniente de un RTD o termopar, y la convierten a una señal analógica más conveniente para la transmisión a larga distancia, se establece que el elemento que constituirá el transmisor indicador de temperatura será un RTD por lo que existirá variación en su valor resistivo en función de la temperatura, mientras el transmisor amplifica y acondiciona la señal del sensor y la transmite sobre un par de hilos trenzados hasta la sala de control. En la Figura 81 se puede observar el esquema de un transmisor indicador de temperatura.



Figura 81. Transmisor Indicador de temperatura.
Fuente: (Rosemount, 2014)

El funcionamiento del transmisor indicador de temperatura consiste en enseñar al transmisor de temperatura la relación que existe entre la resistencia que posee y la temperatura de un sensor específico RTD, esto se logra mediante métodos de calibración; usando por ejemplo las constantes Callendar-Van Dusen, una vez se ha obtenido esta relación, el transmisor genera la curva específica que mejor describe la relación entre la resistencia y la temperatura del sistema particular de sensor y transmisor, permitiendo en el elemento una mejora de la precisión en la medición en un 75% gracias a la combinación de transmisor-sensor. Los parámetros de operación generales de este elemento se muestran en la Tabla 32. (Rosemount, 2014)

Tabla 32

Parámetros de operación general de un indicador de temperatura.

Tipo de accionamiento	Temperatura
Temperatura ambiente de trabajo mínima	Desde -40°F a 185°F
Material	Aluminio bajo en cobre
Curva característica	Lineal
Señal de entrada	12 a 42,4 Vdc
Señal de Salida	Corriente análoga 4-20 mA
Tiempo de actualización	Aproximadamente 0,5 segundos
Norma	IP68 y NEMA 4X

Fuente: (Rosemount, 2014)

Adicionalmente en el Anexo C2 se presenta un mayor detalle de los parámetros de operación del transmisor indicador de temperatura donde se podrá visualizar de una manera más puntualizada cada uno de los requerimientos de este elemento.

Transmisor indicador de presión diferencial

La medida de la presión diferencial se usa para generalmente recipientes bajo presión, el aparato computa la diferencia entre la presión total y la sobre presión. Esta señal es la presión de la columna de líquido, que luego es convertida en una señal eléctrica. Los transmisores de presión diferencial son usados también para el control de sistemas de filtro.

El transmisor indicador de presión diferencial a usar debe estar diseñado para aceptar una señal de presión diferencial de un elemento primario, como puede ser un medidor de caudal de placa orificio, y convertirla en una señal de salida analógica de 4-20 mA.

El funcionamiento del transmisor indicador de presión diferencial requiere para la medida de presión un sensor que capta el valor de presión o la variación de la misma y lo convierte de manera exacta y precisa en una señal eléctrica; la señal eléctrica indica el valor de presión recibida. Los cuatro principios más importantes son la medida con

sensores resistivos, sensores piezoresistivos, sensores capacitivos y sensores piezoeléctricos. Los parámetros de operación generales de este elemento se muestran en la Tabla 33. (Rosemount, 2011)

En la Figura 82 se puede observar el esquema de un transmisor indicador de presión diferencial.



Figura 82. Transmisor Indicador de Presión Diferencial.
Fuente: (Rosemount, 2011)

Tabla 33

Parámetros de operación del transmisor de presión diferencial.

Tipo de componente	Presión
Capacidad de carga mínima	250 ohmios
Material	Aluminio bajo en cobre
Curva característica	Lineal con la medición
Fuente de alimentación	Externa entre 10,5 y 55 Vcc
Señal de Salida	Corriente análoga 4-20 mA
Máximo tiempo de respuesta	100 mili segundos
Norma	ASME B1.20.1

Fuente: (Rosemount, 2011)

Adicionalmente en el Anexo C3 se presenta un mayor detalle de los parámetros de operación del transmisor de presión donde se podrá visualizar de una manera más puntualizada cada uno de los requerimientos de este elemento.

Válvula auto controlada de presión para Gas de Blanketing

Para el ingreso de Gas de Blanketing hacia el Tanque Multipropósito (TK-872), se requiere del uso de una válvula auto controlada de presión que ayude a la reducción de la presión de entrada mediante un regulador de presión de suministro.

Adicionalmente la válvula auto controlada de presión a usar debe proteger al proceso de contaminaciones y emisiones externas. En la Figura 83 se puede observar el esquema de una válvula auto controlada de presión.

El funcionamiento de la válvula auto controlada de presión proporciona un control de presión muy preciso en sistemas de inertización de tanques de baja presión.



Figura 83. Válvula auto controlada de presión.
Fuente: (Fisher, 2012)

En este tipo de válvulas el regulador ayuda a controlar las emisiones y proporciona protección frente a cualquier contaminación derivada de las condiciones atmosféricas. Adicionalmente este tipo de válvula mantiene una presión positiva, reduciendo de este modo la posibilidad de colapso del sistema durante las operaciones de inyección. Los parámetros de operación generales de este elemento se muestran en la Tabla 34. (Fisher, 2012)

Tabla 34

Parámetros de operación de la válvula auto controlada de presión.

Tipo de componente	Regulador de presión
Característica de flujo	Lineal
Presión de entrada máxima	27,6 bar / 400 psig
Método de funcionamiento	Accionado por piloto
Material del cuerpo	Hierro fundido, acero inoxidable
Grado de Protección	ANSI/ASME B16,5

Fuente: (Fisher, 2012)

Adicionalmente en el Anexo C4 se presenta un mayor detalle de los parámetros de operación de la válvula autocontrolada de presión donde se podrá visualizar de una manera más puntualizada cada uno de los requerimientos de este elemento.

Medidor de Caudal de tipo V- cone

Para el sistema de bombeo de fluido se requiere de un medidor de caudal del tipo V-cone, este medidor tiene como principio de funcionamiento la medición de la presión diferencial, el principio aplicado en este medidor es el teorema de Bernoulli sobre la conservación de la energía dentro de un tubo cerrado. Este teorema dice que la presión que existe dentro de un tubo con flujo constante es inversamente proporcional al cuadrado de la velocidad del fluido dentro del tubo. El medidor de tipo V- cone se utiliza para una gran variedad de fluidos; tiene mejor exactitud y repetibilidad que otros caudalímetros de presión diferencial anteriormente mencionados. También posee un gran rango de operación y requiere poco mantenimiento. En la Figura 84 se puede observar el esquema de un medidor de tipo V-cone

El funcionamiento del medidor de caudal de tipo V-cone consiste en un cono (que se encuentra en la parte central de la cañería) de dimensiones normalizadas por el fabricante, que le permite actuar como su propio acondicionador de flujo. Este cono

produce un descenso de presión que se puede medir mediante un transmisor de presión diferencial. El instrumento acondiciona totalmente el fluido y lo homogeniza antes de realizar la medición, adicionalmente este medidor requiere tramos rectos menores a otros caudalímetros. Los parámetros de operación generales de este elemento se muestran en la Tabla 35. (McCROMETER, 2007)

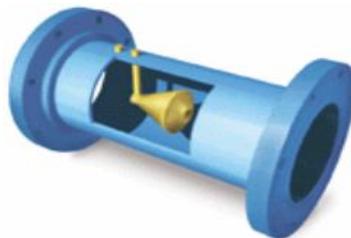


Figura 84. Medidor de caudal de tipo V-cone.
Fuente: (McCROMETER, 2007)

Tabla 35

Parámetros de operación del medidor de caudal de tipo V-cone.

Tipo de componente	Regulador de presión
Precisión	$\pm 0,5\%$
Repetibilidad	$\pm 0,1\%$
Configuraciones	Tubo de flujo de precisión y de tipo oblea. Calibrado para la aplicación del cliente.
Norma	ASME B31.3

Fuente: (McCROMETER, 2007)

Adicionalmente en el Anexo C5 se presenta un mayor detalle de los parámetros de operación del medidor de caudal de tipo V-Cone donde se podrá visualizar de una manera más puntualizada cada uno de los requerimientos de este elemento.

Medidor de Caudal de tipo Placa Orificio

El colector de descarga del nuevo sistema de bombeo dispondrá también de un medidor de caudal tipo placa orificio, este tipo de medidor es un instrumento de presión

diferencial que consiste en una chapa con un orificio central. Se coloca perpendicular al paso del fluido, generando una caída de presión; la placa de orificio consiste en una placa perforada que se instala en la tubería, el orificio que posee es una abertura cilíndrica o prismática a través de la cual fluye el fluido.

El funcionamiento del medidor de caudal de tipo placa orificio se basa en la aplicación del teorema de Bernoulli. La fuerza originada es proporcional a la energía cinética del fluido y depende del área anular entre las paredes de la tubería y la placa. Los parámetros de operación generales de este elemento se muestran en la Tabla 36. (Rosemount, 2012)

En la Figura 85 se puede observar el esquema de un medidor de caudal de tipo placa orificio.



Figura 85. Medidor de caudal de tipo placa orificio.
Fuente: (Rosemount, 2012)

Tabla 36

Parámetros de operación del medidor de caudal de tipo placa orificio.

Tipo de componente	Caudal
Límite de presión diferencial	Hasta 2 bar (800 pulg H ₂ O)

Continúa →

Límites de temperatura	De -40 a 232 °C (-40 a 450 °F)
Norma	ANSI B16.5
Material	Acero Inoxidable

Fuente: (Rosemount, 2012)

Adicionalmente en el Anexo C6 se presenta un mayor detalle de los parámetros de operación del medidor de caudal de tipo placa orificio donde se podrá visualizar de una manera más puntualizada cada uno de los requerimientos de este elemento.

Válvula de control con actuador neumático

Dentro del proceso de deshidratación la válvula de control constituye el elemento final de control, es básicamente un orificio variable por efecto de un actuador. Específicamente en una válvula de control con actuador neumático al enviarse una señal eléctrica a través del PLC, abren o cierran un regulador que suspende o permite el paso de aire comprimido que permite la apertura o cierre de la válvula.

En la Figura 86 se puede observar el esquema de una válvula de control con actuador neumático.



Figura 86. Válvula de control con actuador neumático.
Fuente: (Samson, 2005)

Para la elección de una válvula dentro de un proceso industrial se debe considerar lo siguiente:

- **Cuerpo e internos:** indicando el tipo, material y serie que se fija de acuerdo al servicio que debe prestar. También hay que indicar el diámetro que está relacionado con la capacidad y a esto se lo denomina dimensionamiento. Por último, algunos tipos de válvula permiten elegir la característica de flujo.
- **Actuador:** una vez conocidos los detalles del cuerpo se debe elegir el tipo de actuador, y la acción ante una presencia de falla.
- **Accesorios:** corresponde a elementos adicionales como transductores I/P o V/P, volante para accionamiento manual, posicionador, etc. (Samson, 2005)

Los parámetros de operación generales de este elemento se muestran en la Tabla 37.

Tabla 37

Parámetros de operación de válvula de control.

Accionamiento	Neumático lineal de simple efecto
Montaje	Unión mecánica rígida y exacta
Conexiones	Bridas o extremos para soldar
Características	Isoporcentual-Lineal
Margen de temperatura	-10 ... 220 °C 14 ... 428 °F
	220 ... 350 °C 428 ... 660 °F
	-200 ... 450 °C -328 ... 842 °F
Posicionador Electroneumático/ Salida	Señal analógica de 4 a 20 mA o de 1 a 5 mA como la variable de entrada y emiten una presión de mando (PSI) hasta un máximo de 6 bar (90 PSI)

Fuente: (Samson, 2005)

Adicionalmente en el Anexo C7 se presenta un mayor detalle de los parámetros de operación de la válvula de control con actuador neumático, donde se podrá visualizar de una manera más puntualizada cada uno de los requerimientos de este elemento.

Transmisor de ondas guiadas

Los transmisores de ondas guiadas se basan en la tecnología de reflectometría en el dominio del tiempo (TDR), los pulsos de microondas de nanosegundos de baja potencia son guiados hacia abajo en una sonda sumergida en el fluido del proceso, cuando un pulso de radar alcanza el fluido con una constante dieléctrica diferente, parte de la energía es reflejada de regreso al transmisor. La diferencia de tiempo entre el transmisor (referencia) y el pulso reflejado es convertida en una distancia a partir de la cual se calcula el nivel total o el nivel de interfase. En la Figura 87 se muestra el funcionamiento de un transmisor de nivel de ondas guiadas.

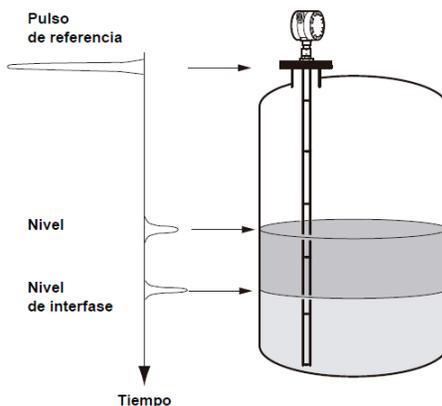


Figura 87. Funcionamiento del Transmisor de radar de ondas guiadas
Fuente: (Rosemount, 2014)

La intensidad de la reflexión depende de la constante dieléctrica del producto. Entre mayor sea el valor de la constante dieléctrica, mayor será la reflexión.

El transmisor utiliza optimización dinámica de ganancia para ajustar automáticamente la ganancia con el fin de maximizar la relación de señal con respecto al ruido. Esto incrementa la fiabilidad y la capacidad de las mediciones. En la Figura 88 se muestra un transmisor de nivel de ondas guiadas. (Rosemount, 2014)

Los parámetros de operación generales de este elemento se muestran en la Tabla 38. En el Anexo C8 se presenta un mayor detalle de los parámetros de operación del

transmisor de ondas guiadas donde se podrá visualizar de una manera más puntualizada cada uno de las especificaciones de este elemento.



Figura 88. Transmisor de radar de ondas guiada
Fuente: (Rosemount, 2014)

Tabla 38

Parámetros de operación de un transmisor de radar de ondas guiadas.

Principio de medición	Reflectometría en el dominio del tiempo (TDR)
Rango de medición máximo	77 pies (23,5 m) de punto de referencia superior.
Fuente de alimentación	Alimentado por el lazo (2 conductores). 11–42 Vcc (11–30 Vcc en aplicaciones IS, 16–42 Vcc en aplicaciones antideflagrantes / incombustibles).
Salida	Comunicación analógica de 4–20 mA
Variables de salida	Nivel, distancia al nivel, nivel de interfase y distancia de interfase.
Potencia de salida de microondas	Nominal 50 μ W, máximo. 2,0 mW.
Norma	NEMA 4X, IP66

Fuente: (Rosemount, 2014)

Termómetro bimetálico

El termómetro bimetálico es un instrumento utilizado para medir temperatura mediante la contracción y expansión de dos distintas aleaciones metálicas de alto y bajo coeficiente de dilatación.

Los termómetros bimetálicos están constituidos por un tubo en cuyo interior está colocada una espiral helicoidal bimetálica. Dicha espiral está soldada por un extremo a la parte inferior del tubo y por el otro a una varilla de transmisión, a su vez conectada a una aguja indicadora. Dado que el termómetro bimetálico se fabrica a partir de dos tiras de metal soldadas en frío con diversos coeficientes térmicos de expansión, éstas se tuercen en función de la temperatura y el movimiento rotatorio se transfiere con baja fricción a la aguja indicadora. En la Figura 89 se muestra un termómetro bimetálico. (Ashcroft, 2014)



Figura 89. Termómetro bimetálico
Fuente: (Ashcroft, 2014)

Los parámetros de operación generales de este elemento se muestran en la Tabla 39.

Tabla 39

Parámetros de operación general de un termómetro bimetálico

Tipo	Termómetro bimetálico
Rango de medición	120°F – 300°F
Grado nominal de precisión	A \pm 1% full-span
Orientación de conexión	Vertical
Norma	IP 65

Fuente: (Ashcroft, 2014)

En el Anexo C9 se presenta un mayor detalle de los parámetros de operación del termómetro bimetálico donde se podrá visualizar de una manera más puntualizada cada uno de las especificaciones de este elemento.

Manómetro de proceso de tubo de Bourdon

Los manómetros de proceso de tubo bourdon son los instrumentos utilizados para medir la presión de fluidos (gas, crudo y agua). Estos manómetros tienen un tubo metálico elástico, aplanado y curvado de forma especial conocido como tubo de Bourdon. Su estructura se muestra en la Figura 90.

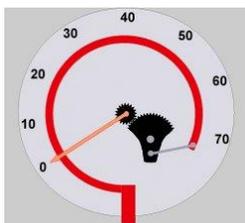


Figura 90. Estructura de un manómetro de tubo de Bourdon
Fuente: Ashcroft. (2014).

El tubo bourdon tiende a enderezarse cuando en su interior actúa una presión, por lo que el extremo libre del mismo se desplaza, este deslizamiento mueve un juego de palancas y engranajes que lo transforman en el movimiento amplificado de una aguja que indica directamente la presión en la escala. (Ashcroft, 2014)

La Figura 91 muestra un Manómetro de proceso de tubo de Bourdon



Figura 91. Manómetro de tubo de Bourdon
Fuente: (Ashcroft, 2014)

Los parámetros de operación generales de este elemento se muestran en la Tabla 40.

En el Anexo C10 se presenta un mayor detalle de los parámetros de operación del manómetro donde se podrá visualizar de una manera más puntualizada cada uno de las especificaciones de este elemento.

Tabla 40

Parámetros de operación general de un manómetro

Tipo	Manómetro de Tubo Bourdón
Diámetro nominal	4 1/2" (114mm).
Rangos de presión	Desde vacío hasta 2100 kgf/cm ² . Opcionalmente rango de 3 a 15 psi para uso como receptor neumático.
Temperatura de operación:	Mínima de 7°C y máxima de 65°C para ambiente y fluido de proceso
Límites de sobrepresión:	El límite de sobrepresión es de 1,3 veces el rango total sin afectar la calibración. Opcionalmente límite de 1,5 veces el rango total para rangos hasta 3.000 psi.

Fuente: (Ashcroft, 2014)

Manómetro de diafragma

Los manómetros de diafragma tienen un elemento elástico en forma de fuelle (como el acordeón), la presión a medir actúa sobre un diafragma elástico el que se deforma y la deformación se convierte en el movimiento del puntero indicador como se muestra en la Figura 92. Para el ingreso del gas de blanketing se usa un indicador de presión que tiene variaciones en el tipo de medición en comparación con el indicador de presión de tipo bourdon. (WIKA, 2014)

La Figura 93 muestra un manómetro de diafragma. La Tabla 41 muestra los parámetros de operación del mismo.

En el Anexo C11 se presenta un mayor detalle de los parámetros de operación del manómetro de diafragma donde se podrá visualizar de una manera más puntualizada cada uno de las especificaciones de este elemento.

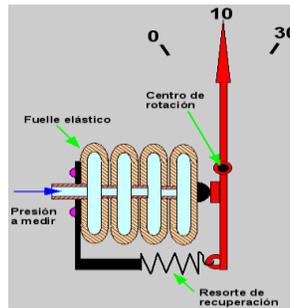


Figura 92. Estructura de un manómetro de diafragma
Fuente: (WIKA, 2014)



Figura 93. Manómetro de diafragma
Fuente: (WIKA, 2014)

Tabla 41

Parámetros de operación general de un manómetro de diafragma

Tipo	Manómetro de diafragma
Medidas	4" & 6" (100 & 160 mm)
Rangos de presión	Presión de 110 "H ₂ O a 250" H ₂ O (6 "diámetro de la brida)
Temperatura de operación:	Ambiente: -4°F to +140°F (-20°C to +60°C)
Límites de sobrepresión:	5 x full scale value, max. 600 psi

Fuente: (WIKA, 2014)

Transmisor de presión In-Line

Los transmisores de presión In-Line proporcionan una medición fiable de presión absoluta y manométrica. Lo que hacen de estos dispositivos convenientes es que la

salida, sin tener en cuenta el tipo, es lineal. Esto significa que la salida es directamente proporcional a la presión aplicada. La Figura 94 muestra un transmisor de presión In-Line. (Rosemount, 2011)



Figura 94. Transmisor de presión In-Line
Fuente: (Rosemount, 2011)

La Tabla 42 muestra los parámetros de operación de un transmisor de presión In-Line

Tabla 42

Parámetros de operación general de un transmisor presión In-Line

Tipo	Transmisores de presión In-Line
Rango de medición	Amplitudes/rangos calibrados entre 10,3 mbar y 689 bar (0,3 a 10.000 psi)
Fuente de alimentación	10,5 y 55 Vcc
Salida	Señal de 4–20 mA de dos conductores Variable digital de proceso superpuesta en la señal de 4-20 mA
Servicio	Aplicaciones de líquido, gas y vapor
Tiempo de respuesta	100 ms
Límites de la presión de ruptura	Rangos 1-4: 75,8 MPa (11.000 psi) Rango 5: 179 MPa (26.000 psig)
Norma	ASME B1.20.1

Fuente: (Rosemount, 2011)

En el Anexo C12 se presenta un mayor detalle de los parámetros de operación de un transmisor de presión In-Line donde se podrá visualizar de una manera más puntualizada cada una de las especificaciones de este elemento.

Válvula autocontrolada de presión

Este tipo de válvula es considerada un regulador reductor de presión adecuado para el control de muchos gases y líquidos. El material de que pueden estar fabricadas este tipo de válvulas puede ser Hierro fundido, acero. En la Figura 95 se muestra la estructura de este tipo de válvula.

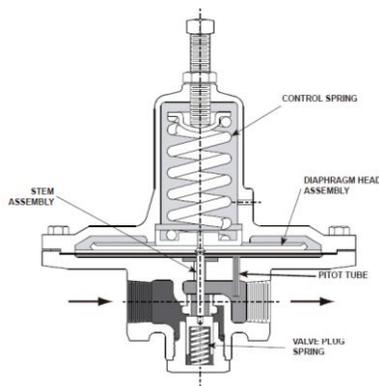


Figura 95. Estructura de una válvula autocontroladora de presión
Fuente: (Fisher, 2011)

En el funcionamiento de la válvulas autocontroladas la presión aguas abajo se registra internamente a través del cuerpo hacia el lado bajo del diafragma. Cuando la presión aguas abajo está en o por encima de la presión de ajuste, el disco se mantiene contra el orificio, y no hay flujo a través del regulador. Cuando la demanda aumenta, la presión aguas abajo cae ligeramente permitiendo que el muelle se extienda, moviendo el vástago hacia abajo y el disco lejos del orificio. Esto permite que fluya a través del cuerpo para el sistema aguas abajo. La Figura 96 muestra una válvula autocontroladora de presión. (Fisher, 2011)

La Tabla 43 muestra los parámetros de operación de una válvula autocontrolada de presión



Figura 96. Estructura de una válvula autocontroladora de presión
Fuente: (Fisher, 2011)

Tabla 43

Parámetros de operación de una válvula autocontroladora de presión

Tipo	Válvula autocontroladora de presión 95L
Presión de salida	En el rango de 2 a 30 psig (0,14 y 2,1 bar) con tres diferentes muelles disponibles
Conexión	Horizontal
Registro de presión	Interna
Peso	NPS 1/4 Cuerpo: 6 Libras (3 kg) NPS 1/2 (DN 15) Cuerpo: 12 Libras (5 kg) NPS 3/4 y 1 (DN 20 y 25) Cuerpo: 32 Libras (15 kg)

Fuente: (Fisher, 2011)

En el Anexo C13 se presenta un mayor detalle de los parámetros de operación de una válvula autocontrolada de presión donde se podrá visualizar de una manera más puntualizada cada una de las especificaciones de este elemento.

Indicadores de nivel magnético

El indicador de nivel magnético para elementos tóxicos estándar está conformado por una cámara fabricada prácticamente sin material magnético, con conexiones elaboradas mediante un proceso de extrusión, un flotador con un diseño personalizado

y todos los accesorios realizados en acero inoxidable. Gracias al diseño que posee este elemento se pueden utilizar de manera segura con líquidos inflamables, corrosivos o tóxicos o cuando las condiciones de funcionamiento superan los límites de seguridad del cristal. Básicamente la estructura de este elemento consiste en un flotador, una cámara del flotador y un conjunto del indicador.

La cámara del flotador está conectada directamente al recipiente del proceso además contiene un conjunto de imanes que están diseñado y ajustados para que floten aproximadamente entre un 70 y 80% cuando esté sumergido. El conjunto del indicador consta de un tubo de cristal herméticamente sellado o de policarbonato que contiene la lanzadera o el indicador magnético de gráfico de barras y una escala graduada que corresponde al rango de funcionamiento deseado. El conjunto del indicador está montado muy cerca de la cámara del flotador; el flotador y el indicador están acoplados magnéticamente, a medida que el flotador sigue el cambio de nivel de líquido, el indicador cambia de posición para reflejar ese nivel debido a la acción de acoplamiento. (ABB, 2012)

La Figura 97 muestra un indicador de nivel magnético para elementos tóxicos.



Figura 97. Indicadores magnéticos para químicos
Fuente: (ABB, 2012)

La Tabla 44 muestra los parámetros de operación de un indicador magnético.

Tabla 44

Parámetros de operación general de un Indicador magnético para químicos

Tipo	Válvula autocontroladora de presión 95L
Presión	Full vacuum to 5000 PSI (316 kg/cm ²)
Temperatura	-320 to 1000°F/-195 to 538°C
Norma	ANSI/ASME B31.1, B31.3

Fuente: (ABB, 2012)

En el Anexo C14 se presenta un mayor detalle de los parámetros de un indicador magnético para químicos donde se podrá visualizar de una manera más puntualizada cada una de las especificaciones de este elemento.

Válvula de retención de disco oblicuo

La válvula de retención de disco oblicuo, como válvula de retención abre al paso del fluido en una dirección y se cierra en el sentido inverso. Es una válvula de columpio pero con pivote excéntrico.

Entre las características principales de este tipo de válvulas se menciona que el 30% del disco que la conforma está por arriba del pivote y el 70% por debajo. Cuando el disco abre, el 30% del disco por arriba del pivote auxilia en la apertura del disco (efecto subibaja), lo cual disminuye la caída de presión. El disco cierra en un ángulo de 55° y su posición 100% abierta es de 15°, por lo que su desplazamiento es de solo 40°, lo cual disminuye el tiempo de cerrado. (TFC, 2012)

En la Figura 98 se muestra un esquema de funcionamiento de la válvula de retención de disco oblicuo. Es importante mencionar que esta válvula presenta una muy baja caída de presión y bajo potencial de generar golpe de ariete.

En la Figura 99 se muestra una válvula de retención de disco oblicuo.

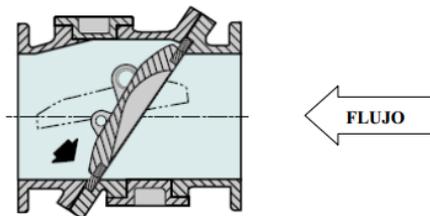


Figura 98. Esquema de funcionamiento de la válvula antiretorno
Fuente: (TFC, 2012)



Figura 99. Válvula de retención de disco oblicuo
Fuente: (TFC, 2012)

La Tabla 45 muestra los parámetros de operación de una válvula de retención de disco oblicuo.

Tabla 45

Parámetros de operación de una válvula de retención de disco oblicuo.

Tipo	Válvula de retención de disco oblicuo
Tamaño	2" ~ 48"
Presión y Temperatura	ASME B16.34
Norma	API 598

Fuente: (TFC, 2012)

En el Anexo C15 se presenta un mayor detalle de los parámetros de la válvula de retención de disco oblicuo donde se podrá visualizar de una manera más puntualizada cada una de las especificaciones de este elemento.

3.4.1. Lista de instrumentos y proveedores seleccionados

Se muestra a continuación una lista de instrumentos y proveedores seleccionados, la elaboración de esta lista se ha realizado con la colaboración de ORNCEM.

 SISTEMA DE DESHIDRATACIÓN Y ALMACENAMIENTO ESTACIÓN SACHA SUR					
LISTA DE EQUIPOS					
	TAG	SERVICIO	P&ID	FABRICANTE	MODELO
ÁREA DE MANIFOLD					
1	TI-1008	Indicador de Temperatura hacia el Sistema de Bombeo de Crudo	DGR-UDFLA-001	ASHCROFT	50-EL + 75-W
2	PI-1008	Indicador de Presión hacia el Sistema de Bombeo de Crudo	DGR-UDFLA-001	ASHCROFT	45-1279
3	PI-1020	Indicador de Presión en la salida del Sistema de Bombeo de Crudo	DGR-UDFLA-001	ASHCROFT	45-1279
4	TI-1033	Indicador de Temperatura en la salida del Sistema de Calentamiento	DGR-UDFLA-001	ASHCROFT	50-EL + 75-W
5	PI-1033	Indicador de Presión en la salida del Sistema de Calentamiento	DGR-UDFLA-001	ASHCROFT	45-1279
6	PI-1007	Indicador de Presión hacia en el colector principal	DGR-UDFLA-001	ASHCROFT	45-1279
ÁREA DEL SISTEMA DE BOMBEO DE PRODUCCIÓN					
7	FE-1008 TE-1008	Medidor de caudal a la entrada del Sistema de bombeo	DGR-UDFLA-002	McCROMETER	De tubo de precisión
8	FE-1020	Medidor de caudal a la salida del Sistema de bombeo	DGR-UDFLA-002	ROSEMOUNT	405
ÁREA DEL SISTEMA DE CALENTAMIENTO					
9	TY-601 TV-601	Válvula para el control del ingreso de crudo	DGR-UDFLA-003	SAMSON	SERIE 250/3254-1/3271
10	TY-601A TV-601A	Válvula para el control del ingreso de gas combustible	DGR-UDFLA-003	SAMSON	SERIE 250/3254-1/3271
11	TY-601B TV-601B	Válvula para el control de salida del crudo	DGR-UDFLA-003	SAMSON	SERIE 250/3254-1/3271
12	TY-601C TV-601C	Válvula de control de salida de drenajes del sistema de calentamiento	DGR-UDFLA-003	SAMSON	SERIE 250/3254-1/3271
ÁREA DE TANQUE MULTIPROPÓSITO					
13	PI-509	Indicador de Presión al ingreso de la Bota Desgasificadora V-509	DGR-UDFLA-004	ASHCROFT	45-1279
14	PCV-872A	Válvula autocontrolada a la entrada de Tanque Multipropósito TK-872	DGR-UDFLA-004	FISHER	1190 + 14A6632X012

Continúa →

15	PCV-872B	Válvula autocontrolada a la entrada de Tanque Multipropósito TK-872	DGR-UDFLA-004	FISHER	1190 + 14A6632X012
16	LIT-872A	Transmisor de Nivel del Tanque Multipropósito TK-872	DGR-UDFLA-004	ROSEMOUNT	3301 + 751
17	LIT-872B	Transmisor de Nivel del Tanque Multipropósito TK-872	DGR-UDFLA-004	ROSEMOUNT	3301 + 751
18	LSHH-872	Interruptor de Alto Alto Nivel en el Tanque Multipropósito TK-872	DGR-UDFLA-004	K-TEK	MS40 / EX
19	LSH-872	Interruptor de Alto Nivel en el Tanque Multipropósito TK-872	DGR-UDFLA-004	K-TEK	MS40 / EX
20	TI-872A	Indicador de Temperatura en el Tanque Multipropósito TK-872	DGR-UDFLA-004	ASHCROFT	50-EL + 75-W
21	TIT-872A	Transmisor de Temperatura en el Tanque Multipropósito TK-872	DGR-UDFLA-004	ROSEMOUNT	3144P + 0068
22	LSL-872	Interruptor de Bajo Nivel en el Tanque Multipropósito TK-872	DGR-UDFLA-004	K-TEK	MS40 / EX
23	LSLL-872	Interruptor de Bajo Bajo Nivel en el Tanque Multipropósito TK-872	DGR-UDFLA-004	K-TEK	MS40 / EX
24	TI-872C	Indicador de Temperatura desde el Tanque Multipropósito TK-872	DGR-UDFLA-004	ASHCROFT	50-EL + 75-W
25	PI-872B	Indicador de Presión desde el Tanque Multipropósito TK-872	DGR-UDFLA-004	ASHCROFT	45-1279
26	LY-872A LV-872A	Válvula de control de nivel de sobrellenado en el Tanque Multipropósito TK-872	DGR-UDFLA-004	SAMSON	SERIE 250/3254-1/3271
27	LY-509C LV-509C	Válvula de control de nivel de bota desgasificadora V-509	DGR-UDFLA-004	SAMSON	SERIE 250/3254-1/3271
28	LY-875 LV-875	Válvula de control de inyección de demulsificante	DGR-UDFLA-004	SAMSON	SERIE 250/3254-1/3271
29	LY-876 LV-876	Válvula de control de inyección de inhibidor de corrosión	DGR-UDFLA-004	SAMSON	SERIE 250/3254-1/3271
30	LY-877 LV-877	Válvula de control de inyección de Antiescala	DGR-UDFLA-004	SAMSON	SERIE 250/3254-1/3271
31	LY-872L LV-872L	Válvula de control de ingreso en tanque de lavado TK-872	DGR-UDFLA-004	SAMSON	SERIE 250/3254-1/3271
32	LY-872H LV-872H	Válvula de control de nivel de almacenamiento TK-872	DGR-UDFLA-004	SAMSON	SERIE 250/3254-1/3271
33	LY-872T LV-872T	Válvula de control de salida a Sacha Central	DGR-UDFLA-004	SAMSON	SERIE 250/3254-1/3271
34	LY-872P LV-872P	Válvula de control de salida a Sistema Power oil	DGR-UDFLA-004	SAMSON	SERIE 250/3254-1/3271

Continúa →

35	LY-876P LV-876P	Válvula de control de desalojo de agua	DGR-UDFLA-004	SAMSON	SERIE 250/3254-1/3271
36	LY-872 (D/E/F/G) LV-872 (D/E/F/G)	Válvulas de salida de crudo	DGR-UDFLA-004	SAMSON	SERIE 250/3254-1/3271
ÁREA DE LAS BOMBAS DE DESALOJO DE AGUA					
37	PDIT-876A	Transmisor de Presión Diferencial para el Filtro F-876A	DGR-UDFLA-005	ROSEMOUNT	DXP-L2-1-G-S-E-B
38	PI-876AA	Indicador de Presión hacia la Bomba P-876A	DGR-UDFLA-005	ASHCROFT	45-1279
39	PIT-876AB	Transmisor de Presión Succión de Bomba P-876A	DGR-UDFLA-005	ROSEMOUNT	3051T
40	PI-876AC	Indicador de Presión en la Bomba P-876A	DGR-UDFLA-005	ASHCROFT	45-1279
41	PIT-876AD	Transmisor de Presión Descarga de Bomba P-876A	DGR-UDFLA-005	ROSEMOUNT	3051T
42	PDIT-876B	Transmisor de Presión Diferencial para el Filtro F-876B	DGR-UDFLA-005	ROSEMOUNT	DXP-L2-1-G-S-E-B
43	PI-876BA	Indicador de Presión hacia la Bomba P-876B	DGR-UDFLA-005	ASHCROFT	45-1279
44	PIT-876BB	Transmisor de Presión Succión de Bomba P-876B	DGR-UDFLA-005	ROSEMOUNT	3051T
45	PI-876BC	Indicador de Presión en la Bomba P-876B	DGR-UDFLA-005	ASHCROFT	45-1279
46	PIT-876BD	Transmisor de Presión Descarga de Bomba P-876B	DGR-UDFLA-005	ROSEMOUNT	3051T
47	PDIT-876C	Transmisor de Presión Diferencial para el Filtro F-876C	DGR-UDFLA-005	ROSEMOUNT	DXP-L2-1-G-S-E-B
48	PI-876CA	Indicador de Presión hacia la Bomba P-876C	DGR-UDFLA-005	ASHCROFT	45-1279
49	PIT-876CB	Transmisor de Presión Succión de Bomba P-876C	DGR-UDFLA-005	ROSEMOUNT	3051T
50	PI-876CC	Indicador de Presión en la Bomba P-876C	DGR-UDFLA-005	ASHCROFT	45-1279
51	PIT-876CD	Transmisor de Presión Descarga de Bomba P-876C	DGR-UDFLA-005	ROSEMOUNT	3051T
ÁREA DE LAS BOMBAS DE FORMACIÓN DE COLCHÓN DE AGUA					
52	PDIT-873	Transmisor de Presión Diferencial para el Filtro F-873	DGR-UDFLA-006	ROSEMOUNT	DXP-L2-1-G-S-E-B
53	PI-873A	Indicador de Presión hacia la Bomba P-873	DGR-UDFLA-006	ASHCROFT	45-1279
54	PIT-873A	Transmisor de Presión Succión de Bomba P-873	DGR-UDFLA-006	ROSEMOUNT	3051T
55	PI-873B	Indicador de Presión en la Bomba P-873	DGR-UDFLA-006	ASHCROFT	45-1279
56	PIT-873B	Transmisor de Presión Descarga de Bomba P-873	DGR-UDFLA-006	ROSEMOUNT	3051T

Continúa →

57	LY-873 LV-873	Válvula de control de salida del tanque TK-873	DGR-UDFLA-006	SAMSON	SERIE 250/3254-1/3271
58	LY-873B LV-873B	Válvula de control de salida de colchón agua	DGR-UDFLA-006	SAMSON	SERIE 250/3254-1/3271
59	LY-873C LV-873C	Válvula de control de salida de drenaje de colchón de agua	DGR-UDFLA-006	SAMSON	SERIE 250/3254-1/3271
ÁREA DEL SUMIDERO					
60	LSLL-874B	Interruptor de Bajo Bajo Nivel en el Tanque Sumidero T-874	DGR-UDFLA-008	K-TEK	MS40 / EX
61	LSHH-874B	Interruptor de Alto Alto Nivel en el Tanque Sumidero T-874	DGR-UDFLA-008	K-TEK	MS40 / EX
63	LIT-874A	Transmisor de Nivel en el Tanque Sumidero T-874	DGR-UDFLA-008	ROSEMOUNT	3301 + 751
64	PI-874A	Indicador de Presión desde la Bomba de descarga del Sumidero P-874A	DGR-UDFLA-008	ASHCROFT	45-1279
65	PI-874B	Indicador de Presión desde la Bomba de descarga del Sumidero P-874B	DGR-UDFLA-008	ASHCROFT	45-1279
ÁREA DE QUÍMICOS					
66	LG-875	Indicador de Nivel en el Tanque de Demulsificante	DGR-UDFLA-009	K-TEK	KM26S
67	LG-876	Indicador de Nivel en el Tanque de Antiescala	DGR-UDFLA-009	K-TEK	KM26S
68	LG-877	Indicador de Nivel en el Tanque de Inhibidor de Corrosión	DGR-UDFLA-009	K-TEK	KM26S
69	LIT-875	Transmisor de Nivel del Tanque de Demulsificante TK-875	DGR-UDFLA-009	ROSEMOUNT	3301 + 751
70	LIT-876	Transmisor de Nivel del Tanque de Antiescala TK-876	DGR-UDFLA-009	ROSEMOUNT	3301 + 751
71	LIT-877	Transmisor de Nivel del Tanque de Inhibidor de Corrosión	DGR-UDFLA-009	ROSEMOUNT	3301 + 751
ÁREA DE AIRE DE INSTRUMENTOS					
72	PIT-518	Transmisor de Presión de Pulmón de Aire V-518	DGR-UDFLA-011	ROSEMOUNT	3051T
73	PCV-518	Válvula reguladora de Presión	DGR-UDFLA-011	FISHER	95L
74	TI-518	Indicador de Temperatura para el Pulmón de Aire V-518	DGR-UDFLA-011	ASHCROFT	50-EL + 75-W
75	PI-518	Indicador de Presión para el Pulmón de Aire V-518	DGR-UDFLA-011	ASHCROFT	45-1279
76	PIT-518B	Transmisor indicador de Presión de la red de aire instrumentos	DGR-UDFLA-011	ROSEMOUNT	3051T

3.5. Diagramas de flujo del nuevo sistema de deshidratación y almacenamiento

Se muestra el diagrama de flujo de bloques y de proceso del nuevo sistema de deshidratación y almacenamiento, en donde en el diagrama de flujo de bloques se resume el proceso general ya detallado que se realiza en el nuevo sistema, mientras en el diagrama de flujo de proceso se indica la operación de los subsistemas que conforman el nuevo sistema dentro de la plataforma de producción.

3.5.1. Diagrama de flujo de bloques

Para la realización del diagrama de flujo de bloques del proceso se ha considerado los siguientes parámetros:

- Las operaciones se muestran mediante bloques
- Las líneas de flujo se representan con flechas que van en dirección del flujo
- La dirección del flujo es de izquierda a derecha mientras sea posible
- Las corrientes ligeras (gases) van por el tope mientras que las corrientes pesadas (líquidos y sólidos) van por el fondo. (Dávila, 2010)

En la Figura 100 se muestra el diagrama de flujo de bloques del nuevo sistema de deshidratación y almacenamiento de la Estación Sacha Sur, en donde se puede observar esquemáticamente la funcionalidad de las nuevas facilidades que se disponen en el proceso de deshidratación y almacenamiento y los procesos que intervienen.

3.5.2. Diagrama de flujo de proceso

Para la realización del diagrama de flujo de proceso se debe considerar que todos los equipos principales en el proceso se presenten en el diagrama con una descripción de este. Cada equipo tendrá asignado un número único y un nombre descriptivo. En la Figura 101 se muestra el diagrama de flujo de proceso del nuevo sistema de deshidratación y almacenamiento de la Estación Sacha Sur, en donde se puede tener una descripción visual de las actividades implicadas en el proceso de deshidratación y almacenamiento con las optimizaciones propuestas. En el Anexo C16 se muestra a mayor detalle el diagrama de flujo de proceso.

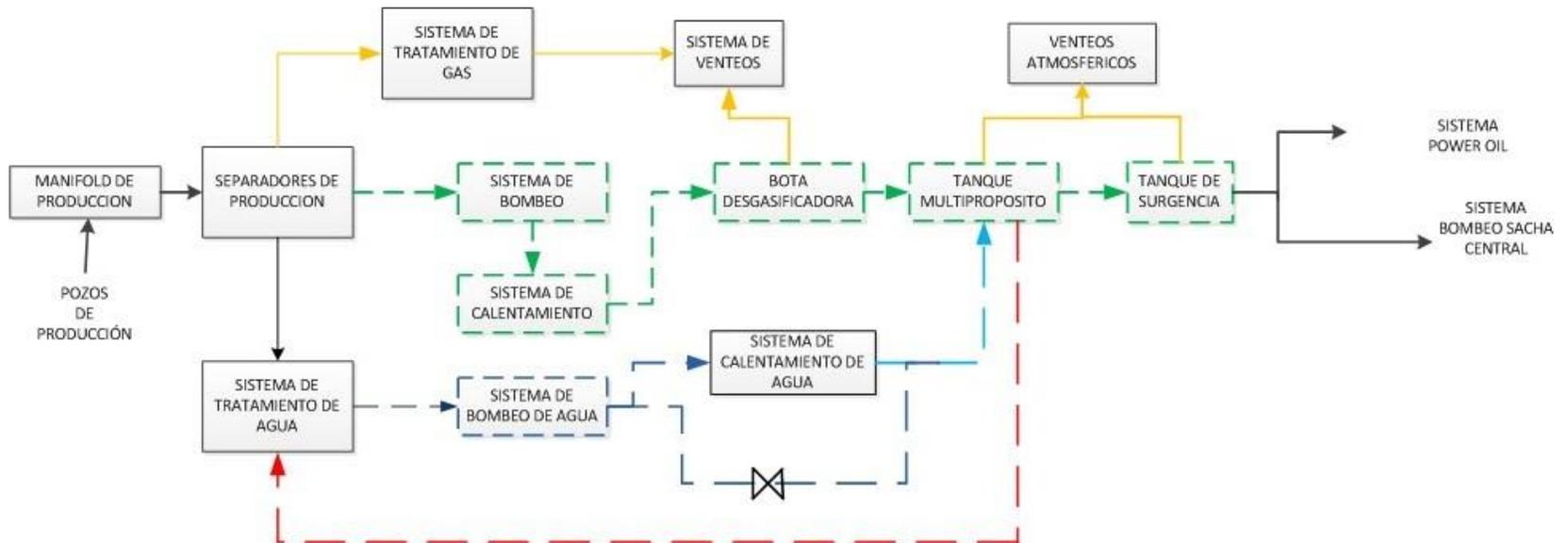


Figura 100. Diagrama de flujo de bloques
Fuente: Esquema elaborado por los autores del proyecto. (2014)

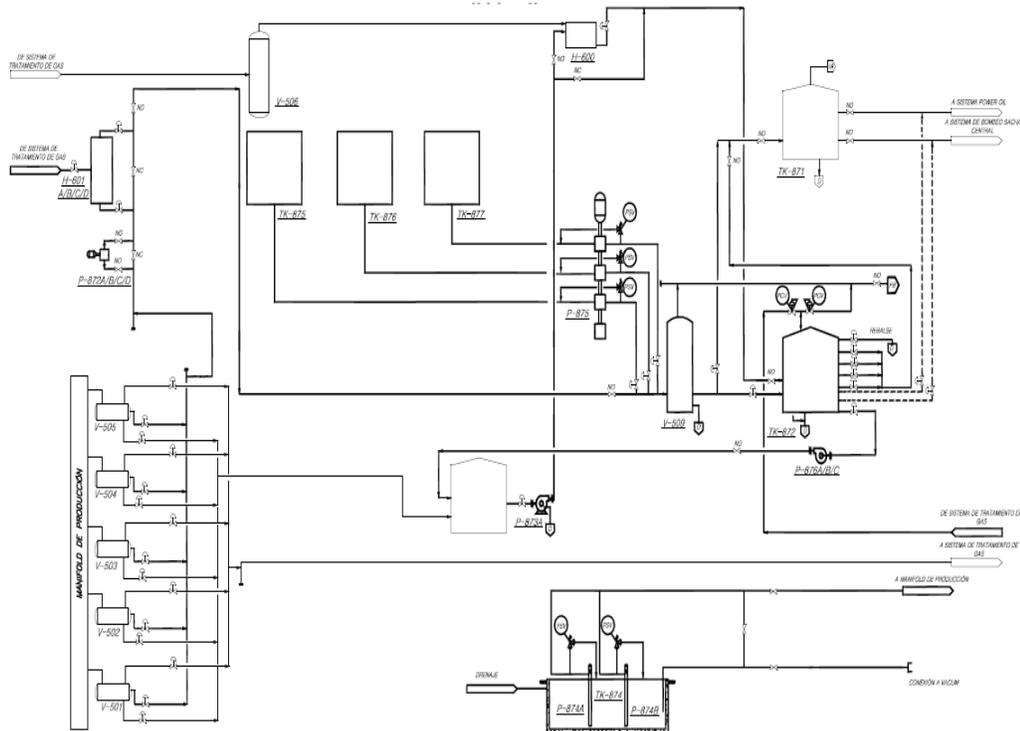


Figura 101. Diagrama de flujo de proceso
Fuente: Esquema elaborado por los autores del proyecto. (2014)

3.6. Realización de Hazop (CCPS, 1992)

La realización de un estudio de Hazop (Análisis funcional de Operatividad) es importante previo a la implementación y puesta en marcha de las ingenierías conceptual básica y de detalle de la optimización del sistema de deshidratación y almacenamiento en la Estación Sacha Sur, debido a que HAZOP es una técnica de identificación de riesgos inductiva y cualitativa, basada en la premisa de que los accidentes se producen como consecuencia de una desviación de las variables de proceso con respecto a los parámetros normales de operación de un sistema dado; que puedan afectar a las personas, los equipos, el entorno y/o los objetivos de la organización.

La intención general de este estudio es aplicar la técnica de identificación de riesgos de operabilidad a los procesos críticos de servicio petrolero, de una empresa que se dedica a la prestación de servicios de exploración y producción de crudo y gas,

todo ello dentro de un marco legal local e internacional. Una de las principales ventajas asociadas a la realización de un estudio de Hazop es la identificación rigurosa de los peligros, siendo este estudio la clave para conseguir una gestión de riesgos eficaz, puesto que si no se detecta un determinado peligro, no será posible tomar las medidas correspondientes para reducir el riesgo. Un peligro que se pase por alto podría tener importantes consecuencias para el resto del proyecto.

El desarrollo de la metodología Hazop consiste en subdividir un proceso grande y complejo en tantas piezas pequeñas (nodos) como sea requerido para el análisis, determinando los procesos o puestos críticos de operación. Los nodos incluyen ítems múltiples: equipos + cañerías + instrumentos.

Los desarrolladores de este estudio deben listar para cada nodo, las posibles desviaciones que pudieran ocurrir, como por ejemplo: Alto/Bajo Flujo, Flujo Inverso, Alto/Bajo Nivel, Alta/Baja Presión, Alta/Baja Temperatura, Contaminación, Fuego; las causas que generan dichas desviaciones, así como las consecuencias y determinar la magnitud de daño sobre las personas, los bienes y el medio ambiente en general. Esto con el fin de definir si la planta o proceso es seguro, o si se requiere implementar acciones que mejoren su seguridad y operabilidad.

Este tipo de estudio no será desarrollado por los autores del proyecto debido a que no se encuentra definido dentro del alcance del mismo, sin embargo se recomienda que el análisis Hazop sea desarrollado previo a cualquier etapa de implementación del nuevo sistema de deshidratación y almacenamiento. En el Ecuador existe un organismo con la experiencia en la realización de estudios Hazop para la industria denominado Bureau Veritas.

3.7. Arquitectura del sistema de monitoreo y control

La arquitectura del sistema de monitoreo y control aborda la descripción del nuevo sistema de deshidratación y almacenamiento a partir de sus componentes básicos de control y de cómo éstos encajan entre sí para alcanzar la optimización del mismo.

3.7.1 Criterios de operación y control

Se establece los criterios técnicos de operación y control para la selección, configuración e integración de los controladores que ayuden a la automatización del sistema de deshidratación y almacenamiento.

Los controladores para el sistema de control y diagnóstico de procesos, estarán compuestos por diferentes módulos, los cuales permitirán el control automático requerido para la operación del sistema. Adicionalmente dispondrá de todos los equipos (hardware) y programas (software) requeridos para alcanzar una operación segura, confiable y además cumplirá con los requerimientos de funcionalidad y mantenibilidad, sin afectar a la producción.

El controlador a través de la Interfaz Humano Máquina (HMI), será el medio que permitirá interactuar al operador con las unidades de proceso; mientras que la detección de condiciones anormales de operación, activación de alarmas y dispositivos de seguridad serán funciones del sistema de seguridad, con la finalidad de proteger al personal, al ambiente y a los equipos. Los controladores, se integrarán, mediante el protocolo de comunicación Ethernet, a la red del Sistema SCADA.

Las funciones que realizará el controlador serán:

- Medición y control del proceso.
- Procesamiento dinámico de la información en tiempo real.
- Despliegue dinámico del comportamiento del proceso.
- Despliegue y reporte de la información del proceso y alarmas.

El sistema deberá ser modular y con tecnología de última generación, tanto en equipos (hardware) como en programas (software); será capaz de manejar señales de campo “I/Os” del tipo 4-20 mA, tendrá la capacidad de integración con protocolos de comunicación, tales como: Modbus y DeviceNet, entre otros; contará con todos los elementos de comunicación necesarios para la interconexión de los controladores, con redes de campo y con la red de supervisión y control.

El sistema deberá ser seleccionado con una capacidad para manejar todas las señales de las unidades de proceso previstas en los diagramas de tuberías e instrumentación (P&ID) y con por lo menos un 20% adicional para futuras ampliaciones, conforme a las mejores prácticas de ingeniería en la industria del petróleo. Las variables de interés en el proceso a ser supervisadas y controladas son: nivel, temperatura y caudal, las mismas que están en función de los diferentes subsistemas del proceso de deshidratación y almacenamiento de crudo.

La memoria de los controladores deberá tener una ocupación máxima del 80% de la capacidad instalada, incluyendo el uso actual, futuro y reservas. La expansión del sistema deberá ser posible sin afectar el funcionamiento de aquellos controladores que están en funcionamiento. La red de control deberá usar tecnología “plug-and-play”, es decir; que no haya configuraciones demoradas ni complejas para asignar una nueva dirección de red a el (los) controlador(es) que se vayan añadiendo al proceso y por ende a la red.

El sistema de control deberá permitir actualizaciones sin necesidad de tener que producir una parada (shutdown) del sistema o de la planta, ni perder la intervención del operador en el acceso a cualquiera de las funciones de control. Adicionalmente los controladores serán seleccionados por su alta disponibilidad operativa e integridad y su tolerancia a fallas, de manera tal que una falla en cualquiera de sus componentes no ocasione la pérdida de operabilidad de más de un lazo de control.

El sistema de control deberá permitir la remoción y cambio de cualquiera de sus partes sin necesidad de detener la operación del sistema, además deberá estar diseñado para una disponibilidad, seguridad e integridad máxima, no menor al 99,9%.

Los equipos del sistema de control estarán ubicados en un área no clasificada. Los equipos deberán ser inmunes a interferencias electromagnéticas, cumpliendo con las normas: IEC 61000-4-2, 61000-4-3 y 61000-4-4.

Los equipos asociados al sistema de control operarán internamente a 24 VDC, alimentados desde fuentes que serán instaladas en cada uno de los paneles de control; las fuentes serán alimentadas a 110 VAC, 60 Hz, con una unidad de potencia ininterrumpible (UPS), que también será la fuente de alimentación disponible para cualquier controlador y/o equipo que requiera ser instalado en las diferentes áreas del proceso.

El circuito de alimentación de cada equipo del sistema (controladores, dispositivos de visualización para manejo de “I/O”, convertidores, etc.) deberá poseer un interruptor de sobrecorriente (Brecker) o su propio fusible.

El panel de control deberá suministrar 24 VDC a los transmisores y cualquier otro dispositivo externo asociado al sistema, que así lo requiera. Se deberán usar circuitos independientes para cada componente del sistema (controladores, dispositivos de visualización y manejo de “I/Os” y dispositivos de interfaz de comunicaciones) de manera que cualquier pérdida individual de alimentación no afecte la operación completa del controlador. El Sistema de Control esencialmente estará constituido por:

- Controladores.
 - Equipos (Hardware).
 - Programa de arranque y operación (Firmware).
 - Programas (Software).
- Sistema SCADA.
 - Equipos (Hardware).
 - Programas (Software).

El sistema de seguridad será un sistema dedicado para garantizar la operación segura de los equipos, proteger al personal y al ambiente; contendrá al sistema de parada de emergencia y de enclavamiento. El sistema estará compuesto por diferentes módulos, los cuales permitirán producir paradas automáticas de emergencia de equipos una vez detectadas las condiciones de anormalidad que representen peligro. El sistema de seguridad deberá operar de manera autónoma, sin intervención de operador alguno;

deberá poseer una interfaz con el operador a través del HMI de control y supervisión, para la visualización de alarmas de manera local o remota, se desplegará toda la información pertinente del sistema, sus componentes y todas las variables del proceso monitoreadas y/o controladas.

El sistema deberá incluir históricos de alarmas, para probar todos los componentes del equipo (hardware) y del sistema o programa (software), de manera de permitir que las fallas sean identificadas y debidamente reportadas. Las Normas IEC 61508 y IEC 61511 definen el SIL como el nivel de integridad del equipo (hardware) y del sistema para alcanzar un objetivo de reducción de riesgo en determinada aplicación de un sistema de seguridad de proceso.

El sistema de seguridad permitirá hacer “forces” lógicos (bypasses) para inhibir alarmas, en caso de mantenimiento o arranque de ciertas unidades; el acceso a los “forces” estará protegido por contraseñas y jerarquización de usuarios. El sistema de seguridad deberá estar diseñado de tal manera que garantice:

- Alta integridad de acción para proveer protección a las instalaciones, al personal y al ambiente.
- Operación confiable para minimizar las paradas falsas.
- Mínima posibilidad de errores humanos en el diseño, operación o mantenimiento que creen situaciones de peligro.

Los dispositivos para el acoplamiento de señales de campo (I/Os), deberán manejar señales del tipo 4-20 mA. El sistema de seguridad contará con todos los elementos de comunicación necesarios para la interconexión de los controladores, con las redes de campo y con la red de supervisión y control SCADA.

3.7.2. Controladores.

Los lineamientos a seguir para la selección de los controladores serán los siguientes:

El controlador electrónico deberá contener una unidad central, capaz de concentrar el manejo de las señales de entrada/salida (I/Os) que deberá monitorear y/o controlar, será capaz de procesar la información y producir señales de salida para mantener las variables de proceso en los niveles preestablecidos, para garantizar la operación segura de los equipos, proteger al personal y al ambiente, y a través de despliegues en el sistema SCADA, facilitar la operación y monitoreo del proceso.

El controlador tendrá la capacidad de procesamiento general para cubrir los requerimientos del área a monitorear y/o controlar, deberá ser escalable, tendrá la capacidad para crecer sin interferir en la configuración básica. El sistema deberá cumplir con los protocolos de comunicación industriales, estándar y abiertos, tanto hacia campo como hacia los sistemas superiores en la pirámide de automatización. Todos los componentes del controlador electrónico deberán ser inmunes a radiaciones electromagnéticas e interferencias de radiofrecuencia. Deberán poder ser instalados en campo, sin la necesidad de “Cajas de Faraday” adicionales.

El controlador deberá estar provisto de puertos de comunicación para permitir un enlace con las redes de campo. Adicionalmente el sistema permitirá diferentes tipos de integración, entre los cuales se pueden mencionar los siguientes:

- Integrar elementos de campo (módulos de entradas y salidas, entre otros equipos).
- Interconectar con elementos superiores de supervisión (sistemas de control, base de datos operacionales, servidores, aplicaciones SCADA, etc.).

La unidad deberá tener la capacidad para soportar lenguajes de programación en múltiples niveles de tecnología: lenguaje escalera, lenguaje de alto nivel, bloques, funciones.

a) Subsistemas de Entradas y Salidas I/Os

Toda la circuitería del subsistema de “I/Os” deberá estar protegida contra sobrecargas de manera que de producirse, no ocasionen daños en ellas o degradación

del sistema en general. El sistema deberá soportar el tipo de entradas analógicas de procesos listadas a continuación:

- 4-20 mA DC y/o 0-10 VDC, para transmisores inteligentes.
- RTDs.

El sistema deberá ser capaz de soportar los siguientes tipos de entradas discretas.

- 24 VDC.
- 110 VAC.

El sistema deberá ser capaz de manejar señales de salida del tipo:

- 4-20 mA.

El sistema deberá soportar los siguientes tipos de salidas discretas:

- On/Off.
- Contactos secos de 24 VDC.

El sistema deberá ser capaz de aceptar valores manuales (override) de entradas analógicas y discretas, a señales previamente configuradas para tal función, manteniendo toda la funcionalidad que normalmente tienen las otras señales, es decir, histórico, tendencia, cálculo, etc. y deberá contar con manejo y detección de fallas, se deberá generar un estado de valor inválido para las entradas y variables calculadas, si se da cualquiera de las siguientes condiciones:

- El valor está fuera de rango.
- Si el valor no puede ser medido o calculado.
- Si el valor es declarado inválido por un programa de aplicación.
- Si el valor es declarado inválido por el instrumento de origen.

Cuando una entrada a un algoritmo de control es declarada inválida, será posible configurar su salida para fallar de la siguiente manera:

- Mantener el último valor bueno.
- Valor de salida cero.
- Salida a escala completa.

En el caso de falla de comunicaciones, los algoritmos de control regulador deberán continuar operando con la última información declarada válida por el sistema. El controlador deberá contar con módulos especiales para la instrumentación con protocolos de comunicación capaces de soportar el control tanto en el instrumento propiamente como en el controlador. Cada segmento deberá suministrar alimentación a la instrumentación de campo asociada a él. Cada módulo deberá tener indicación de alimentación, condición de error y estatus.

3.7.3. Monitoreo y Control

El sistema de control estará constituido por dos controladores lógicos programables, Control Logix (1756-L73) con sus respectivos módulos de entradas y salidas, su elección se justifica de acuerdo a los requerimientos establecidos en el apartado 3.9.2, es importante mencionar que junto a estos controladores es necesario disponer de un módulo de comunicación Ethernet (ENBT) para poder desarrollar procesos de intercambio de información entre ambos PLC's.

Adicionalmente para mantener una comunicación con los dispositivos que contendrán la interfaz del proceso (HMI), será necesario un switch donde se tendrá la conexión de los módulos Ethernet de cada PLC y las computadoras que contengan el HMI, de esta forma se habrá desarrollado una red de topología de tipo estrella, en donde cada dispositivo será un host diferente. En la Figura 102 se puede observar el esquema de arquitectura del sistema de monitoreo y control.

Finalmente se ha establecido el modelo de arquitectura de comunicación cliente-servidor, entre el PLC de seguridad y el PLC de proceso como el modelo a usar, para mantener un flujo de información constante entre ambos dispositivos, en este modelo dos entidades cooperan para proporcionar servicios de transacción.

El cliente realiza una petición que el servidor procesa y sirve, por lo que es uno de los modelos más usados en una comunicación industrial, debido a que en este los procesos interactúan a través de peticiones y respuestas.

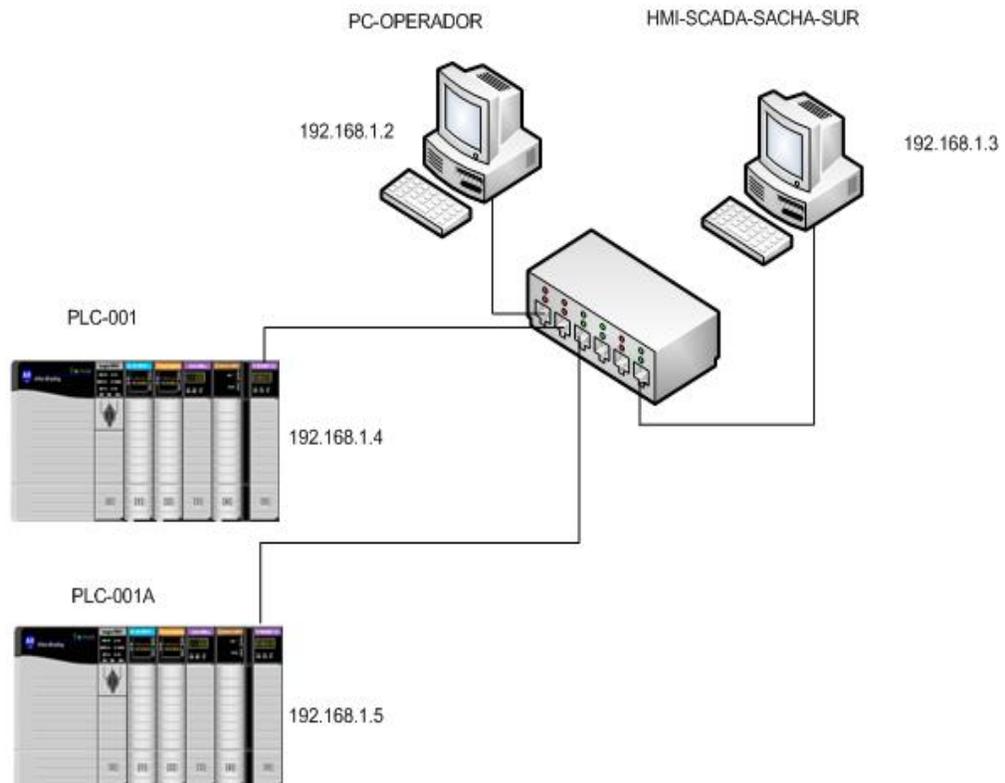


Figura 102. Arquitectura del sistema de monitoreo y control
Fuente: Esquema elaborado por los autores del proyecto. (2014)

El cliente es el proceso que hace las peticiones a otro proceso de la red, y el servidor realizará el trabajo y devolverá al cliente un mensaje con los resultados. El modelo cliente-servidor es un modelo punto a punto, considerado muy útil para la transmisión de información de estado. (Osorio & Vargas, 2012)

El sistema de monitoreo a desarrollarse deberá dar acceso privilegiado a los niveles jerárquicos, deberá permitir el acceso con diferentes ambientes de trabajo (mantenimiento, ingeniería, administrador), de tal manera que a través de este sistema se pueda monitorear las estrategias de control predeterminadas, los lazos de control así

como también los valores de entrada y salida del sistema mientras están ejecutándose en tiempo real; además, deberá proporcionar y contemplar los siguientes requerimientos:

- Interfaz humano - maquina (HMI)
- Programa de aplicación compatible con el Sistema de Control (RSLogix 5000).
- Manejo de alarmas (Registros)
- Despliegue de tendencias (Históricos)

3.7.4. Software de control y monitoreo

Software de Monitoreo

Archestra.- Es la Arquitectura Tecnológica basada en .NET de Microsoft, desarrollada por Wonderware para facilitar e impulsar la Integración de Dispositivos y Sistemas a distintos niveles. Orchestra se destaca por un entorno de desarrollo único y altamente extensible, fácil de mantener usando estructuras orientadas a objetos y a base de plantillas, gestión de cambios y desarrollo remoto de aplicaciones, seguridad a nivel datos y comunicación de datos integradas al sistema.

Con el uso de la tecnología Orchestra es posible ensamblar aplicaciones rápidamente por medio del uso de objetos de software, en lugar de “programarlas”. Wonderware System Platform ofrece una plataforma única y escalable para todas las necesidades de información y automatización industrial relacionadas con Soluciones de Software SCADA, HMI de Supervisión, MES y EMI. (Wonderware, 2010)

InTouch.- El software InTouch ofrece funciones de visualización gráfica que llevan sus capacidades de gestión de operaciones, control y optimización a un nivel completamente nuevo. Aquello que ahora se conoce en la industria como HMI (Human Machine Interface) comenzó hace más de veinte años con el software InTouch. Uno de los mayores beneficios que ofrece InTouch es su facilidad de uso que le permite a desarrolladores y operarios ser más productivos de manera simple y

rápida además de una gran integración de dispositivos y conectividad a prácticamente todos los dispositivos y sistemas. (Wonderware, 2009)

MySQL Database.- Es un sistema de gestión o administración de bases de datos relacionales, que puede ejecutar muchas tareas simultáneamente con otras tareas y es accesible a muchos usuarios a la hora de obtener información que se encuentra almacenada en este gestor de base de datos. (ORACLE, 2014)

En la Figura 103 se muestra un esquema de relación de los softwares anteriormente detallados.

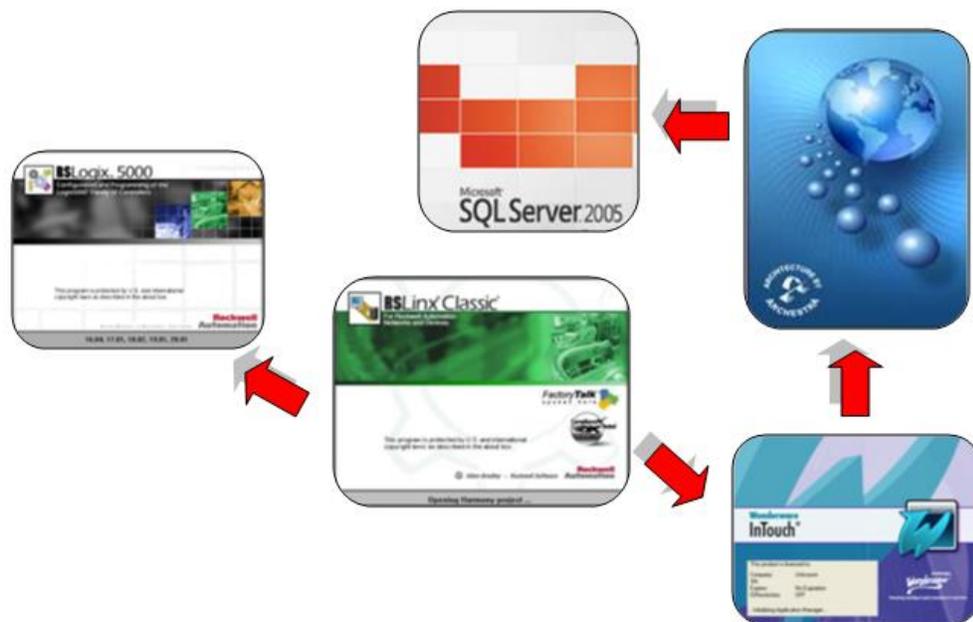


Figura 103. Relaciones de softwares para monitoreo y control
Fuente: Esquema elaborado por los autores del proyecto. (2014)

Software de Control

RSLogix 5000.- Este software está diseñado para programar controladores de la familia Logix 5000 y para la plataforma Logix de Rockwell Automation. Permite fragmentar la aplicación en programas más pequeños que pueden volver a utilizarse, rutinas e instrucciones que pueden crearse al utilizar distintos lenguajes de

programación: diagrama de lógica de escalera, diagrama de bloque de funciones, texto estructurado y diagrama de funciones secuenciales. (Automation, 2007)

Rslinx.- Es una herramienta de comunicación esencial cuando se necesita enlazar con equipos o redes de Allen-Bradley, sin Rslinx, no se puede comunicar con un equipo por lo que para establecer una comunicación con éxito, existen algunos pasos. Una vez instalado este software, se configura el driver apropiado para establecer la comunicación con la CPU, y, enseguida, se puede abrir el editor de programas, como el RSLogix 5000, y programar lo requerido. (Automation, 2005)

3.8. Matriz Causa-Efecto (proceso y seguridad)

La matriz causa-efecto, es una gráfica que representa y ordena relaciones entre un efecto observado y sus causas potenciales, así como las interacciones entre distintos factores. En esta se describe la relación entre las señales de los diferentes instrumentos y su efecto en la operación del sistema de deshidratación y almacenamiento. El uso de esta matriz permitirá enlazar las acciones de los instrumentos y señales e indicará los procedimientos de seguridad que el sistema dispone (alarmas).

Esta matriz está conformada de dos secciones:

- La sección Causa que indica los valores críticos de medida, el esquema de control al que pertenecen y el nombre del instrumento correspondiente.
- La sección Efecto que establece las reacciones de los instrumentos en el sistema de deshidratación y almacenamiento, si se presenta o no la interrupción del proceso y la activación de alarmas. Estas reacciones pueden ser de apertura (O), cierre (L), inicio (N), parada (F), energizar (E), desenergizar (D), control (C), enclavamiento (I), permisivo (P). (Viñan, 2013)

Siendo importante la identificación de riesgos en cuanto a la seguridad de funcionamiento del sistema se refiere se presenta a continuación la matriz causa-efecto relacionada al sistema de deshidratación y almacenamiento, esta matriz ha sido desarrollada con la colaboración de ORNCEM.

 ESPE <small>UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS</small> <small>INNOVACIÓN PARA LA EFICIENCIA</small>					SISTEMA DE DESHIDRATACIÓN Y ALMACENAMIENTO ESTACIÓN SACHA SUR MATRIZ CAUSA-EFECTO																			
SISTEMA DE CONTROL DE PROCESO MATRIZ CAUSA-EFECTO Inicio (N) Parada (F) Apertura (O) Cierre (L) Energizar (E) Desenergizar (D) Control (C) Enclavamiento (I) Permisivo (P)					EFECTO	Información Primaria											Dispositivos de Campo							
						Configuración de Alarmas					Enclavamientos						Acciones del sistema				P&Id	005	005	005
CAUSA					Control	Unidades	HH	H	L	LL	HH	H	L	LL	ON	OF	Indicador	Tendencia	Registro	Controlador	TAG	Descripción	PLC	P&Id
Item	P&Id	Tag	Descripción	Control		TAG	HS-876A	HS-876B	HS-876C	HS-873	HS-874	PC-401	Variador de velocidad del motor de la bomba P-876A	Variador de velocidad del motor de la bomba P-876B	Variador de velocidad del motor de la bomba P-876C	Bomba P-873 (START/STOP)	Bomba P-874 A/B(START/STOP) Bimba Seleccionada	Panel de Control C-401	PLC-001	PLC-001	PLC-001	PLC-001	PLC-001	PLC-001
TANQUE MULTIPROPÓSITO TK-872	1	004	LIT 872A	Transmisor indicador de nivel de interfase en Tanque Multipropósito TK-872	PLC 001	ft	10	7									X	X	X	X	2	C	C	C
	2	004	LIT 872A	Transmisor indicador de nivel total en Tanque Multipropósito TK-872	PLC 001	ft	53										X	X	X	X	2	C	C	C
	3	004	LSH-872	Interruptor de alto nivel en Tanque Multipropósito TK-872 (Almacenamiento)	PLC 001	ft	51										X		X		3			
	4	004	LSL-872	Interruptor de bajo nivel en Tanque Multipropósito TK-872 (Almacenamiento)	PLC 001	ft			13								X		X		3			

Continúa →

BOMBA P-874 A/B	26	008	LIT 874A	Alto nivel en el transmisor indicador de nivel en Tanque Sumidero TK-874	PLC 001	ft		4									X	X	X	6					N		
	27	008	LIT 874A	Bajo nivel en el transmisor indicador de nivel en Tanque Sumidero TK-874	PLC 001	ft		1,5									X	X	X	6					F		
	28	008	HS 874B	Selector para operación de las bombas P-874 A/B (de HMI)	PLC 001											X	X				6					P	
	29	008	HS 874	Función (start-stop) en bomba P-874A/B	PLC 001												X	X			6					N/F	
	30	008	HOA 874	Función (manual/automático) en bomba P-874A/B	PLC 001												X				6						
	31	008	XS 874	Función (status) en bomba P-874A/B	PLC 001												X				6						
	32	008	XA 874	Función (alarma) en bomba P-874A/B	PLC 001												X				6						
V-518	33	11	PIT 518	Transmisor indicador de presión en el recipiente V-518	PLC 001			114	100								X	X	X	X						N/F	

 SISTEMA DE DESHIDRATACIÓN Y ALMACENAMIENTO ESTACIÓN SACHA SUR MATRIZ CAUSA-EFECTO																												
SISTEMA DE SEGURIDAD DEL PROCESO MATRIZ CAUSA-EFECTO Inicio (N) Parada (F) Apertura (O) Cierre (L) Energizar (E) Desenergizar (D) Control (C) Enclavamiento (I) Permisivo (P)					EFECTO	Información Primaria										Dispositivos de Campo												
						Configuración de Alarmas					Enclavamientos					Acciones del sistema					Descripción	PLC	P&Id					
																								Unidades	HH	H	L	LL
CAUSA	Unidades	HH	H	L	LL	HH	H	L	LL	ON	OF	Alarma	Indicador	Controlador	Tendencia	Registro	TAG	XP-876A	XP-876B	XP-876C	XP-873	XP-874	XP-875	XP-401				
Item	P&Id	Tag	Descripción	Control	Unidades	HH	H	L	LL	HH	H	L	LL	ON	OF	Alarma	Indicador	Controlador	Tendencia	Registro	TAG	XP-876A	XP-876B	XP-876C	XP-873	XP-874	XP-875	XP-401
TANQUE MULTIPROPÓSITO TK-872	1	004	LIT 872B	Muy alto nivel de interfase en el transmisor indicador de nivel en Tanque Multipropósito TK-872	PLC 001 A	ft	11				I					X	X		X	X	2	N	N	N				
	2	004	LIT 872B	Muy bajo nivel de interfase en el transmisor indicador de nivel en Tanque Multipropósito TK-872	PLC 001 A	ft			6					I		X	X		X	X	2	F	F	F				
	3	004	LSHH 872	Muy alto nivel en interruptor de nivel en Tanque Multipropósito TK-872	PLC 001 A	ft	52,5				I						X	X		X		4						

Continúa →

CAPÍTULO IV

INGENIERÍA DE DETALLE

4.1. Planos y diagramas definitivos de montaje

En esta parte de la ingeniería se desarrolla los esquemas definitivos de montaje respecto a la optimización del sistema de deshidratación y almacenamiento, realizado. Los diagramas que se muestran complementan la información detallada en las ingenierías conceptual y básica.

Se ha considerado importante, la elaboración de los siguientes diagramas:

- Diagrama de ubicación de equipos eléctricos: Este esquema muestra el lugar donde se propone sean montados los nuevos equipos eléctricos, que forman parte del sistema de deshidratación y almacenamiento optimizado. Esta distribución ha sido establecida de acuerdo a la división de zonas peligrosas de la estación, descrita en el apartado 3.3.1, con el objetivo de evitar accidentes durante la operación de estos dispositivos. En el Anexo D1 se muestra el diagrama de ubicación de equipos eléctricos.
- Diagrama de ubicación de los controladores lógicos programables: De igual forma este esquema muestra el lugar donde deben ser montados los controladores que intervienen en los sistemas automatizados. En el Anexo D2 se muestra el diagrama de ubicación de estos equipos.
- Diagramas de conexiones de los PLC's de proceso y seguridad: Este esquema muestra la arquitectura de conexión del PLC de seguridad y el PLC de proceso con la instrumentación correspondiente de cada uno, con el objetivo de evitar un comportamiento inesperado de los dispositivos de control. En los Anexos D3 y D4 se muestra el diagrama de conexión del

PLC de control y seguridad respectivamente. Para la lectura de estos diagramas se muestra a continuación un ejemplo del significado de la simbología del cableado:

Cable TAG: P876C3

Número de pares: 1X1PR

Número de conductor: #16AWG

La tubería a usar en el cableado de los dos controladores hacia la instrumentación es del tipo PVC con una ruta por conducto guiado para cada conjunto de cables que pertenezcan al mismo TAG.

- Diagramas de panel de control de los PLC's de proceso y seguridad: Este esquema muestra la distribución que deben tener los PLC's en su respectivo panel, y las adecuadas protecciones eléctricas de los mismos. En los Anexos D5 y D6 se muestra el diagrama de ubicación de estos equipos. Este diagrama ha sido proporcionado por ORNCEM.

4.2. Programación y parametrización de los dispositivos de control

Para la programación y parametrización de los dispositivos de control, se parte de la necesidad de determinar la mejor alternativa de control para los equipos que intervienen en los diferentes sistemas que conforman la optimización del proceso de deshidratación y almacenamiento. Se especifica en torno a esto cuáles serán los parámetros de control para las variables inmersas en las acciones de los controladores dentro del proceso.

4.2.1 Parametrización

Sistema de Control automático

El control automático de procesos dentro de un sistema industrial es importante debido a que permite la eliminación de errores y un aumento en su seguridad;

adicionalmente cumple con el objetivo de mantener una variable controlada dentro de ciertos rangos previamente establecidos.

El principio de todo sistema de control automático consiste en el mantenimiento de un valor deseado para una cantidad o condición física, midiendo su valor actual, comparándola con el valor referencia, y utilizando la referencia para proceder a reducirla mediante una acción correctiva. En consecuencia este tipo de control exige un lazo cerrado de acción y reacción que funcione sin intervención humana. (Abarca, 2010)

Se muestra a continuación las definiciones básicas para un sistema de control (Ogata, 2010)

- Señal de referencia: Es el sistema que genera la señal encargada de imponer el valor deseado en la salida.
- Controlador: Es el elemento principal del sistema de control que determina la acción de control, utilizando los valores determinados por los sensores y la consigna impuesta, calcula la acción que debe aplicarse para modificar las variables en base a cierta estrategia.
- Variable controlada y variable manipulada: La variable controlada es la cantidad o condición que se mide y controla. La variable manipulada es la cantidad o condición que el controlador modifica para afectar el valor de la variable controlada. El objetivo del control es medir el valor de la variable controlada del sistema para aplicar correcciones a través de la variable manipulada para obtener un valor deseado.
- Planta: Es un conjunto de partes que trabajan juntas con el objetivo de realizar una operación en particular. Se le llama planta a cualquier sistema físico que se desea controlar.
- Sensor: Es el elemento encargado de medir la señal de salida del sistema para ser comparada con la entrada y que el controlador puede determinar la correspondiente acción de control.

Tipos de Control (Creus, 1997)

Control Proporcional (P)

El control proporcional posee la característica de que la magnitud de la salida del controlador es proporcional a la magnitud del error, en este tipo de control cuanto mayor es la ganancia del control proporcional mayor es la señal de control generada para un mismo valor de señal de error. Se puede decir que en una señal de control determinada, cuanto mayor es la ganancia de control proporcional, menor es la señal de error actuante. Por lo que un aumento de la ganancia del control proporcional permite reducir el error en estado estacionario hasta cierto límite; pero teniendo en cuenta que hace al sistema más sensible a perturbaciones y menos estable.

En definitiva el control proporcional posee las características de reducir el tiempo de subida, incrementar el sobreimpulso y reducir el error de estado estable.

La función de transferencia del control Proporcional es:

$$G_P(s) = K_P \quad (4.1)$$

Dónde:

Banda Proporcional (K_p).- Se denomina banda proporcional a la cantidad de cambios que necesita la entrada de un controlador para proveer un completo rango de cambios a la salida.

Control Proporcional integral (PI)

Las características de un controlador proporcional integral se basan en el funcionamiento de un controlador proporcional, pero a la salida se le suma la acción integral, que la corrige tomando en cuenta la magnitud del error y el tiempo que este ha permanecido.

El controlador PI se usa debido a que el mismo puede mejorar la respuesta transitoria del sistema optimizando el amortiguamiento y reduciendo el sobrepaso máximo con la parte proporcional (K_p) y reducir el error de estado estable con la parte integral (KI). Adicionalmente dado que en los procesos que intervienen en el sistema de deshidratación y almacenamiento existirán perturbaciones por vibraciones en los equipos es conveniente que no se emplee la acción derivativa porque tiende a ampliar los ruidos quedando descartado el posible uso de un controlador PID.

La función de transferencia para un control Proporcional Integral es:

$$G_P(s) = K_P \left(1 + \frac{1}{T_i * s} \right) \quad (4.2)$$

Dónde:

Tiempo integral (Ti).- El tiempo integral corresponde a una segunda acción de control para eliminar el offset con la misma secuencia de pasos, chequeo, ajuste, y rechequeo del estado de la variable controlada hasta que regrese al set point.

La acción integral a menudo es llamada reajuste (reset) porque reajusta (resetea) la salida del controlador hasta que el set point sea alcanzado. La acción de reajuste (reset) está determinada en “repeticiones por minuto” o “minutos por repetición”.

Control Proporcional Integral Derivativo (PID)

Un controlador Proporcional Integral Derivativo es un mecanismo de control que evalúa la desviación o error entre un valor medido, el valor que se quiere obtener, para aplicar una acción correctora que ajuste el proceso. El valor proporcional establece la reacción del error actual; el integral produce una corrección proporcional a la integral del error y asegura que aplicando un esfuerzo de control suficiente el error de seguimiento se reduce a 0; finalmente el derivativo determina la reacción del tiempo real en el que el error se produce.

La función de transferencia para un control Proporcional Integral Derivativo es:

$$G_P(s) = K_P \left(1 + T_d * s + \frac{1}{T_i * s} \right) \quad (4.3)$$

Dónde:

Tiempo derivativo (Td).- El tiempo Derivativo es el intervalo de tiempo durante el cual la acción de control permite avanzar el efecto de la acción proporcional. La acción de control derivativo tiene un carácter de previsión.

Control ON/OFF con Histéresis

El control On-Off, es la forma más simple de control por realimentación. Es un control de dos posiciones en el que elemento final de control solo ocupa una de las dos posibles posiciones (encendido o apagado). En este tipo de control la señal de salida del controlador permanece en un valor ya sea máximo o mínimo, dependiendo de si la señal de error es positiva o negativa.

La histéresis se define como el rango de valores más pequeño que el valor medido debe atravesar para ocasionar que el dispositivo de corrección pase de una posición a otra.

Valores de la acción de control

Al poner en marcha cada planta de los diferentes procesos que conforman el sistema de deshidratación y almacenamiento, se debe tener normalmente un primer ajuste del controlador, es decir la fijación de los valores de las acciones del controlador P,PI o PID dado que en la puesta en marcha el tiempo es limitado se ha tomado en consideración la información documentada por el Instrumentista Antonio Creus en su libro Instrumentación Industrial en la página 519, quinta edición, en donde establece que se debe prefijar los valores de acción del controlador y más adelante durante la fase de implementación es necesario realizar los ajustes definitivos.

La Tabla 46 muestra los valores iniciales de las acciones de control posibles.

Tabla 46

Valores iniciales de las acciones de control

TIPO	% Banda proporcional (Ganancia)	Tiempo integral	Tiempo derivativo
Presión	20 (5)	-	-
Caudal	80-250 (1,25-0,4)	0,5-15	-
Nivel	50-100 (2-1)	-	-
Temperatura	20-50 (5-2)	0,5-15	0,5-3

Fuente: (Creus, 1997)

Tomando en cuenta lo manifestado en la Tabla 46, en el Capítulo 5 se mostrará los parámetros de los controladores utilizados para cada sistema que intervienen en el proceso de deshidratación y almacenamiento.

A continuación se realiza una descripción del esquema de control de cada sistema:

Control de caudal del bombeo de fluido de producción

Para el control de caudal del bombeo de fluido de producción se utilizará un controlador del tipo PI, se ha usado este tipo de controlador debido a que los lazos de control de caudales líquidos se caracterizan en general por respuestas rápidas (del orden de los segundos), sin tiempo muerto o delay, adicionalmente en un control de flujo cuando las perturbaciones tienden a ser frecuentes pero de pequeña magnitud, normalmente se traducen en ruidos de alta frecuencia que pueden ser producidos por turbulencias, cambios en válvulas, vibraciones en las bombas, etc, siendo estos motivos la razón de ser conveniente utilizar controladores PI (sin acción derivativa), con valores intermedios de K_c para el control de caudal.

La Figura 104 muestra el diagrama de bloques del sistema de control automático a usar para el control de caudal en el sistema de bombeo de fluido de producción. Este sistema consiste en un controlador (PLC), un actuador (variadores de frecuencia), la

planta (Bombas de desplazamiento positivo) y un sensor (Sensor de Flujo de placa orificio).

En el sistema de control el sensor enviará al controlador el valor de flujo de salida de la planta. El controlador a su vez tomará la señal que entrega el sensor y la comparará con la entrada de referencia (valor de set point impuesto por el medidor de caudal de tipo V-Cone).

El error resultante de la comparación de estas dos señales ingresará al algoritmo de control PI, el cual calculará una salida de control que será enviada a la salida analógica del PLC y de allí al actuador. Las bombas son controladas por los actuadores y su velocidad varía de tal forma que aumente o disminuya el flujo hasta llegar al valor de set point.

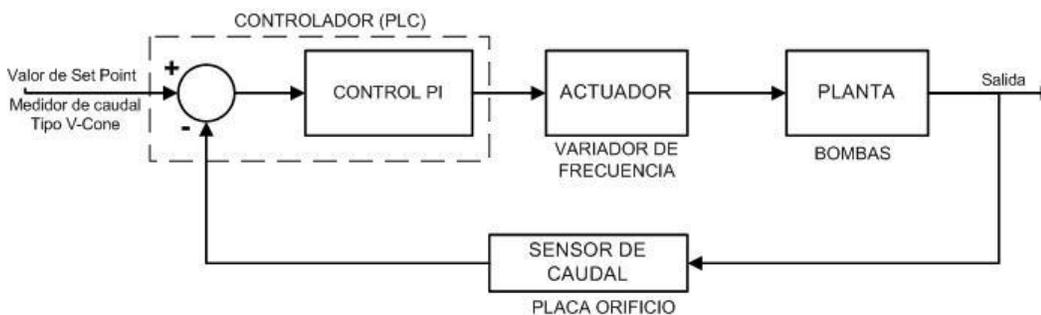


Figura 104. Sistema de control de caudal
Fuente: Esquema elaborado por los autores del proyecto. (2014)

Control de temperatura del calentamiento de fluido de producción

Para el control de temperatura del sistema de calentamiento de fluido se utilizará un controlador del tipo PID, se usa este tipo de controlador debido a que se pueden dar diferentes dinámicas con este tipo de variable incluyendo delays, la acción integral proporcionará una corrección para compensar las perturbaciones y mantener así la variable controlada en un punto de consigna, mientras que la acción derivativa anticipa el efecto de la acción proporcional para estabilizar más rápidamente la variable controlada después de cualquier perturbación. Sin embargo por efectos de simulación la sintonización del sistema de control se lo ha hecho con un controlador del tipo PI.

La Figura 105 muestra el diagrama de bloques del sistema de control automático a usar para el control de temperatura en el sistema de calentamiento de fluido de producción. Este sistema consiste en un controlador (PLC), un actuador (válvula proporcional de ingreso de combustible a sistema de calentamiento), la planta (Tanque Multipropósito) y un sensor (Sensor de temperatura RTD).

En el sistema de control de temperatura el sensor enviará al controlador el valor de temperatura de la planta. El controlador a su vez tomará la señal que entrega el sensor y la comparará con la entrada de referencia (valor de set point de temperatura del fluido a mantener).

El error resultante de la comparación de estas dos señales ingresará al algoritmo de control PI, el cual calculará una acción de control que será enviada a la salida análoga del PLC y de allí al actuador. La válvula es controlada por la señal recibida del controlador y su proporción de apertura varía de tal manera que aumente o disminuya el ingreso de combustible a los calentadores para alcanzar el valor de set point de temperatura deseado en el tanque.

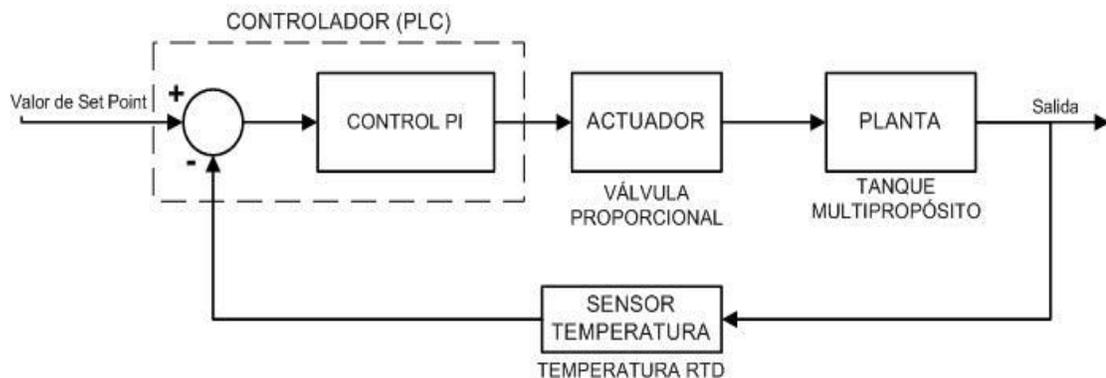


Figura 105. Sistema de control de temperatura
Fuente: Esquema elaborado por los autores del proyecto. (2014)

Control de nivel de formación de colchón de agua en el Tanque Multipropósito

Debido a la naturaleza del proceso en general para el control de nivel de formación de colchón de agua se utilizará un controlador del tipo P, el control para este tipo de

variable alcanza con un control proporcional, con ganancia elevada, pues el propio sistema tiende a amortiguar las oscilaciones.

Puede usarse también la acción integral pero debido a que el sistema permite tolerar pequeños offsets no será necesario. La acción derivativa normalmente no se emplea porque tiende a amplificar los ruidos. Se debe ser conservador con el ajuste para evitar fluctuaciones.

La Figura 106 muestra el diagrama de bloques del sistema de control automático a usar para el control de nivel de formación de colchón de agua en el Tanque Multipropósito en su operación como sistema de deshidratación. Este sistema consiste en un controlador (PLC), un actuador (variador de frecuencia), la planta (bomba de formación de colchón de agua) y un sensor (transmisor de ondas guiadas).

En el sistema de control de nivel el sensor enviará al controlador el valor de nivel de colchón de agua. El controlador a su vez tomará la señal que entrega el sensor y la comparará con la entrada de referencia (valor de set point para formación de colchón de agua).

El error resultante de la comparación de estas dos señales ingresará al algoritmo de control P, el cual calculará una acción de control que será enviada a la salida análoga del PLC y de allí al actuador. La bomba es controlada por el actuador y su velocidad varía de tal forma que incremente el nivel de agua en el Tanque Multipropósito hasta llegar al valor de set point.

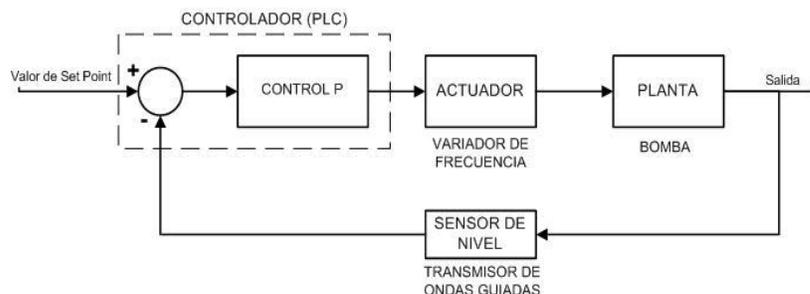


Figura 106. Sistema de control de nivel de formación de colchón de agua
Fuente: Esquema elaborado por los autores del proyecto. (2014)

Control de nivel para desalojo de colchón de agua en el Tanque Multipropósito

Igual que en el sistema anterior para el control de nivel para el desalojo de colchón de agua se utilizará un controlador del tipo P, por las mismas razones del sistema anterior debido a que el control para este tipo de variable alcanza con un control proporcional, con ganancia elevada, pues el propio sistema tiende a amortiguar las oscilaciones.

De igual manera puede usarse también la acción integral pero debido a que el sistema permite tolerar pequeños offsets no será necesario. La acción derivativa normalmente no se emplea porque tiende a amplificar los ruidos. Se debe ser conservador con el ajuste para evitar fluctuaciones.

La Figura 107 muestra el diagrama de bloques del sistema de control automático a usar para el control de nivel de desalojo de colchón de agua en el Tanque Multipropósito en su operación como sistema de deshidratación. Este sistema consiste en un controlador (PLC), un actuador (variador de frecuencia), la planta (bombas de desalojo de colchón de agua) y un sensor (transmisor de ondas guiadas).

En el sistema de control de nivel de desalojo de colchón de agua se aplica la misma lógica de control que en el sistema de formación, debido a que se tiene el mismo lazo de control, por lo cual se tendrá un controlador de tipo P que calculará una acción de control que será enviada a la salida análoga del PLC y de allí al actuador. La bomba es controlada por el actuador y su velocidad varía de tal forma que disminuya el nivel de agua en el Tanque Multipropósito hasta llegar al valor de set point.

En el sistema de control de nivel el sensor enviará al controlador el valor de nivel de colchón de agua. El controlador a su vez tomará la señal que entrega el sensor y la comparará con la entrada de referencia (valor de set point para formación de colchón de agua).

El error resultante de la comparación de estas dos señales ingresará al algoritmo de control P, el cual calculará una acción de control que será enviada a la salida análoga

del PLC y de allí al actuador. La bomba es controlada por el actuador y su velocidad varía de tal forma que incremente el nivel de agua en el Tanque Multipropósito hasta llegar al valor de set point.

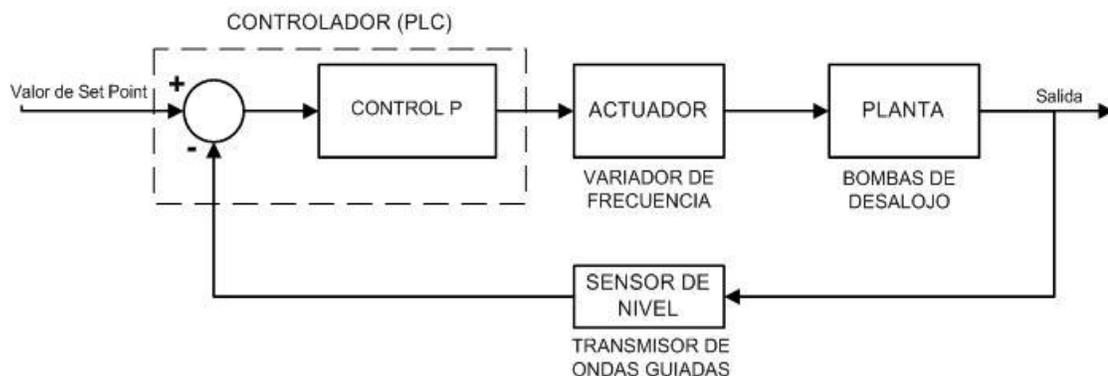


Figura 107. Sistema de control de nivel de desalajo de colchón de agua
Fuente: Esquema elaborado por los autores del proyecto. (2014)

Control de nivel en sistema de drenaje

En el sistema de control de nivel del Tanque Sumidero se ha usado un control de tipo ON/OFF con histéresis, se ha utilizado este tipo de control ya que en este sistema no se necesita una elevada precisión y a través de este controlador se podrá tener una acción de control sin necesidad de desperdiciar recursos.

El control de nivel usado consiste en comparar la entrada de referencia de nivel (set point) con el nivel actual en el Tanque (transmisor de ondas guiadas), en donde si el valor de nivel actual es mayor al nivel de referencia se enviará al actuador (variador de frecuencia) la menor señal de funcionamiento, en caso de que el valor de nivel actual en el Tanque sea menor al nivel de referencia se enviará al actuador la mayor señal de funcionamiento. La bomba es controlada por el actuador de tal forma que se mantenga un nivel deseado evitando derramamiento de fluido por sobrellenado.

Control de presión en sistema de aire de instrumentos

En el sistema de control de presión del proceso de aire de instrumentos se ha usado igual que en el sistema de drenaje un control de tipo ON/OFF con histéresis por

razones similares dado que este sistema tampoco requiere de una elevada precisión, este control es tanto para el pulmón de aire como para la red de aire instrumentos,

El sistema de control para este sistema consiste en comparar la entrada de referencia de presión (set point) con la presión actual en el sistema (transmisor de presión diferencial), en donde si el valor de nivel actual es mayor al nivel de referencia se enviará al actuador (compresores) la menor señal de funcionamiento, en caso de que el valor de presión actual en el sistema sea menor a la presión de referencia se enviará al actuador la mayor señal de funcionamiento.

La presión en el sistema es controlada por los compresores de tal forma que se mantenga un valor de presión deseado.

Configuración del variador de frecuencia

La parametrización de los variadores de frecuencia se basa en la configuración de las características generales de los motores de las bombas de los diferentes sistemas que intervienen en el proceso de deshidratación y almacenamiento.

Para configurar los parámetros de funcionamiento de este equipo se realizará los comandos mostrados a continuación en la Tabla 47 en donde se especifica los parámetros de configuración del equipo según las especificaciones dadas para cada sistema, para esto se debe revisar el manual de inicio rápido del PowerFlex70 en donde se tiene a mayor detalle los parámetros que se muestran en la Tabla 47. (Rockwell Automation, 2014)

Para una mayor comprensión de los parámetros de configuración del PowerFlex70 se recomienda revisar el manual de inicio rápido que se puede descargar de la página oficial de Rockwell Automation: <http://www.rockwellautomation.com>

Se deberá ingresar los siguientes valores en los comandos de dicho variador, que como se detalla en la columna de instrucción cada comando significa una función del equipo a controlar:

Tabla 47

Configuración de parámetros del variador de frecuencia

Comando	Instrucción
B041	480 V: Corresponde a la placa del voltaje del motor
B042	Seleccionar según amperios de la placa de cada motor
B045	Seleccionar según potencia de cada motor
B046	0: Corresponde a las unidades de potencia HP
B047	60 Hz: Frecuencia de salida por debajo de la cual se reduce la capacidad nominal de la intensidad de operación
C80	2: Establece el método de regulación de velocidad a través de un PI de proceso
C81	0 Hz: Velocidad mínima de funcionamiento
C82	60 Hz: Velocidad máxima de funcionamiento
C90	2: Entrada de referencia de velocidad para el variador
C91	60 Hz: Valor máximo de escala de velocidad según la entrada analógica
C92	0 Hz: Valor mínimo de escala de velocidad según la entrada analógica
J325	20mA: Valor máximo de entrada al bloque de escalado de entrada analógica
J326	4mA: Valor mínimo de entrada al bloque de escalado de entrada analógica

Fuente: Tabla elaborada por los autores del proyecto. (2014)

4.2.2 Programación

La programación de los dispositivos de control parte de la descomposición del proceso de deshidratación y almacenamiento global en etapas que serán activadas una tras otra, a cada etapa se le asocia una o varias acciones que solo serán efectivas cuando la etapa este activa.

Para empezar a desarrollar la programación se ha partido de la elaboración de diagramas funcionales que describen gráficamente cada subproceso del nuevo sistema de deshidratación y almacenamiento, denominados grafcet.

Un esquema graficet grado uno como los desarrollados en este apartado se compone de tres elementos: etapas, transiciones o condiciones y acciones. Las etapas llevan asociadas acciones y son secuenciales, mientras que las transiciones indican las condiciones o posibilidades de cambiar a otra etapa. (ETSIB, 2010)

A continuación se muestran los graficet desarrollados para cada sistema que conforman el proceso de deshidratación y almacenamiento:

Sistema de bombeo de fluido

En la Figura 108 se muestra el graficet asociado al sistema de bombeo de fluido en donde se describe de forma esquemática el funcionamiento del mismo e indica la relación que tiene con el sistema de separación primaria. El esquema mostrado es el punto de partida para la programación desarrollada en lenguaje Ladder.

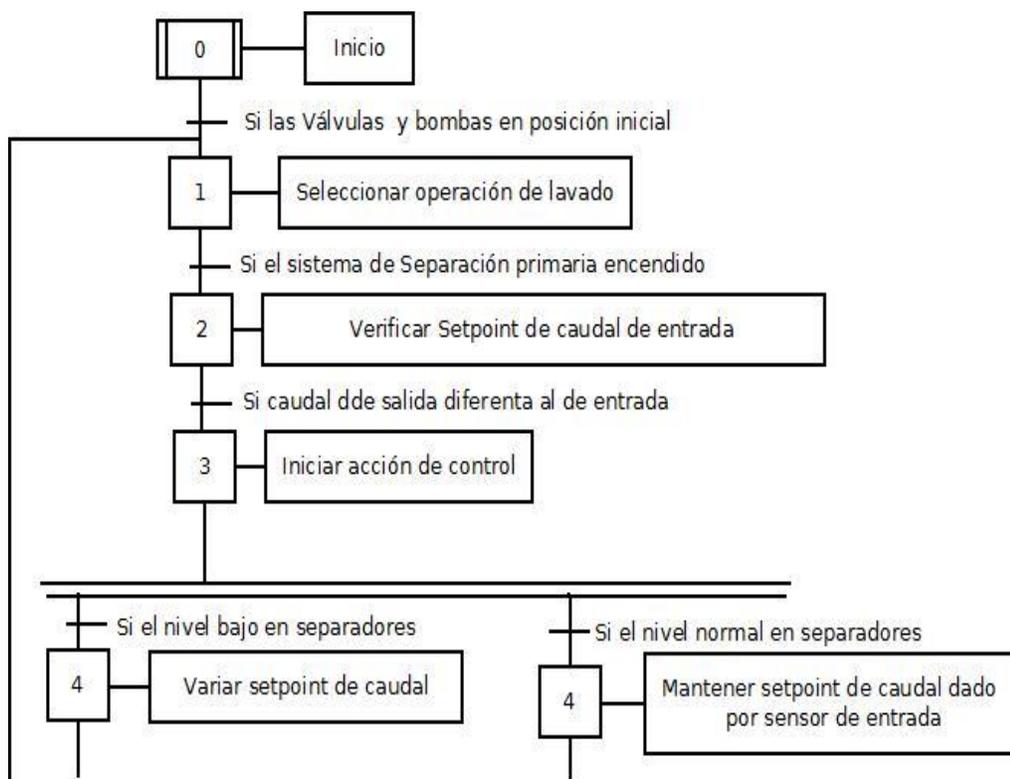


Figura 108. Graficet del sistema de bombeo de fluido
Fuente: Esquema elaborado por los autores del proyecto. (2014)

Sistema de calentamiento

En la Figura 109 se muestra el graficet asociado al sistema de calentamiento en donde se describe la funcionalidad y comportamiento del mismo. Adicionalmente se muestra el vínculo que posee con el sistema de bombeo de fluido y la operación del Tanque Multipropósito en el sistema de deshidratación.

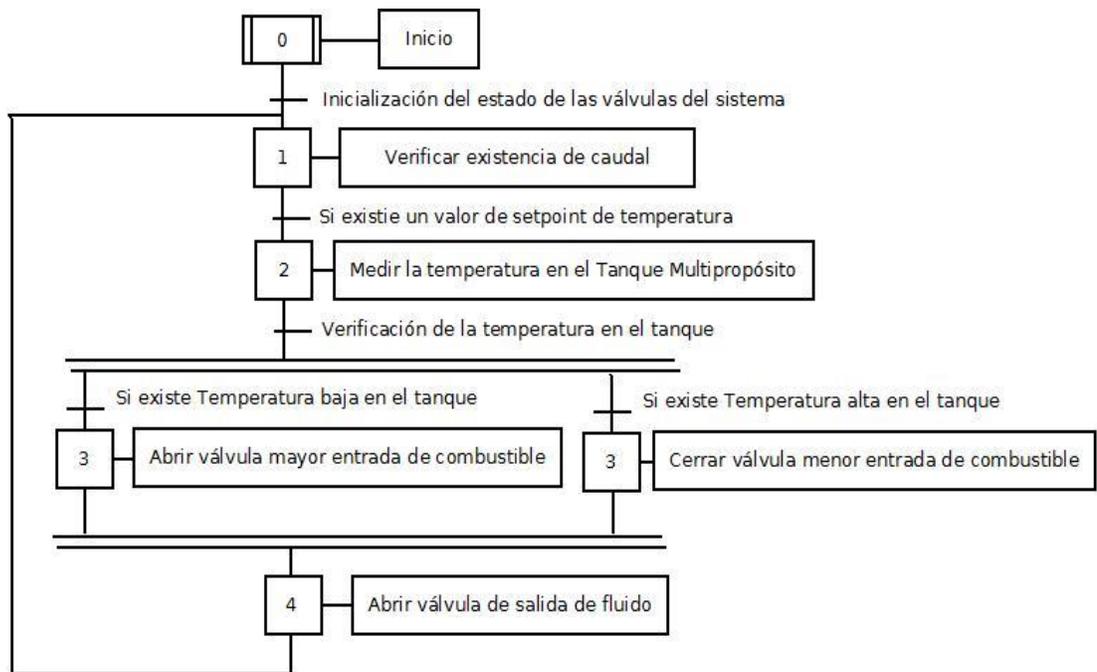


Figura 109. Graficet del sistema de calentamiento
Fuente: Esquema elaborado por los autores del proyecto. (2014)

Sistema de formación de colchón de agua

En la Figura 110 se muestra el graficet asociado al sistema de formación de colchón de agua en donde se describe la operación automática del mismo. Adicionalmente se muestra la relación que existe de este sistema con el Tanque Multipropósito en el sistema de deshidratación.

En la Figura 111 se muestra el graficet del control de operación manual del sistema de formación de colchón de agua.

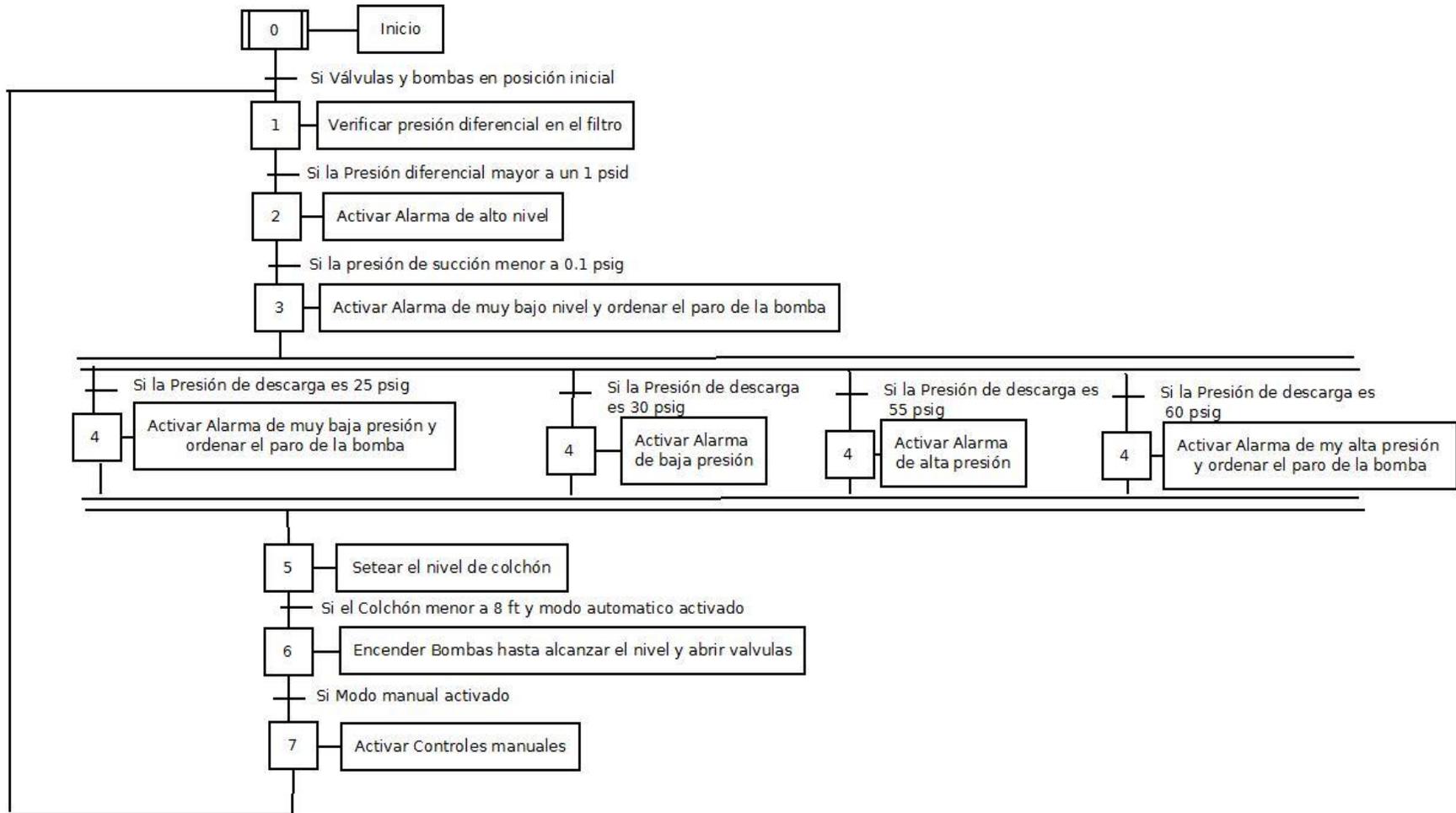


Figura 110. Graficet del sistema de formación de colchón de agua
 Fuente: Esquema elaborado por los autores del proyecto. (2014)

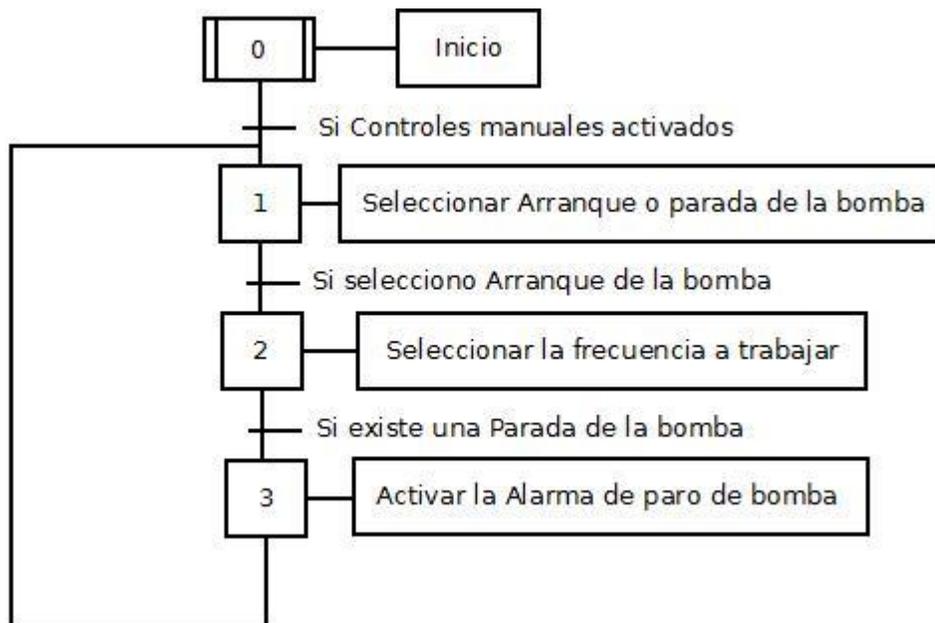


Figura 111. Grafcet de la operación manual de la formación de colchón de agua

Fuente: Esquema elaborado por los autores del proyecto. (2014)

Sistema de mantenimiento de colchón de agua

En la Figura 112 se muestra el grafcet asociado al sistema de mantenimiento de colchón de agua en donde se describe la operación automática del mismo. Adicionalmente se muestra la relación que existe de este sistema con el Tanque Multipropósito en el sistema de deshidratación.

En la Figura 113 se muestra el grafcet del control de operación manual del sistema de mantenimiento de colchón de agua.

Sistema de inyección de químicos

En la Figura 114 se muestra el grafcet asociado al sistema de inyección de químicos en donde se describe la funcionalidad y comportamiento del mismo. Adicionalmente se muestra el vínculo que posee con la operación del Tanque Multipropósito en el sistema de deshidratación.

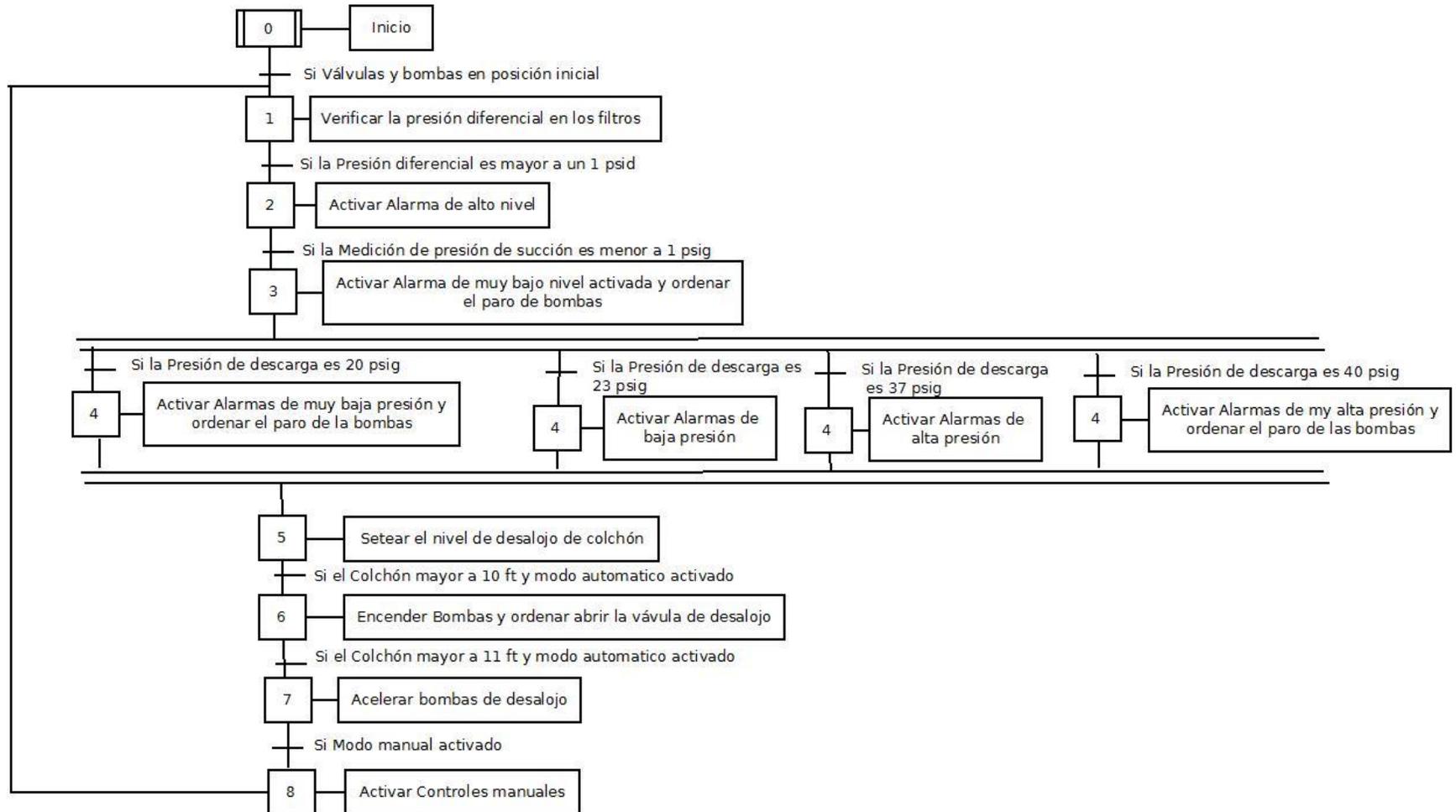


Figura 112. Grafcet del sistema de mantenimiento de colchón de agua
Fuente: Esquema elaborado por los autores del proyecto. (2014)

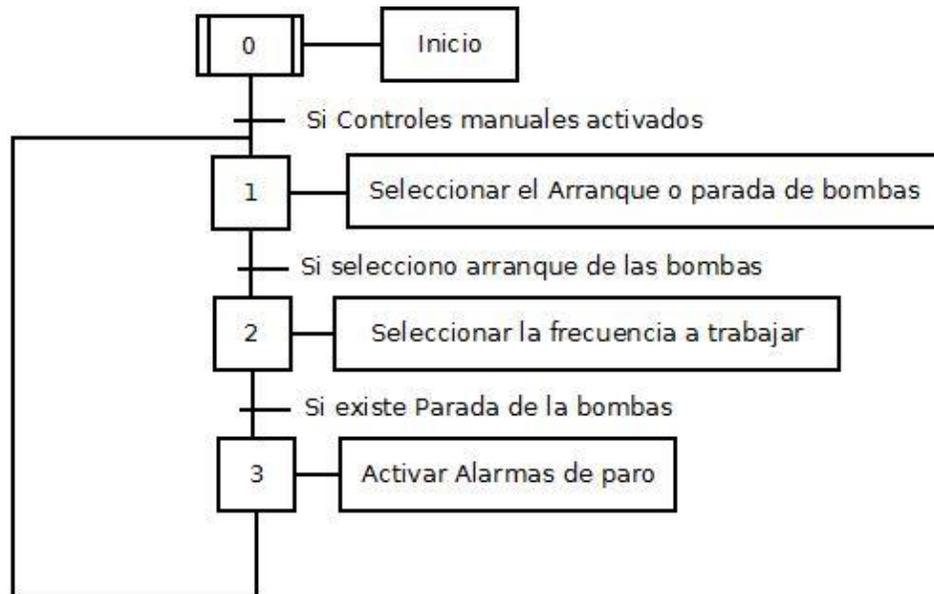


Figura 113. Grafcet de operación manual del mantenimiento de colchón de agua

Fuente: Esquema elaborado por los autores del proyecto. (2014)

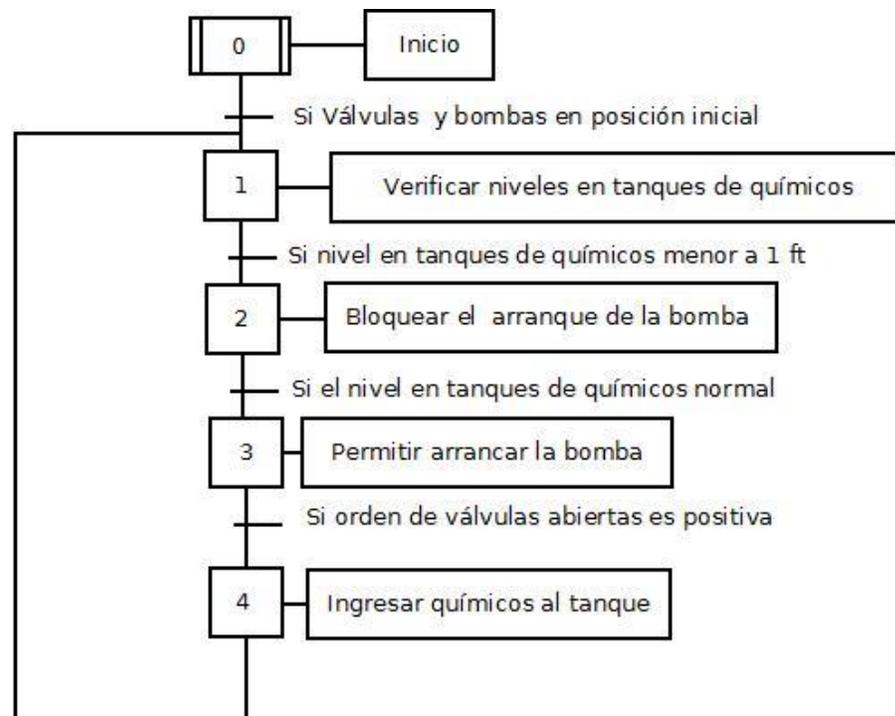


Figura 114. Grafcet del sistema de inyección de químicos
Fuente: Esquema elaborado por los autores del proyecto. (2014)

Operación del Tanque Multipropósito en sistema de deshidratación

En la Figura 115 se muestra el graficet asociado a la operación del Tanque Multipropósito como tanque de lavado en donde se describe de forma esquemática el funcionamiento del mismo e indica la relación que tiene con el sistema de calentamiento de fluido y con los sistemas de formación y mantenimiento de colchón de agua.

Sistema de drenaje

En la Figura 116 se muestra el graficet de funcionamiento del sistema de drenajes de fluido en donde se describe la operación automática del mismo e indica la relación que tiene con cada uno de los sistemas que constituyen el proceso de deshidratación.

En la Figura 117 se muestra el graficet del control de operación manual del sistema de drenaje.

Sistema de aire de instrumentos

En la Figura 118 se muestra el graficet del control de operación manual del sistema de aire de instrumentos.

En la Figura 119 se muestra el graficet asociado al sistema de aire de instrumentos en donde se describe la operación automática del mismo.

Operación del Tanque Multipropósito en sistema de almacenamiento

En la Figura 120 se muestra el graficet asociado a la operación automática del Tanque Multipropósito como tanque de almacenamiento en donde se describe de forma esquemática el funcionamiento del mismo.

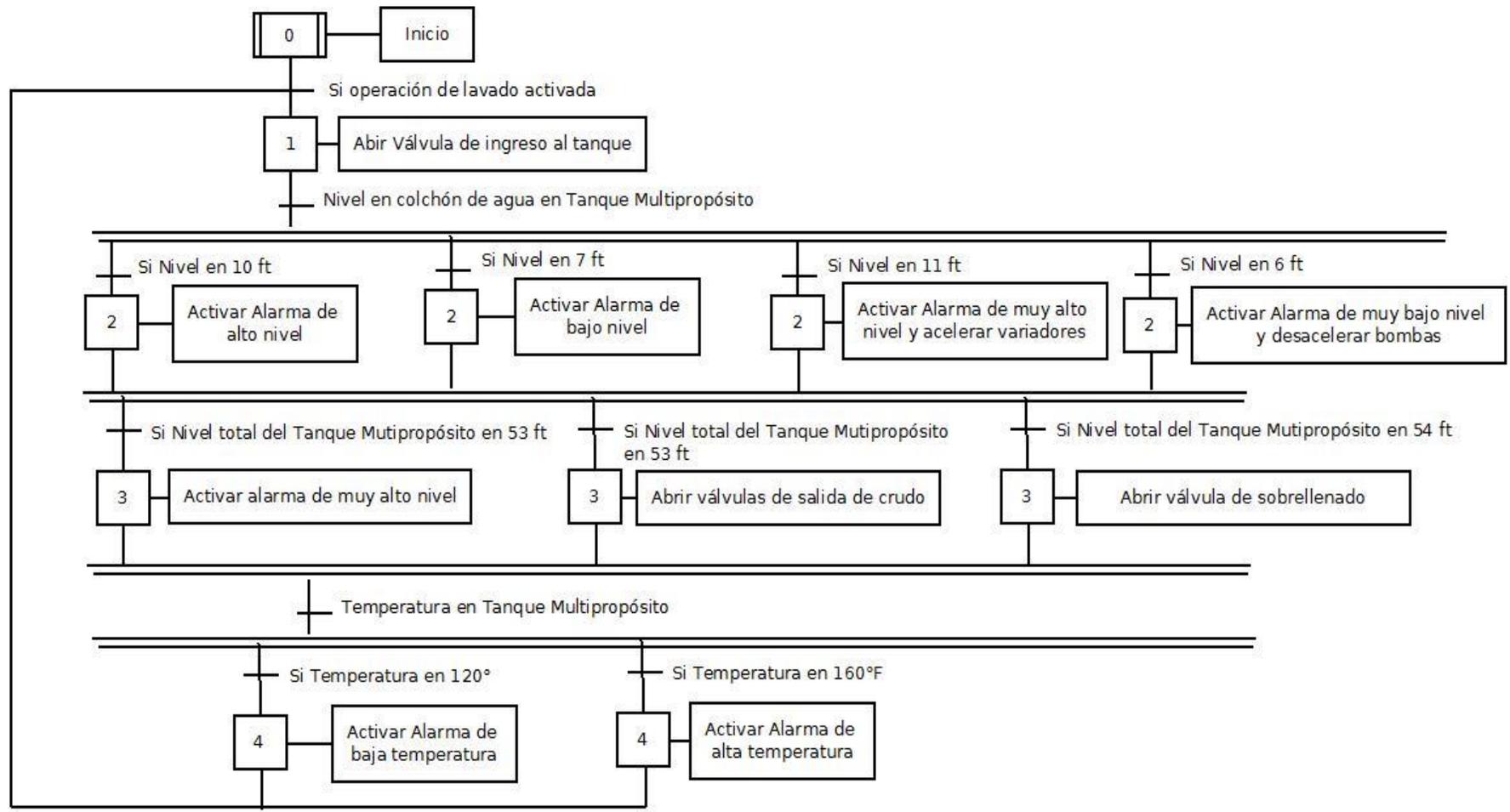


Figura 115. Grafcet de la operación del Tanque Multipropósito (Deshidratación)
 Fuente: Esquema elaborado por los autores del proyecto. (2014)

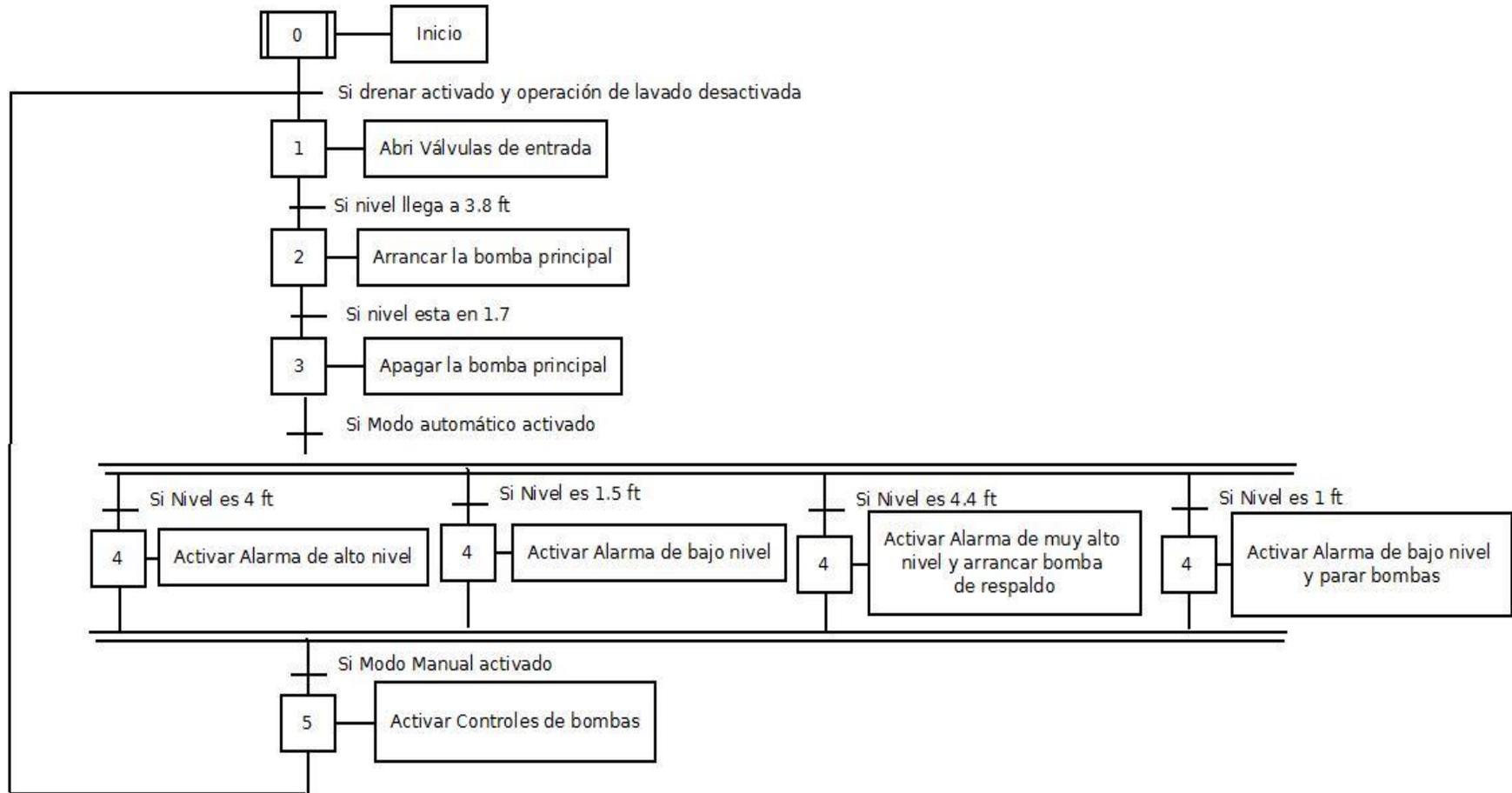


Figura 116. Grafset del sistema de drenaje
 Fuente: Esquema elaborado por los autores del proyecto. (2014)

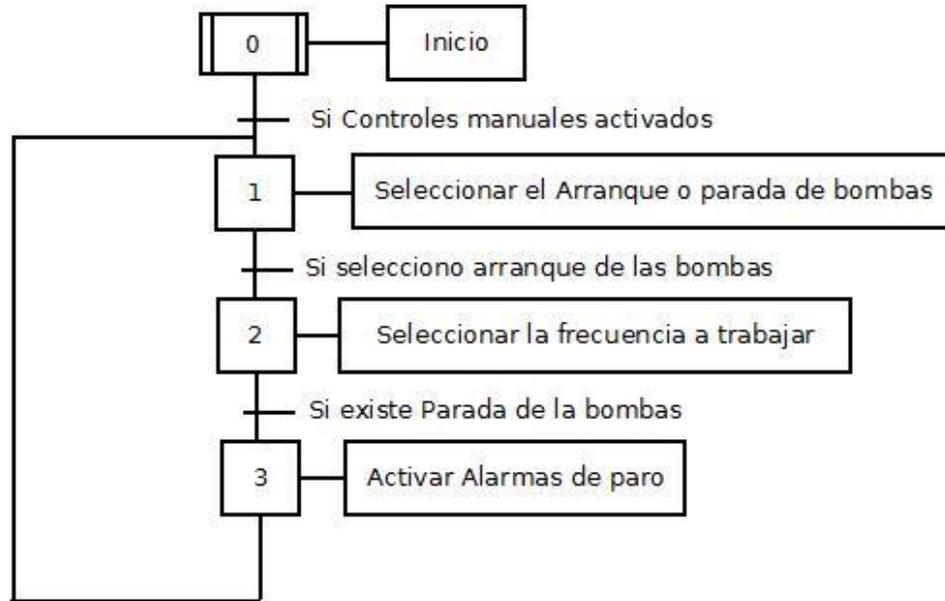


Figura 117. Grafcet de la operación manual del sistema de drenaje
Fuente: Esquema elaborado por los autores del proyecto. (2014)

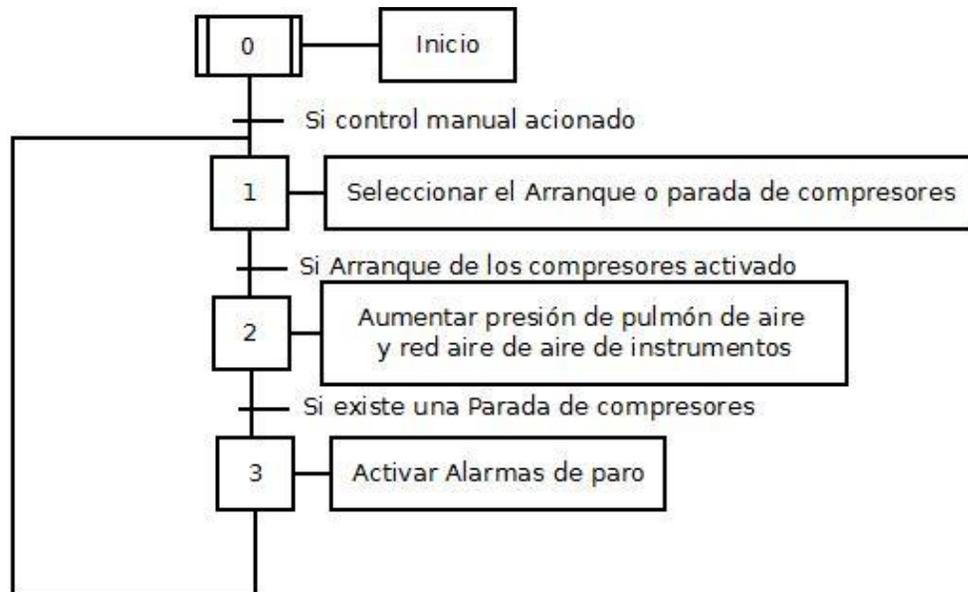


Figura 118. Grafcet de la operación manual del sistema de aire de instrumentos
Fuente: Esquema elaborado por los autores del proyecto. (2014)

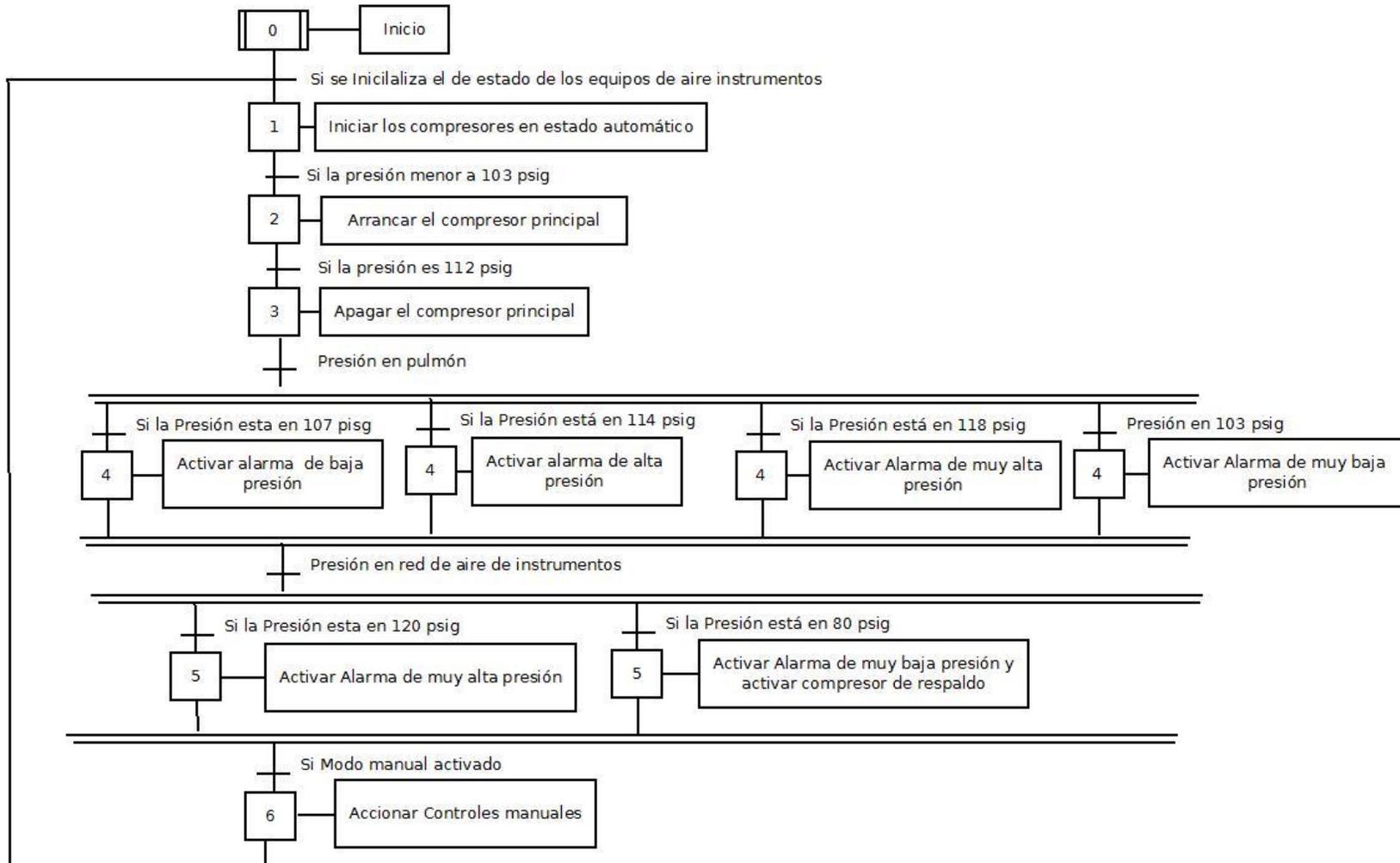


Figura 119. Grafcet del sistema de aire de instrumentos
 Fuente: Esquema elaborado por los autores del proyecto. (2014)

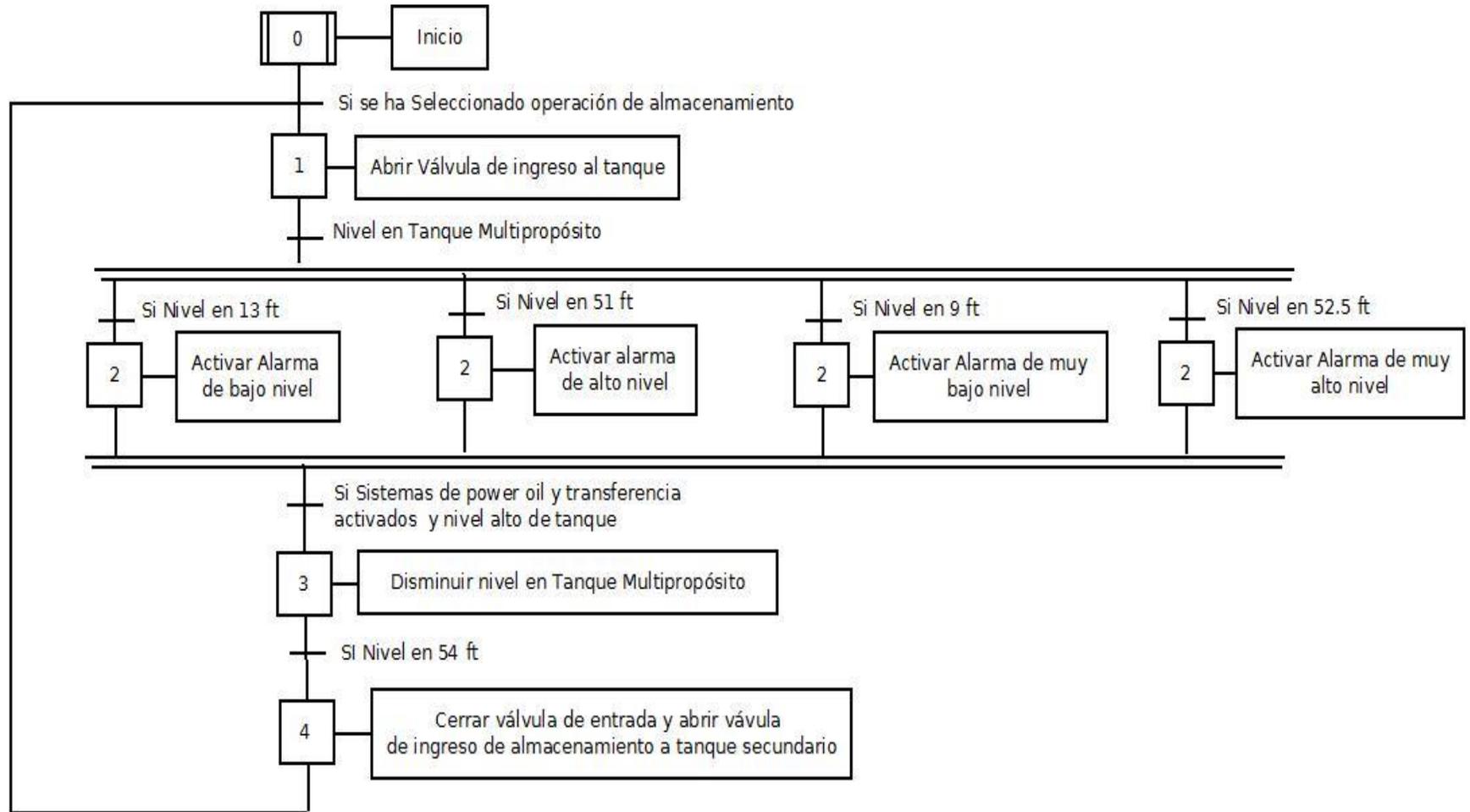


Figura 120. Graficet de la Operación del Tanque Multipropósito (Almacenamiento)
Fuente: Esquema elaborado por los autores del proyecto. (2014)

Descripción de la Programación

La programación desarrollada para el PLC de control y el PLC de seguridad ha sido realizada en lenguaje ladder, para un manejo ordenado de cada etapa del proceso en ambos controladores se ha usado subrutinas para cada uno de los sistemas inmersos en el proceso de deshidratación y almacenamiento.

Para el preescalamiento de algunas variables a mostrar en el HMI se ha utilizado la lógica de programación de bloque de funciones.

Sistema bombeo de fluido

En el Anexo E3 se presenta el código de programación completo respecto al sistema de bombeo en donde se podrá visualizar la lógica de control de las variables de los diferentes elementos que intervienen en este proceso, siendo importante cada parte de esta subrutina para lograr el óptimo funcionamiento del proceso de deshidratación de crudo.

Sistema de calentamiento

En el Anexo E4 se presenta el código de programación referente al sistema de calentamiento en donde se podrá visualizar la lógica para el control de la temperatura en el Tanque Multipropósito, cada parte de esta subrutina para lograr el manejo automático del proceso de deshidratación de crudo.

Sistema de formación de colchón de agua

En el Anexo E5 y E6 se presenta el código de programación referente al sistema de formación de colchón de agua tanto para el PLC de control como para el PLC de seguridad respectivamente, en donde se podrá visualizar la lógica para el control de cada uno de los elementos que interviene en este sistema, siendo importante la comunicación de la información entre ambos PLC's para el óptimo desempeño del sistema de deshidratación.

Sistema de mantenimiento de colchón de agua

En el Anexo E7 y E8 se presenta el código de programación referente al sistema de desalojo y mantenimiento de colchón de agua tanto para el PLC de control como para el PLC de seguridad respectivamente, en donde se podrá visualizar la lógica para el control del nivel de colchón de agua en el Tanque Multipropósito.

Preescalamiento

En el Anexo E9 y E10 se presenta el código referente al preescalamiento realizado para las acciones de control, el mismo que fue desarrollado a través de bloques de funciones.

El preescalamiento se lo realiza con el objetivo de mostrar en la interfaz HMI la gráfica del control realizado para alcanzar los respectivos parámetros de seteo (MV).

Sistema de inyección de químicos

En el Anexo E11 y E12 se presenta el código de programación referente al sistema de inyección de químicos tanto para el PLC de control como para el PLC de seguridad respectivamente, en donde se podrá visualizar las condiciones para el ingreso de los químicos al Tanque Multipropósito siendo importante la comunicación de la información entre ambos PLC's para el óptimo desempeño del sistema de inyección de químicos.

Operación del Tanque Multipropósito en sistema de deshidratación

En el Anexo E13 y E14 se presenta el código de programación referente a la operación del Tanque Multipropósito en el sistema de deshidratación tanto para el PLC de control como para el PLC de seguridad respectivamente, en donde se podrá visualizar las condiciones de activación de las alarmas asociadas al nivel y temperatura del tanque.

Sistema de drenaje

En el Anexo E15 y E16 se presenta el código de programación referente al sistema de drenaje tanto para el PLC de control como para el PLC de seguridad respectivamente, en donde se destaca la comunicación entre ambos dispositivos de control para la activación de cada elemento.

Sistema de aire de instrumentos

En el Anexo E17 y E18 se presenta el código de programación asociado al sistema de aire de instrumentos tanto para el PLC de control como para el PLC de seguridad respectivamente, en donde de igual manera existe una comunicación entre ambos controladores para la variación del estado de cada uno de los elementos.

Operación del Tanque Multipropósito en sistema de almacenamiento

En el Anexo E19 y E20 se presenta el código de programación asociado a la operación del Tanque Multipropósito como sistema de almacenamiento tanto para el PLC de control como para el PLC de seguridad respectivamente, en donde se podrá visualizar las condiciones de activación de las alarmas asociadas al nivel del tanque.

Tipos de Comunicación de los controladores

Para poder comunicar el PLC de control con el PLC de seguridad se ha usado dos formas de comunicación (Productor- Consumidor y mensajería), las mismas que como requisito principal tienen la creación de un árbol de red en el programa desarrollado para cada controlador.

Para la creación del árbol de red se debe tomar en cuenta que en el programa del PLC de control se deberá especificar la existencia en la red Ethernet del PLC de seguridad y viceversa. Para ello en el apartado I/O Configuration, bajo la tarjeta Ethernet hay que incluir los módulos correspondientes a cada controlador como se muestra en las Figuras 121 y 122.

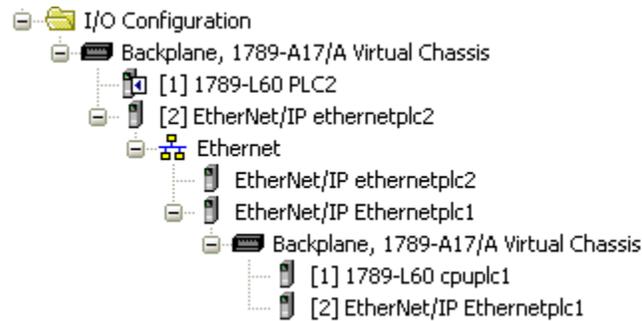


Figura 121. Árbol de red en el PLC de Control
Fuente: Imagen obtenida por los autores del proyecto. (2014)

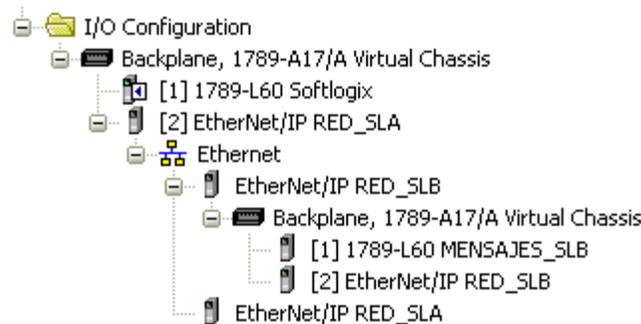


Figura 122. Árbol de red en el PLC de Seguridad
Fuente: Imagen obtenida por los autores del proyecto. (2014)

Comunicación de Tipo Productor – Consumidor

El modelo de comunicación Productor- Consumidor describe una relación de comunicación entre uno a varios es decir entre un productor y uno o varios consumidores. Este tipo de comunicación es utilizada en este proyecto para aquellos parámetros que puedan tener futuras ampliaciones es decir aquellas variables que puedan ser utilizadas por varios controladores. En el Anexo F1 se presenta el detalle de la manera de realizar la comunicación a través de productor- consumidor entre dos controladores.

Comunicación a través de mensajería

El modelo Cliente- Servidor (mensajería) siempre describe una relación uno a uno entre un cliente y un servidor. Es te modo de comunicación se lo usa con el objetivo de

evitar saturar la transmisión de la información entre los PLC's usados para el control de los diferentes subsistemas del proceso de deshidratación y almacenamiento. En el Anexo F2 se muestra la forma de realizar la comunicación entre dos controladores a través de mensajería.

4.3. Desarrollo y configuración del HMI SCADA

El desarrollo y configuración de un sistema HMI SCADA dentro de la automatización del sistema de deshidratación y almacenamiento de crudo, es importante debido a que permite al usuario la supervisión y control de las variables de los procesos a distancia de forma automática, y proporciona por medio de un software especializado una correcta comunicación con los dispositivos de campo, adquiriendo y almacenando los datos que se generan en el proceso productivo.

Creación de una aplicación en Archestra

La interfaz HMI ha sido desarrollada a través del software Archestra, para la creación de la aplicación en este programa se detallan los pasos en el Anexo F3.

Configuración del servidor OPC

Para configurar el servidor OPC se debe tener en cuenta que se está aplicando una arquitectura cliente/servidor su configuración se detalla en el Anexo F4.

Seguridad y Administración de Usuarios

La seguridad y administración de usuarios se realiza con el fin de administrar reglas para proteger determinados recursos de la interfaz.

Para realizar la creación de niveles de usuario se realiza los pasos detallados en el Anexo F5.

En el Anexo F7 correspondiente al manual de usuario se detalla las pantallas y controles a los que podrá acceder cada usuario de acuerdo a su nivel de acceso.

4.3.1 Desarrollo del HMI SCADA

Para el desarrollo del sistema HMI SCADA para este proyecto se ha hecho uso de la norma GEDIS (guía ergonómica de diseño de interfaces de supervisión), se ha tomado en consideración esta norma debido a que esta ha sido enfocada a ambientes industriales como lo es el sistema de deshidratación y almacenamiento de crudo.

La norma GEDIS consiste principalmente en la especificación de los principales elementos de la interfaz tales como la arquitectura, la navegación, distribución, los estándares de colores, fuentes, simbología, alarmas etcétera. En torno a estos parámetros se especifica a continuación las directrices que se aplicaron para el desarrollo de la interfaz para la optimización del sistema de deshidratación y almacenamiento de crudo del Campo Sacha Sur.

Arquitectura

Para iniciar con el proceso de desarrollo del HMI se ha establecido los tipos de pantallas donde se definirán de manera general las diferentes pantallas con las que contará el operador para interactuar con el sistema de automatización y control. Los tipos de pantallas que son incluidas en este primer paso de la metodología son las siguientes:

- Pantallas de Proceso: las cuales muestran el estado de los equipos y del proceso mismo. En estas pantallas se desarrollan los mímicos o sinópticos del proceso
- Pantallas de Comandos: estas pantallas permiten al operador realizar acciones generales tales como el arranque/paro de equipos y selecciones diversas.
- Pantallas de Configuración: las cuales permiten al usuario calificado del proceso establecer los parámetros de configuración del sistema tales como set point de presión, temperatura, nivel, sintonización de los controladores (P, PI, PID), calibración, etc.

En estas pantallas adicionalmente se muestran los valores de las variables más importantes del proceso en el tiempo.

- Pantallas de alarmas

Distribución de las Pantallas

En el segundo paso de la metodología se ha desarrollado las plantillas que regirán el desarrollo de la interfaz. Como primera actividad se define formalmente la tipología de las pantallas, esto significa establecer la estructura general de las pantallas que serán desarrolladas. En estas plantillas se ha establecido lo siguiente:

- Ubicación del título de la pantalla, y logotipo de la empresa
- Ubicación del submenú de navegación del sistema
- Ubicación de las alarmas del proceso
- Ubicación del mímico del proceso
- Ubicación de funciones genéricas, como botones.

Para el desarrollo de la distribución de las pantallas se ha considerado lo manifestado en la norma GEDIS que dice lo siguiente (Granollers & Ponsa, 2010):

- Considerar que según el Diagrama de Gutenberg, el movimiento del ojo va de arriba a abajo y de izquierda a derecha
- Considerar entonces que la información más importante debe ir arriba
- El centro de la pantalla es también un lugar de alta visibilidad
- Las funciones e información críticas deben tener un lugar fijo en la pantalla
- La mejor posición para los gráficos es a la izquierda del campo visual
- Se debe establecer una estructura de rejilla (grid) regular
- Al desarrollar los prototipos de los sinópticos de proceso se debe controlar la densidad de los gráficos, la cual no debe sobrepasar del 50%, para que no se vean muy aglutinados
- En este mismo sentido, la simetría del gráfico debe ser también considerada, de manera que la carga de elementos en los sinópticos este balanceada en toda la pantalla

- Para el mismo nivel de información efectiva, se debe dar preferencia a las distribuciones simples sobre las complejas

En la Figura 123 se muestra el esquema desarrollado para las pantallas que conforman parte del HMI SCADA.

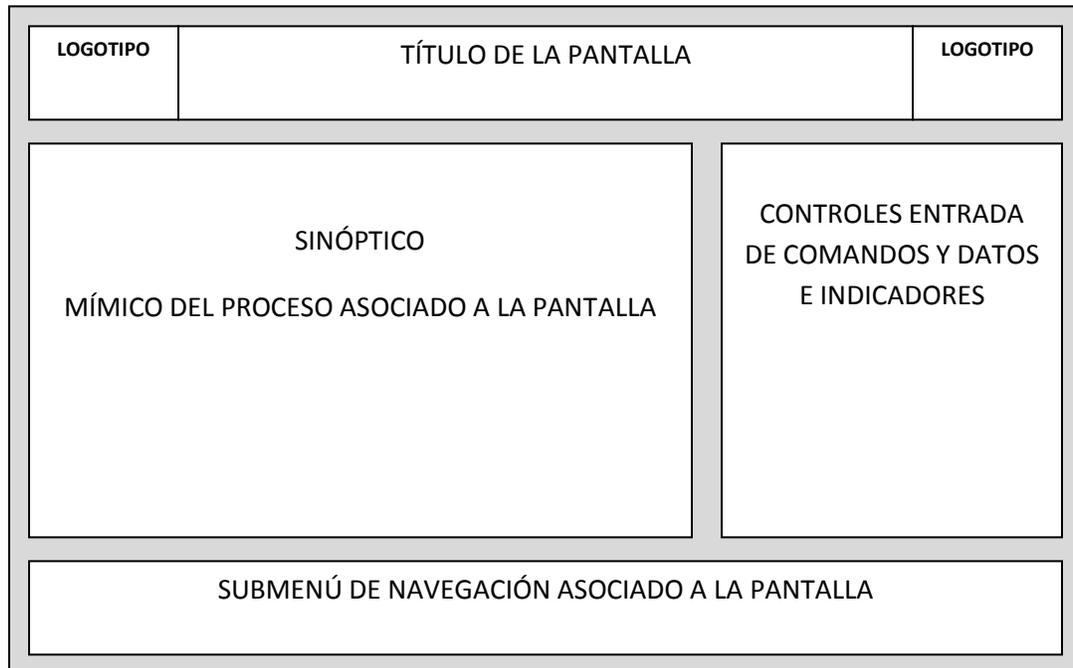


Figura 123. Esquema general de las pantallas del HMI
Fuente: Esquema elaborado por los autores del proyecto. (2014)

Navegación

Una vez definida la arquitectura de las pantallas se determina ahora como navegará el operador dentro del sistema. El esquema de navegación debe cumplir con el objetivo de que sea intuitivo y fácil de usar, en el submenú de navegación se tendrá lo siguiente:

- Menú principal
- Acceso directo a sistemas asociados al sistema que se esté mostrando
- Ayuda de cada pantalla
- Navegación a la ventana de ingeniería

Colores

Según las normas GEDIS el color es uno de los elementos más importantes dentro del contexto de las interfaces persona-máquina, su uso adecuado (conservador, convencional y consistente) es determinante para la generación de una excelente interfaz. (Granollers & Ponsa, 2010)

Particularmente para el desarrollo de la interfaz de la automatización del sistema de deshidratación y almacenamiento del Campo Sacha Sur, se ha hecho uso de las siguientes recomendaciones respecto a la selección de los colores en el desarrollo de las pantallas:

- Usar colores neutros para el fondo de la pantalla (gris, beige, arena, azul)
- Los colores de fondo deben ser contrastantes con los demás elementos
- El uso de diferentes colores de fondo puede ser utilizado para diferenciar o agrupar procesos o áreas de la planta
- Evitar el uso de colores primarios o fuertes en zonas grandes de la pantalla

Para la elección de colores es necesario referirse a la paleta de colores de Archestra de Intouch como se muestra en la Figura 124 donde se podrá conseguir cada uno de los colores que han sido usados en el desarrollo del HMI SCADA del proyecto.

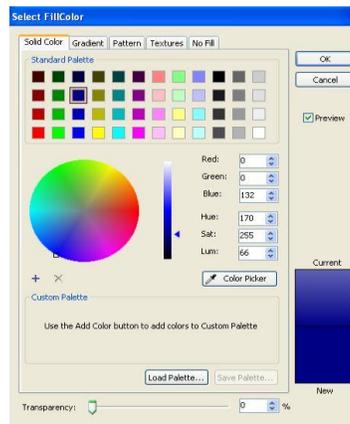


Figura 124. Paleta de colores del sistema SCADA
Fuente: Imagen obtenida por los autores del proyecto. (2014)

Color de fondo de la pantalla

Para el color del fondo de las pantallas se eligió el color gris arena debido a que permite mantener armonía con los colores de los mímicos de cada sistema y con los demás elementos utilizados para el diseño de la interfaz puesto que esta tonalidad no tiene un alto contraste. En la Tabla 48 se muestra el color usado para fondo de las pantallas, con los valores de matiz y RGB (composición del color en términos de la intensidad de los colores primarios de la luz).

Color del área de controles e indicadores

Para el color del área de controles e indicadores se eligió el color verde oscuro como borde que permita dar relevancia a esta área, como fondo de los elementos que se ubicaran en esta zona se ha elegido un tramado de color gris igualmente se ha elegido este color porque nos permitirá mantener armonía con los demás elementos utilizados para monitoreo y control. En la Tabla 48 se muestra el color usado para fondo del área de controles e indicadores, con los valores de matiz y RGB.

Color de texto

El texto que se encuentra en el título de la pantalla, se encontrará sobre un membrete de color verde obscuro por lo que se ha elegido para esta área que el texto sea de color blanco, teniendo concordancia en cuanto al contraste, se dispone entonces que todo texto que sea ubicado sobre este fondo será de color blanco.

Adicionalmente se tiene texto en el área de controles e indicadores que detallan los elementos que se tengan en esta zona, por lo que se ha determinado que para esta área el texto a usar será de color azul marino.

Finalmente se tendrá texto en el área de los mímicos y en los botones del submenú de navegación para estos elementos se ha elegido el color azul rey para las zonas correspondiente a los mímicos y el color blanco para los botones del área de

navegación. En la Tabla 48 se muestra los colores usados para el texto, con los valores de matiz y RGB.

Color de fluidos

Para el color de los fluidos en los diferentes sistemas del proceso, se ha elegido el color de acuerdo al tipo de fluido que se desea simular, en el caso de agua se ha elegido un color azul rey, para el caso de petróleo se eligió un color negro, para gas se tiene un color café oscuro, para el químico demulsificante se tiene un color amarillo, para el químico inhibidor el color rojo, para el químico antiescala se tiene un color marrón. En la Tabla 48 se muestra los colores usados para los fluidos, con los valores de matiz y RGB.

Tabla 48

Colores de la interfaz

Item	Color	Descripción	Matiz/Sat/Lum	RGB
Fondo de pantalla		Gris arena	208/204/191	31/37/188
Controles e Indicadores		Verde oscuro	120/80/90	64/128/128
Color de texto		Tramado de gris	0/0/103	102/102/102
		Membrete	120/80/90	64/128/128
Color de fluidos		Blanco	160/0/240	255/255/255
		Azul marino	140/240/60	0/64/128
		Azul rey	160/240/120	0/0/255
		Negro	160/0/0	0/0/0
		Azul rey	160/240/120	0/0/255
		Café oscuro	0/136/90	138/42/42
		Amarillo	40/240/120	255/255/0
		Rojo	0/240/120	255/0/0
		Marrón	0/240/46	98/0/0

Fuente: Tabla elaborada por los autores del proyecto.

Fuentes de texto

En concordancia con lo dicho en la norma GEDIS el texto que se muestra en la interfaz debe ser regulado, para que el uso de este elemento cumpla con informar eficazmente al operador respecto al estado del proceso por lo que se debe establecer un estándar que rijas su utilización. (Granollers & Ponsa, 2010)

Particularmente para el desarrollo de la interfaz de la automatización del sistema de deshidratación y almacenamiento del Campo Sacha Sur, se ha hecho uso de las siguientes recomendaciones respecto al uso del texto en el desarrollo de las pantallas:

- El tamaño de la fuente debe ser tal que se pueda leer a distancia por el operador. Una fuente menor a 8 es difícil de leer
- El color del texto debe contrastar con el fondo de la pantalla y debe respetar el código de colores previamente definido
- Espaciar el texto tanto horizontal como verticalmente y así evitar aglutinamientos

En la interfaz desarrollada se tiene los siguientes tipos de texto:

Título de las pantallas:

Fuente: Tahoma

Estilo: Negrita

Tamaño: 20

Títulos de botones y controles:

Fuente: Tahoma

Estilo: Negrita

Tamaño: 13

Títulos de indicadores:

Fuente: Tahoma

Estilo: Negrita

Tamaño: 10

Finalmente es importante establecer las abreviaturas que se tendrán en la interfaz para así mantener un lenguaje claro y evitar confusiones al momento de que el usuario maneje el sistema HMI SCADA. En la Tabla 49 se muestra un listado de las abreviaturas que se tienen en la interfaz.

Tabla 49

Abreviaturas de la interfaz HMI SCADA

Abreviatura	Significado
P. de Succión	Presión de succión
P. de Descarga	Presión de descarga
F. Colchón	Formación de colchón de agua
D. Colchón	Desalojo de colchón de agua
M. Colchón	Mantenimiento de Colchón de agua
P. Diferencial	Presión diferencial
P. Succión	Presión de succión
I. Químicos	Inyección de químicos
KP	Ganancia proporcional del controlador
TI	Tiempo integral del controlador
TD	Tiempo derivativo del controlador
SP	Set point del sistema
MV	Variable manipulada
PV	Variable de proceso

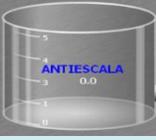
Fuente: Tabla elaborada por los autores del proyecto.

Simbología

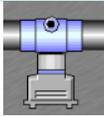
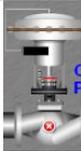
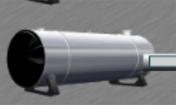
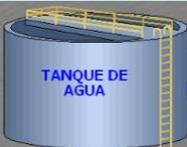
En esta fase se define el estándar gráfico de símbolos e íconos que representen el estatus de los diversos equipos del sistema de deshidratación y almacenamiento tales como tanques, bombas, válvulas, filtros, tubería, etc así como los cambios de estado digitales (On/Off) de eventos que se requieren representar en las pantallas de proceso. Para este fin en la Tabla 50 se muestra la simbología usada para el desarrollo del HMI SCADA.

Tabla 50

Simbología de la interfaz HMI SCADA

Símbolo	Descripción	Símbolo	Descripción
	Tanque Multipropósito		Indicador de temperatura
	Bota Desgasificadora		Indicador de válvula activada
	Calentador Industrial		Indicador de frecuencia
	Tubería		Indicador de caudal
	Bomba		Tanque de químicos
	Filtro para bomba		Botón accionamiento o desactivación

Continúa →

	Medidor tipo V-CONE		Encendido o apagado de bombas
	Medidor tipo Placa Orificio		Botón de acceso a configuración
	Válvula de entrada de combustible		Válvula de salida de petróleo
	Válvula de salida de crudo Caliente		Secador de aire
	Compresor de aire		Pulmón de aire
	Indicador luminoso		Operación manual automático de bombas
	Parada de emergencia		Indicador numérico
	Alarma bomba parada		Separador de producción
	Flare		Indicador de nivel en Tanque Multipropósito
	Tanque de drenaje		Tanque de almacenamiento de agua

Fuente: Tabla elaborada por los autores del proyecto.

Alarmas

Las alarmas junto con la representación del estatus de los equipos y de los valores analógicos del sistema constituyen los principales elementos con los que se informa al operador sobre el estado de la planta. Las alarmas son muy importantes ya que alertan al operador sobre las situaciones anómalas que se presentan en el proceso e implican una intervención de este. (Granollers & Ponsa, 2010)

Para tener un control de las alarmas suscitadas en el sistema se ha desarrollado una pantalla de Histórico de alarmas que permitirá al usuario verificar el momento en el que se dió la alarma con su nivel de criticidad. Para el desarrollo de las alarmas en la interfaz HMI, se ha seguido las siguientes recomendaciones respecto al uso de las mismas en el desarrollo de las pantallas:

- La ventana o zona de alarmas debe ser distinguible por el operador y debe estar preferentemente siempre presente y visible
- En caso que no puedan estar fijas siempre, se deben poder acceder de manera inmediata o mostrarse automáticamente al presentarse una nueva alarma
- Los mensajes en cambio no deben ser mostrados todo el tiempo pero se debe poder acceder a ellos fácilmente
- El texto de las alarmas debe mostrar el área/equipo concreto, la condición o parámetro anómalo.

Para la automatización del sistema de deshidratación y almacenamiento se tienen las siguientes alarmas, las cuales han sido clasificadas de acuerdo al sistema que pertenecen.

Sistema de formación de colchón de agua

En el sistema de formación de colchón de agua se tiene las siguientes alarmas:

- Ensuciamiento del filtro: se visualiza mediante el indicador luminoso el encendido de la alarma en caso de que exista ensuciamiento parcial del filtro, (PDAH-873, seteada a 1 psid).

- Baja presión de succión: se visualiza mediante el indicador luminoso el encendido de la alarma en caso de muy baja presión de succión, (PALL-873A, seteada a 0.1 psig).
- Muy baja presión de descarga: se visualiza mediante el indicador luminoso el encendido de la alarma en caso de muy baja presión de descarga, (PALL-873B, seteada en 25 psig).
- Baja presión de descarga: se visualiza mediante el indicador luminoso el encendido de la alarma en caso de baja presión de descarga, (PAL-873B, seteada en 30 psig).
- Alta presión de descarga: se visualiza mediante el indicador luminoso el encendido de la alarma en caso de alta presión de descarga, (PAH-873B, seteadas en 55 psig).
- Muy alta presión de descarga: se visualiza mediante el indicador luminoso el encendido de la alarma en caso de muy alta presión de descarga, (PAHH-873B, seteada a 60 psig).
- Bomba parada: se visualiza mediante el indicador luminoso que la bomba se encuentra fuera de funcionamiento.

Sistema de deshidratación del Campo Sacha Sur

En el sistema de deshidratación de crudo se tiene las siguientes alarmas:

- Alarma alta nivel total: se visualiza mediante el indicador luminoso el encendido de la alarma en caso de haber alcanzado un nivel de fluido muy alto (LAHH-872A, seteada a 53 ft).
- Temperatura alta: alarma seteada a 160 °F
- Temperatura baja: alarma seteada a 120 °F
- Muy bajo: alarma de muy bajo nivel de agua, seteada a 6 ft
- Bajo: alarma de bajo nivel de agua seteada, seteada a 7 ft
- Alto: alarma de alto nivel de agua, seteada a 10 ft
- Muy alto: alarma de muy alto nivel de agua, seteada a 11 ft

Sistema de mantenimiento de colchón de agua

En el sistema de mantenimiento de colchón de agua se tiene las siguientes alarmas:

- Alarma de ensuciamiento: configuradas para los Filtros A, B y C estas alarmas se activarán en caso de ensuciamiento parcial del filtro (alarmas están seteadas a 1psid)
- Alarma baja presión de succión: configuradas para las Bombas A, B y C estas alarmas se activarán en caso de que exista una baja presión de succión (alarmas están seteadas a 1 psig).
- Alarma muy baja presión de descarga: configuradas para las Bombas A, B y C estas alarmas se activarán en caso de muy baja presión de descarga (alarmas están seteadas a 20 psig).
- Alarma baja presión de descarga: configuradas para las Bombas A, B y C estas alarmas se activarán en caso de baja presión de descarga (alarmas están seteadas a 23 psig).
- Alarma alta presión de descarga: configuradas para las Bombas A, B y C estas alarmas se activarán en caso de alta presión de descarga (alarmas están seteadas a 37 psig).
- Alarma muy alta presión de descarga: configuradas para las Bombas A, B y C estas alarmas se activarán en caso de muy alta presión de descarga (alarmas están seteadas a 40 psig).
- Alarma bomba parada: señal de alarma que indica que las bombas se encuentran fuera de funcionamiento.

Sistema de inyección de químicos

En el sistema de inyección de químicos se tiene configuradas las siguientes alarmas:

- Bomba parada: Alarma que indica que la bomba no se encuentra en funcionamiento.

Sistema de aire instrumentos

En el sistema de aire instrumentos se tiene las siguientes alarmas:

- Muy baja presión pulmón: Alarma de nivel de presión muy bajo (PALL-518, seteada en 103 psig).
- Baja presión pulmón: Alarma de nivel de presión bajo (PAL-518, seteada en 107 psig).
- Alta presión pulmón: Alarma de nivel de presión alto (PAH-518, seteada en 114 psig).
- Muy alta presión pulmón: Alarma de nivel de presión muy alto (PAHH-518, seteada en 118 psig).
- Muy baja presión en red: Alarma de presión en la red de aire instrumentos es muy baja (PALL-518B, seteada en 80 psig).
- Muy alta presión en red: Alarma de presión en la red de aire es muy alto (PAHH-518B, seteada en 120 psig).
- Compresor maestro parado: Alarma de Compresor maestro parado.
- Compresor esclavo parado: Alarma de Compresor esclavo parado.

Sistema de almacenamiento del Campo Sacha Sur

En el sistema de almacenamiento se tiene configuradas las alarmas que se muestran a continuación:

- Alarma de muy bajo nivel: Indicador luminoso de nivel de fluido muy bajo (LALL-872, seteada en 9 ft).
- Alarma de bajo nivel: Indicador luminoso de nivel de fluido bajo (LAL-872, seteada en 13 ft).
- Alarma de alto nivel: Indicador luminoso de nivel de fluido alto (LAH-872, seteada en 51 ft).
- Alarma de muy alto nivel: Indicador luminoso de nivel de fluido muy alto (LAHH-872, seteada en 52,5 ft).

Sistema de drenajes

En el sistema de drenajes se tiene las siguientes alarmas:

- Nivel bajo en tanque: Alarma de nivel bajo en tanque de drenaje (LAL-874A, seteada en 1.5 ft).
- Nivel alto en tanque: Alarma de nivel alto en tanque de drenaje (LAH-874A, seteada en 4 ft).
- Bomba parada A: Alarma que indica que la bomba A no se encuentra en funcionamiento.
- Bomba parada B: Alarma que indica que la bomba B no se encuentra en funcionamiento.
- Nivel muy alto en tanque: Alarma de nivel bajo en tanque de drenaje (LAHH-874B, seteada en 4.4 ft).
- Nivel muy bajo en tanque: Alarma de nivel bajo en tanque de drenaje (LALL-874B, seteada en 1 ft).

Descripción de las pantallas

Como punto final se va a realizar la descripción de las pantallas del sistema HMI SCADA que se ha desarrollado para la optimización de sistema de deshidratación y almacenamiento del Campo Sacha Sur de acuerdo a los parámetros de configuración antes explicados.

Sistema de separación primaria

En la Figura 125, se muestra la pantalla desarrollada para el sistema de Separación primaria, al acceder a esta pantalla se visualiza en el mímico del sistema ubicado en la parte izquierda central, el trayecto del fluido (crudo), desde los separadores de producción, hacia el colector principal, si alguno de los separadores de producción se encuentra en alarma de bajo nivel de fluido, se observa que no existe desplazamiento de fluido por la tubería que pertenece al separador en falla. En la parte derecha de la pantalla se encuentra el área de los controladores e indicadores, aquí se podrá

manipular el estado de los separadores. En la parte inferior de la pantalla se encuentra el menú de navegación hacia las ventanas asociadas al sistema.



Figura 125. Pantalla del sistema de separación primaria
Fuente: Esquema elaborado por los autores del proyecto. (2014)

Sistema de bombeo de fluido

En la Figura 126, se muestra la pantalla desarrollada para el sistema de Bombeo de fluido, al acceder a esta pantalla se visualiza en el mímico del sistema ubicado en la parte izquierda central, el funcionamiento de las bombas del sistema y los indicadores numéricos de los sensores del mismo, si alguna de las bombas deja de operar se visualiza una alarma. En la parte derecha de la pantalla se encuentra el área de los controladores e indicadores, aquí se podrá manipular el estado de las bombas y visualizar los indicadores de caudal. En la parte inferior de la pantalla se encuentra el menú de navegación hacia las ventanas asociadas al sistema.



Figura 126. Pantalla del sistema de bombeo de fluido
Fuente: Esquema elaborado por los autores del proyecto. (2014)

Sistema de calentamiento

En la Figura 127, se muestra la pantalla desarrollada para el sistema de Calentamiento de fluido, al acceder a esta pantalla se visualiza en el mímico del sistema ubicado en la parte izquierda central, el funcionamiento del calentador industrial del sistema y los indicadores de funcionamiento de las válvulas.

En la parte derecha de la pantalla se encuentra el área de los controladores e indicadores, aquí se podrá ver el set point de temperatura, y los indicadores de las válvulas, frecuencia y temperatura actual.

En la parte inferior de la pantalla se encuentra el menú de navegación hacia las ventanas asociadas al sistema.



Figura 127. Pantalla del sistema de calentamiento de fluido
Fuente: Esquema elaborado por los autores del proyecto. (2014)

Sistema de formación de colchón de agua

En la Figura 128, se muestra la pantalla desarrollada para el sistema de Formación de colchón de agua, al acceder a esta pantalla se visualiza en el mímico del sistema ubicado en la parte izquierda central, el funcionamiento del sistema de formación de colchón de agua conformado por el tanque de almacenamiento de agua, los indicadores de funcionamiento de las válvulas y la bomba que forman parte del sistema.

En la parte derecha de la pantalla se encuentra el área de los controladores e indicadores, aquí se podrá acceder a la simulación de parámetros del sistema, y los controles de operación adicionalmente se visualizará los set point de presión del sistema, los indicadores de estado de alarma, y el encendido de las válvulas.

En la parte inferior de la pantalla se encuentra el menú de navegación hacia las ventanas asociadas al sistema.



Figura 128. Pantalla del sistema de formación de colchón de agua
Fuente: Esquema elaborado por los autores del proyecto. (2014)

Sistema de deshidratación de crudo del Campo Sacha Sur

En la Figura 129, se muestra la pantalla desarrollada para el sistema de deshidratación de crudo, al acceder a esta pantalla se visualiza en el mímico del sistema ubicado en la parte izquierda central, el funcionamiento del sistema de deshidratación de crudo y los indicadores de funcionamiento de las válvulas y nivel.

En la parte derecha de la pantalla se encuentra el área de los controladores e indicadores, aquí se podrá acceder a la pantalla de puntos de seteo, los indicadores de temperatura y de colchón de agua, adicionalmente se visualizará la alarma de nivel del sistema, y los indicadores de operación de las válvulas.

En la parte inferior de la pantalla se encuentra el menú de navegación hacia las ventanas asociadas al sistema.



Figura 129. Pantalla del sistema de deshidratación de crudo
Fuente: Esquema elaborado por los autores del proyecto. (2014)

Sistema de mantenimiento de colchón de agua

En la Figura 130, se muestra la pantalla desarrollada para el sistema de Mantenimiento de colchón de agua, al acceder a esta pantalla se visualiza en el mímico del sistema el funcionamiento del mismo. En la parte derecha de la pantalla se encuentra el área de los controladores e indicadores, aquí se podrá acceder a la simulación de parámetros del sistema, los controles de operación, y monitoreo de alarmas, adicionalmente se visualizará los set point de presión diferencial de los filtros, la presión de succión y descarga de las bombas. En la parte inferior de la pantalla se encuentra el menú de navegación hacia las ventanas asociadas al sistema.

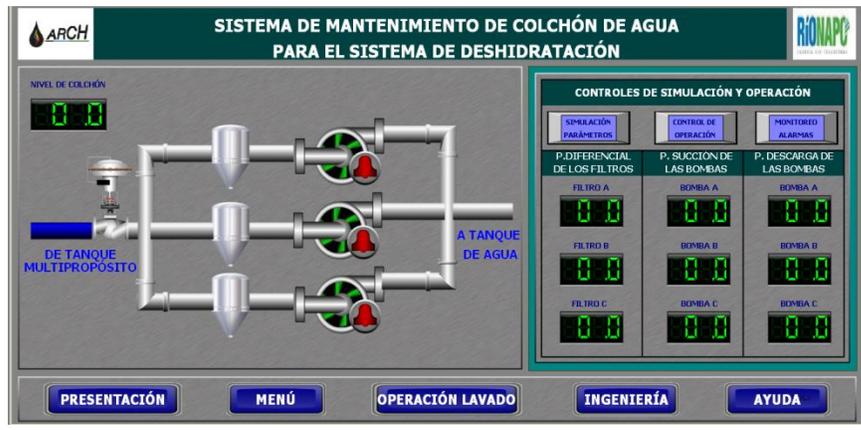


Figura 130. Pantalla del sistema de formación de colchón de agua
Fuente: Esquema elaborado por los autores del proyecto. (2014)

Sistema de inyección de químicos

En la Figura 131, se muestra la pantalla desarrollada para el sistema de inyección de químicos, al acceder a esta pantalla se visualiza en el mímico del sistema ubicado en la parte izquierda central, el funcionamiento del sistema de inyección de químicos.

En la parte derecha de la pantalla se encuentra el área de los controladores e indicadores, aquí se podrá acceder a la simulación de parámetros del sistema, y los controles de operación, adicionalmente se visualizará los valores de inyección de los químicos en el Tanque Multipropósito. En la parte inferior de la pantalla se encuentra el menú de navegación hacia las ventanas asociadas al sistema.

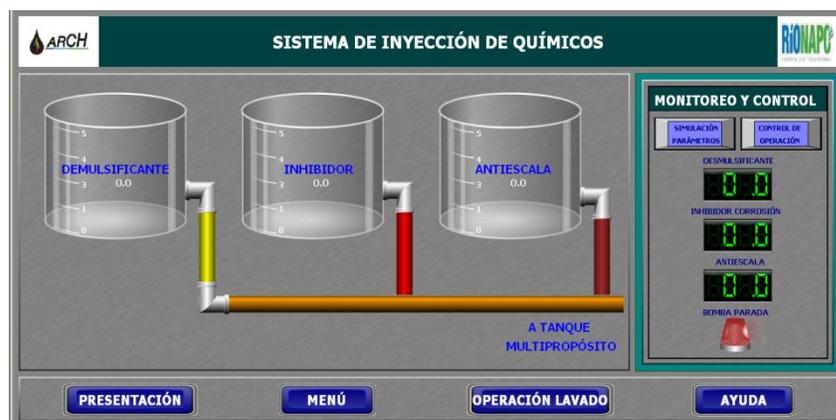


Figura 131. Pantalla del sistema de inyección de químicos
Fuente: Esquema elaborado por los autores del proyecto. (2014)

Sistema de aire instrumentos

En la Figura 132, se muestra la pantalla desarrollada para el sistema de aire instrumentos, al acceder a esta pantalla se visualiza en el mímico del sistema ubicado en la parte izquierda central, el funcionamiento del sistema de inyección de aire instrumentos, y sus elementos. En la parte derecha de la pantalla se encuentra el área de los controladores e indicadores, aquí se podrá acceder a la simulación de parámetros del sistema, y los controles de operación, adicionalmente se podrá ver las condiciones de alarma del sistema. En la parte inferior de la pantalla se encuentra el menú de navegación hacia las ventanas asociadas al sistema.



Figura 132. Pantalla del sistema de aire instrumentos
Fuente: Esquema elaborado por los autores del proyecto. (2014)

Sistema de almacenamiento del Campo Sacha Sur

En la Figura 133, se muestra la pantalla desarrollada para el sistema de almacenamiento de crudo, al acceder a esta pantalla se visualiza en el mímico del sistema ubicado en la parte izquierda central, el funcionamiento del sistema de almacenamiento, con los indicadores de nivel. En la parte derecha de la pantalla se encuentra el área de los controladores e indicadores, aquí se podrá visualizar el estado de funcionamiento de las válvulas, y las alarmas de nivel del sistema. En la parte inferior de la pantalla se encuentra el menú de navegación hacia las ventanas asociadas al sistema.



Figura 133. Pantalla del sistema de Almacenamiento
Fuente: Esquema elaborado por los autores del proyecto. (2014)

Sistema de drenajes

En la Figura 134, se muestra la pantalla desarrollada para el sistema de drenajes, al acceder a esta pantalla se visualiza en el mímico del sistema ubicado en la parte izquierda central, el funcionamiento del sistema de drenajes, con las válvulas indicadores de operación del sistema.

En la parte derecha de la pantalla se encuentra el área de los controladores e indicadores, aquí se podrá visualizar los indicadores de la frecuencia de la bombas, y las alarmas de nivel del sistema. En la parte inferior de la pantalla se encuentra el menú de navegación hacia las ventanas asociadas al sistema.



Figura 134. Pantalla del sistema de aire instrumentos
Fuente: Esquema elaborado por los autores del proyecto. (2014)

Histórico Alarmas

En la Figura 135, se muestra la pantalla desarrollada para el histórico de alarmas, al acceder a esta pantalla en la parte izquierda central se visualiza un registro histórico de cada tipo de alarma de acuerdo a su prioridad. En la parte inferior de la pantalla se encuentra el menú de navegación hacia las ventanas asociadas a este histórico.

En el anexo F se encuentra el manual de usuario referente al HMI SCADA de la optimización del sistema de deshidratación y almacenamiento en donde encontrará a detalle el manejo de cada una de las pantallas descritas, y de acuerdo al accionamiento

y operación de los controles de cada pantalla el despliegue de las subpantallas de cada sistema.



Figura 135. Pantalla de histórico de alarmas
Fuente: Esquema elaborado por los autores del proyecto. (2014)

Desarrollo de la base de datos

Una base de datos es un modo de almacén que es de vital importancia para llevar un registro ordenado de información. Toda base de datos debe tener una serie de características tales como seguridad (sólo personas autorizadas podrán acceder a la información), integridad (la información se mantendrá sin pérdidas de datos), e independencia (esta característica es fundamental ya que una buena base de datos debería ser independiente del sistema operativo o programas que interactúen con ella). Hay más características que debe reunir una base de datos como ser consistente (es decir, que la información se guarde sin duplicidades y de manera correcta). (Sierra, 2006)

Para este proyecto la base de datos se la realiza con el objetivo de guardar los estados de alarma que se generen en los diferentes subsistemas que conforman el sistema de deshidratación y almacenamiento.

En el Anexo G se presenta la forma de realizar la base de datos para el sistema de deshidratación y almacenamiento.

CAPÍTULO V

PRUEBAS Y RESULTADOS

En la parte final del desarrollo de las Ingenierías Conceptual, Básica y de Detalle para la Optimización del Sistema de Deshidratación y Almacenamiento del Campo Sacha Sur RIO NAPO CEM, se va a realizar un protocolo de pruebas de la programación desarrollada a través de una simulación del sistema automatizado.

La simulación se desarrolla con el objetivo de corroborar una correcta operación del sistema y observar el comportamiento del mismo frente a cambios en las condiciones de funcionamiento normal del proceso, alterando de esta manera el comportamiento de las variables, permitiéndonos verificar la respuesta de los controladores ante diferentes escenarios y los estados de alarma del sistema.

La finalidad del proceso de simulación consiste en determinar la operatividad y funcionalidad del sistema que se considera importante para entender la naturaleza del proceso y como debe ser operado.

Para el proceso de simulación se ha hecho uso del software SoftLogix 5800 que permite emular un PLC virtual, por lo que se tiene como requisitos para el desarrollo de la simulación el uso de dos máquinas virtuales que contengan cada una un PLC virtual, en donde el controlador que contenga la programación correspondiente al PLC de proceso se le denomine PLC virtual de control y el controlador que contenga la programación correspondiente al PLC de seguridad se le denomine PLC virtual de seguridad.

En la Figura 136 se muestra el esquema de elementos usados para la simulación. Cada uno de los controladores virtuales contendrá un módulo CPU y un módulo Ethernet IP. En la Figura 137 se muestra el PLC virtual usado.

Para la comunicación entre ambos controladores es necesario asignar una dirección IP a cada módulo Ethernet de los controladores.

En la Tabla 51 se presentan las direcciones IP asignadas a cada controlador.

Tabla 51

Direcciones IP de los controladores

Controlador	Dirección IP
PLC de control	192.168.1.13
PLC de seguridad	192.168.1.21

Fuente: Tabla elaborada por los autores del proyecto. (2014)

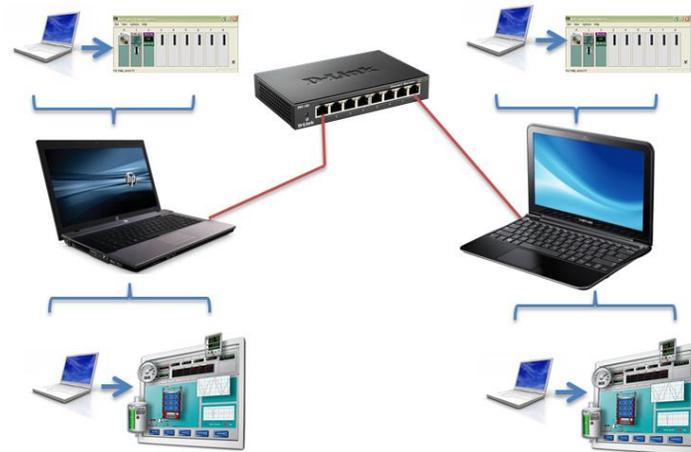


Figura 136. Esquema de elementos de simulación
Fuente: Imagen obtenida por los autores del proyecto. (2014)

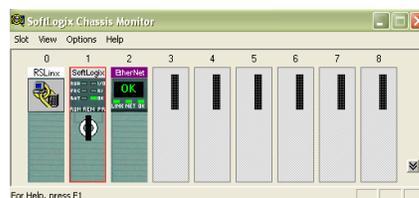


Figura 137. Chasis Virtual SoftLogix 5800
Fuente: Imagen obtenida por los autores del proyecto. (2014)

Para el control y operación automática del sistema como se explicó en el Capítulo 4 se utilizó controladores del tipo P, PI y ON/OFF cuyos parámetros de operación obtenidos mediante sintonización en el proceso de simulación se muestran en la Tabla 52.

La sintonización que se efectuó parte de los valores iniciales de las acciones de control expresadas en la Tabla 46.

Tabla 52

Parámetros de las acciones de control obtenidos en Simulación

TIPO	Kp	Ti	Td
Caudal	0,55	0,05	-
Nivel	2	-	-
Temperatura	0,3	0,	-

Fuente: Tabla elaborada por los autores del proyecto. (2014)

5.1. Prueba de funcionamiento del sistema de bombeo

Para el desarrollo de las pruebas de funcionamiento del sistema de bombeo, se plantea tres condiciones de operación:

La primera prueba consiste en verificar que se mantenga un fluido en equilibrio, es decir que el caudal de entrada al sistema se igual al caudal de salida del mismo, para esta condición se tiene a las cuatro bombas operativas. En la Figura 138 se muestra el caudal de entrada y salida del sistema con las cuatro bombas en funcionamiento, en la Figura 139 se presenta la acción de control del sistema que se tiene para esta condición, como se puede observar los parámetros establecidos para el controlador PI de caudal han sido adecuadamente sintonizados pues se tiene un tiempo de establecimiento corto, y el error en estado estacionario es nulo ya que la variable de proceso siempre alcanza el valor de set point.

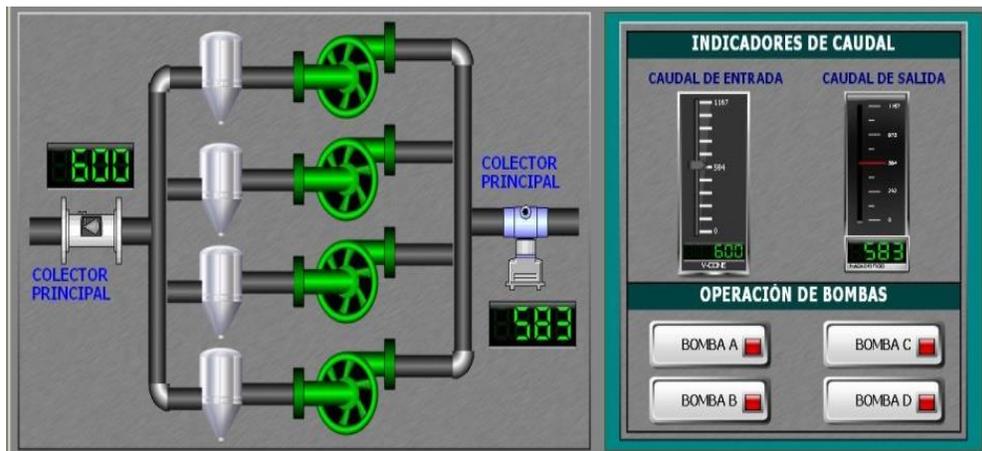


Figura 138. Fluido en equilibrio en sistema de bombeo
Fuente: Imagen obtenida por los autores del proyecto. (2014)

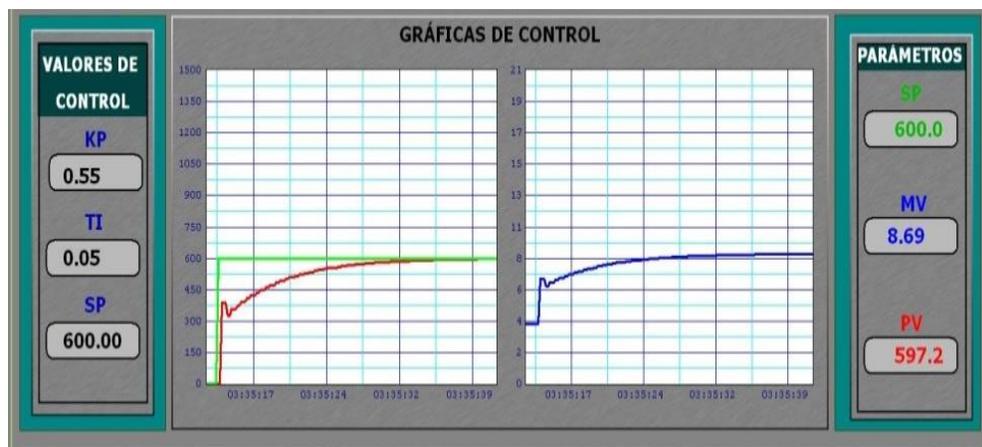


Figura 139. Acción de control uno del sistema de bombeo
Fuente: Imagen obtenida por los autores del proyecto. (2014)

La segunda prueba consiste en apagar una bomba una vez que se haya alcanzado el setpoint. En la Figura 140 se presenta la acción de control del sistema que se tiene para esta condición, como se puede observar al apagar una bomba disminuye el caudal de salida (PV) respecto al valor de setpoint, frente a esta condición el controlador aumenta su señal de control (MV) para restablecer el caudal de salida al valor de setpoint.

La tercera prueba consiste en comprobar el comportamiento del sistema de bombeo de fluido dada la condición de nivel de fluido bajo en algún separador. En la Figura 141 se presenta la acción de control del sistema que se tiene para esta condición, como se

puede observar el sistema de control modifica el setpoint de caudal hasta obtener estabilidad en el nivel de fluido en las cámaras de los separadores. Es decir el nivel de control de caudal ha sido comandado a partir del nivel en las cámaras de petróleo de los separadores.

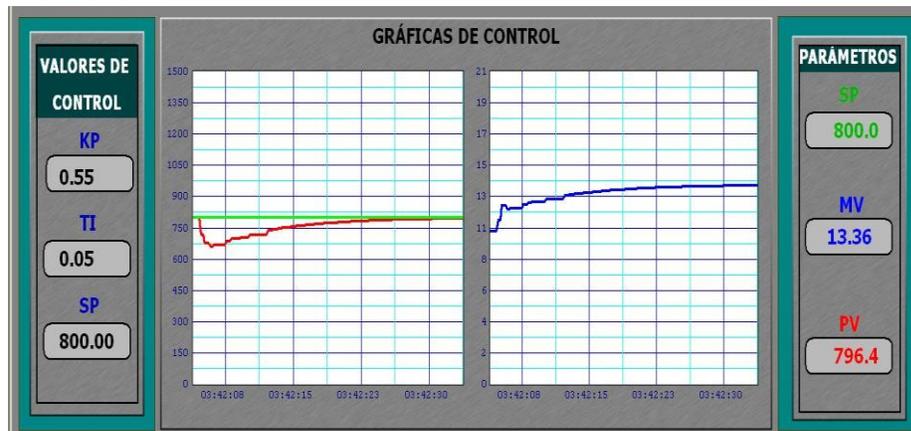


Figura 140. Acción de control dos del sistema de bombeo
Fuente: Imagen obtenida por los autores del proyecto. (2014)

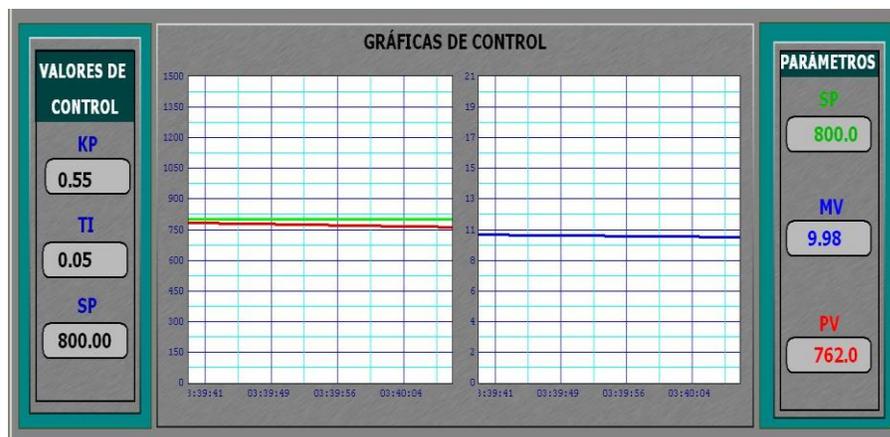


Figura 141. Acción de control tres del sistema de bombeo
Fuente: Imagen obtenida por los autores del proyecto. (2014)

5.2. Prueba de funcionamiento del sistema de calentamiento

Para el desarrollo de las pruebas de funcionamiento del sistema de calentamiento, se plantea dos condiciones de operación:

La primera prueba consiste en verificar que se alcance la temperatura normal de operación. En la Figura 142 se muestra la operación de la válvula de combustible encargada de incrementar el flujo de gas combustible para alcanzar la temperatura deseada, en la Figura 143 se presenta la acción de control del sistema que se tiene para esta condición, como se puede observar los parámetros establecidos para el controlador PI de temperatura han sido adecuadamente sintonizados pues se tiene un tiempo de establecimiento moderado, y el error en estado estacionario es nulo ya que la variable de proceso alcanza el valor de set point.

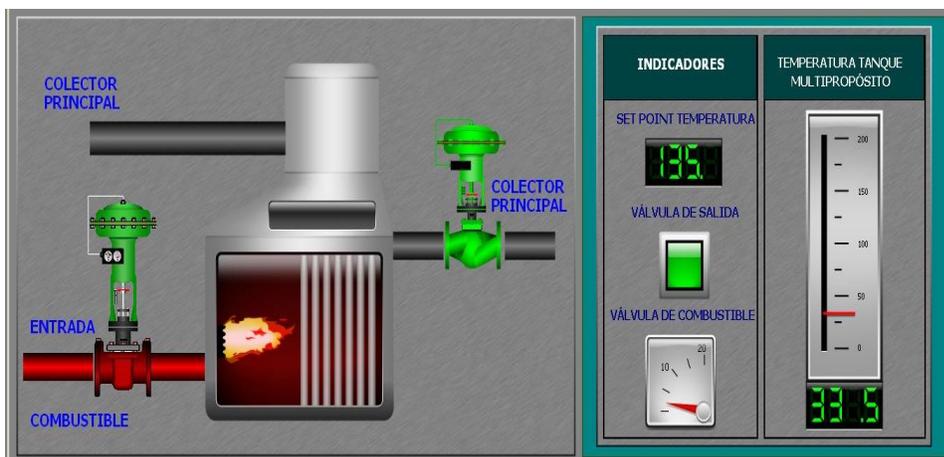


Figura 142. Incrementando temperatura en sistema de calentamiento
Fuente: Imagen obtenida por los autores del proyecto. (2014)

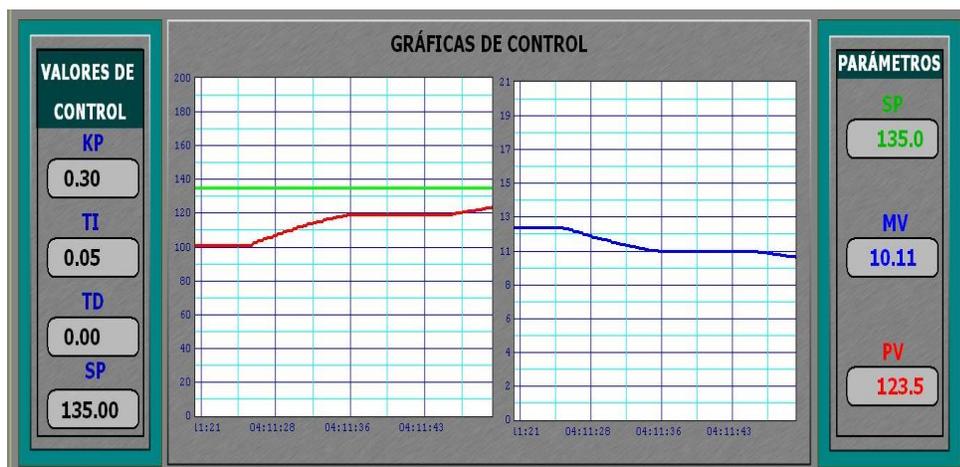


Figura 143. Acción de control uno del sistema de calentamiento
Fuente: Imagen obtenida por los autores del proyecto. (2014)

La segunda prueba consiste en comprobar el comportamiento del sistema de calentamiento dada la condición de que el nivel de setpoint sea menor al valor actual de temperatura medido. En la Figura 144 se presenta la acción de control del sistema que se tiene para esta condición, como se puede observar frente a esta circunstancia el controlador aumenta su señal de control (MV) para cerrar la válvula de entrada de combustible.

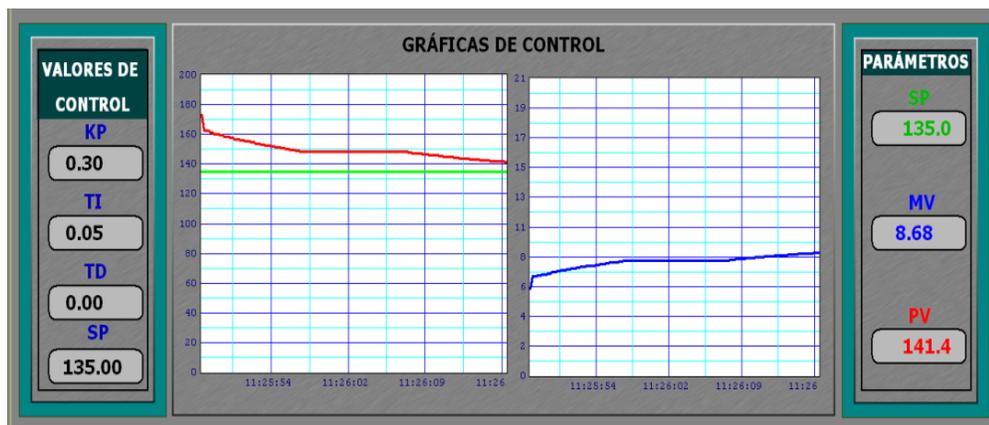


Figura 144. Acción de control dos del sistema de calentamiento
Fuente: Imagen obtenida por los autores del proyecto. (2014)

5.3. Prueba de funcionamiento del sistema de formación de colchón de agua

Para el desarrollo de las pruebas de funcionamiento del sistema de formación de colchón de agua, se muestra las siguientes condiciones de operación:

La primera prueba consiste en verificar que el sistema alcance el valor de setpoint de colchón de agua deseado. En la Figura 145 se muestra la puesta en marcha del sistema sino existe estados de alarma del mismo, en caso de existir la presencia de algún tipo de alarma se ordenará el paro de la bomba en caso de encontrarse operativa o no permitirá el arranque de la misma.

En la Figura 146 se presenta la acción de control del sistema que se tiene para alcanzar el nivel de colchón deseado, como se puede observar los parámetros establecidos para el controlador P de nivel han sido adecuadamente sintonizados pues

se tiene un tiempo de establecimiento corto, y el error en estado estacionario es prácticamente nulo ya que la variable de proceso alcanza el valor de set point.

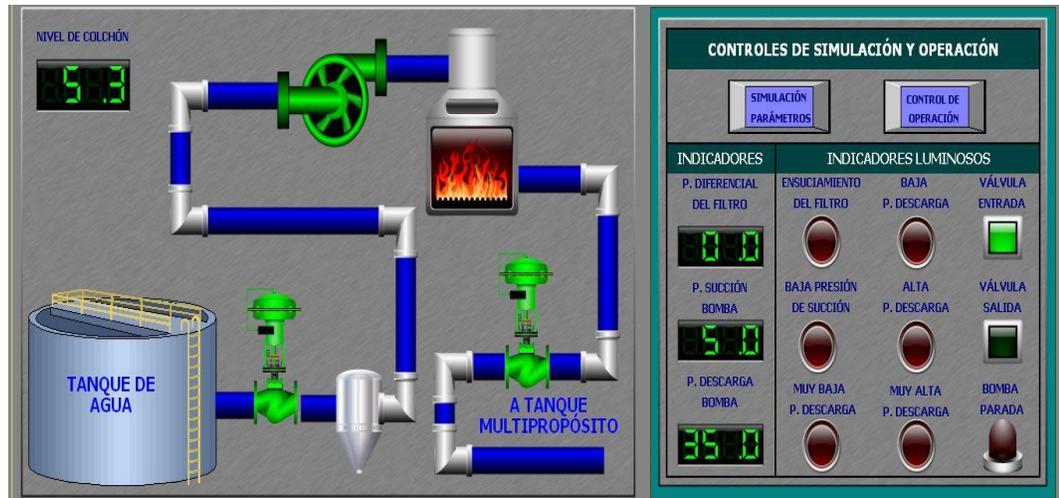


Figura 145. Formación de colchón en condiciones normales de operación
Fuente: Imagen obtenida por los autores del proyecto. (2014)

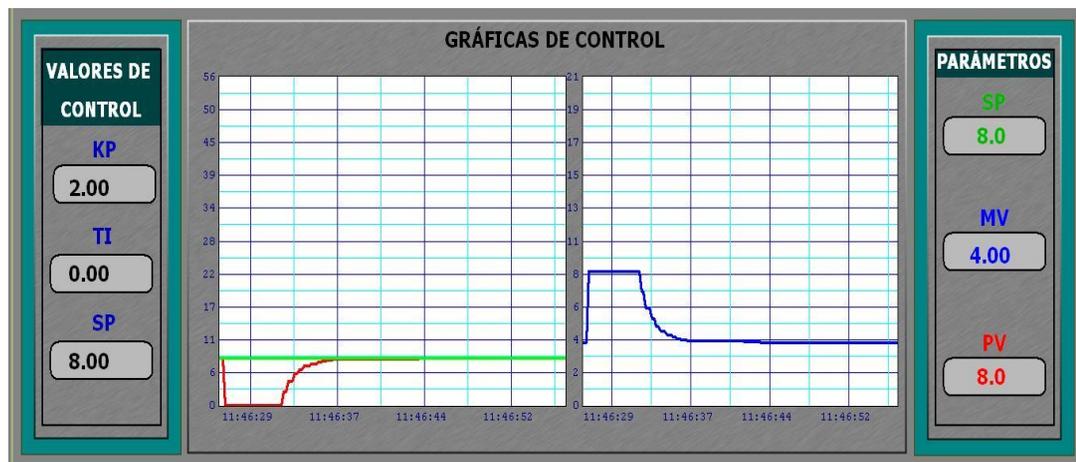


Figura 146. Acción de control del sistema de formación de colchón
Fuente: Imagen obtenida por los autores del proyecto. (2014)

En la Figura 147 se puede observar que una vez el sistema ha alcanzado el nivel de colchón de agua deseado todos los elementos del mismo dejan de estar operativos.

En el sistema de formación de colchón de agua el operador contará en la interfaz con controles de arranque parada y señales de operación automática/manual como se muestra en la Figura 148.

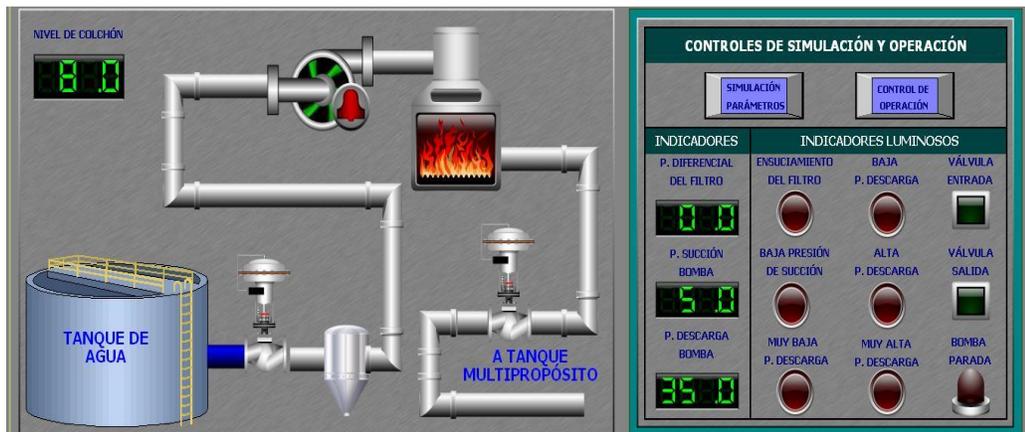


Figura 147. Sistema de formación de colchón en setpoint
Fuente: Imagen obtenida por los autores del proyecto. (2014)



Figura 148. Control manual de la bomba de formación
Fuente: Imagen obtenida por los autores del proyecto. (2014)

5.4. Prueba de funcionamiento del sistema de mantenimiento de colchón

Para el desarrollo de las pruebas de funcionamiento del sistema de mantenimiento de colchón de agua, se muestra las siguientes condiciones de operación:

La primera prueba consiste en verificar que el sistema desaloje el agua del Tanque Multipropósito de acuerdo al valor de setpoint de desalojo de colchón de agua establecido. En la Figura 149 se muestra la puesta en marcha del sistema sino existe estados de alarma del mismo, en caso de existir la presencia de algún tipo de alarma se

ordenará el paro de las bombas en caso de encontrarse operativas o no permitirá el arranque de las mismas.

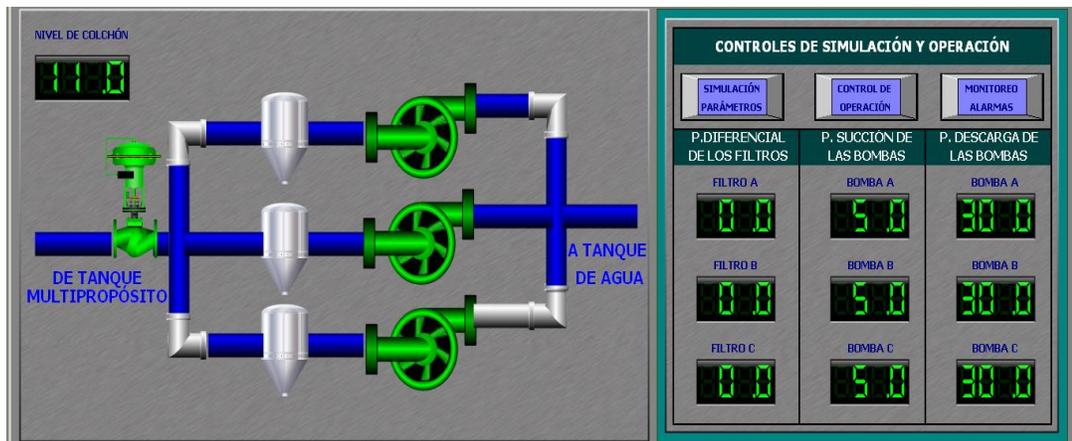


Figura 149. Desalojo de colchón de agua
 Fuente: Imagen obtenida por los autores del proyecto. (2014)

En la Figura 150 se presenta la acción de control del sistema de mantenimiento de colchón que se tiene para alcanzar el nivel de colchón deseado, como se puede observar los parámetros establecidos para el controlador P de nivel han sido adecuadamente sintonizados pues se tiene un tiempo de establecimiento corto, y el error en estado estacionario es prácticamente nulo ya que la variable de proceso alcanza el valor de set point de desalojo.

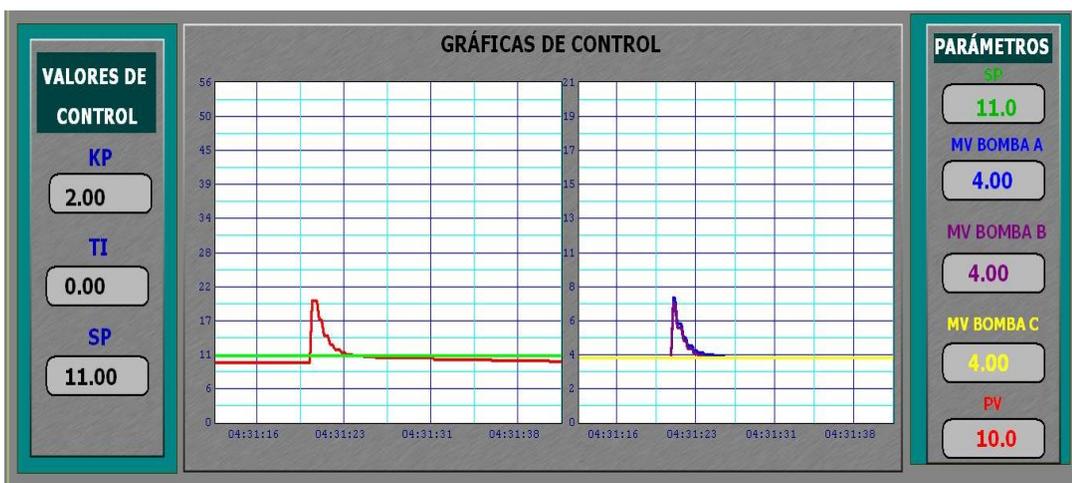


Figura 150. Acción de control del sistema de mantenimiento de colchón
 Fuente: Imagen obtenida por los autores del proyecto. (2014)

En la Figura 151 se puede observar que una vez el sistema ha alcanzado el nivel de colchón de agua deseado todos los elementos del mismo dejan de estar operativos.

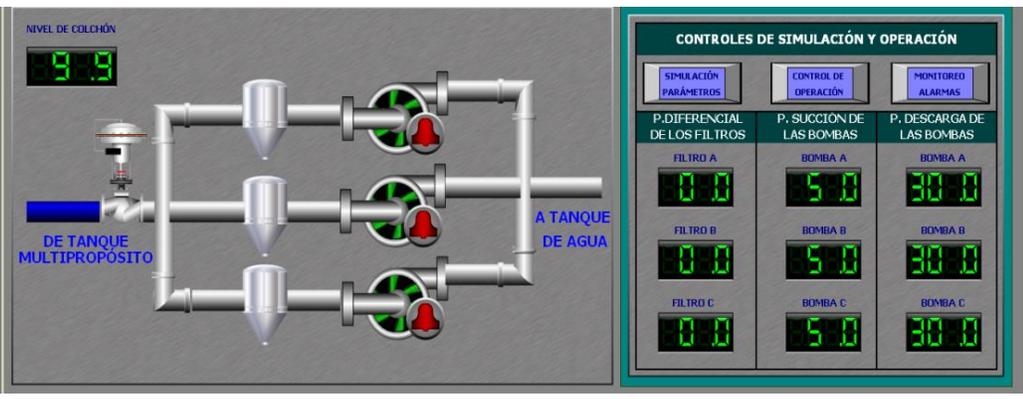


Figura 151. Sistema de mantenimiento de colchón en setpoint
Fuente: Imagen obtenida por los autores del proyecto. (2014)

En el sistema de mantenimiento de colchón de agua el operador contará en la interfaz con controles de arranque parada y señales de operación automática/manual para cada bomba como se muestra en la Figura 152.



Figura 152. Controles manuales de las bombas de desalajo
Fuente: Imagen obtenida por los autores del proyecto. (2014)

5.5. Prueba de funcionamiento de Tanque Multipropósito en sistema de deshidratación

Para el desarrollo de las pruebas de funcionamiento del Tanque Multipropósito en el sistema de deshidratación, se muestra la siguiente condición de operación:

La operación principal del tanque en este modo de funcionamiento consiste en realizar el proceso de deshidratación de crudo y una vez ya culminado este proceso enviar el crudo en especificación hacia un tanque de surgencia mediante la apertura y cierre de 4 electroválvulas.

En la Figura 153 se muestra la operación de este sistema cuando el nivel de fluido en el tanque cumple ciertas condiciones.



Figura 153. Tanque Multipropósito en la deshidratación del crudo
Fuente: Imagen obtenida por los autores del proyecto. (2014)

5.6. Prueba de funcionamiento del sistema de inyección de químicos

Para el desarrollo de la prueba de funcionamiento del sistema de inyección de químicos, se muestra las siguientes condiciones de operación:

La prueba de operación consiste en verificar que el sistema de inyección de químicos permita el arranque de la bomba del sistema en relación al nivel de fluido de los tanques.

En la Figura 154 se muestra la puesta en marcha del sistema dado que el nivel de fluido en los tanques es el adecuado. En la Figura 155 se muestra que en caso de nivel bajo de fluido en alguno de los tanques, el sistema no permite al operador el arranque del mismo.

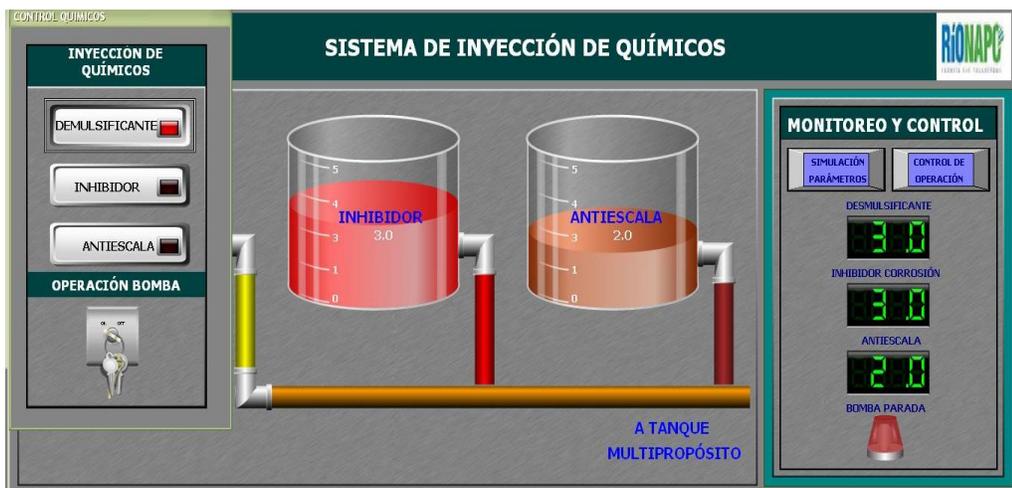


Figura 154. Tanque Multipropósito en la deshidratación del crudo
Fuente: Imagen obtenida por los autores del proyecto. (2014)

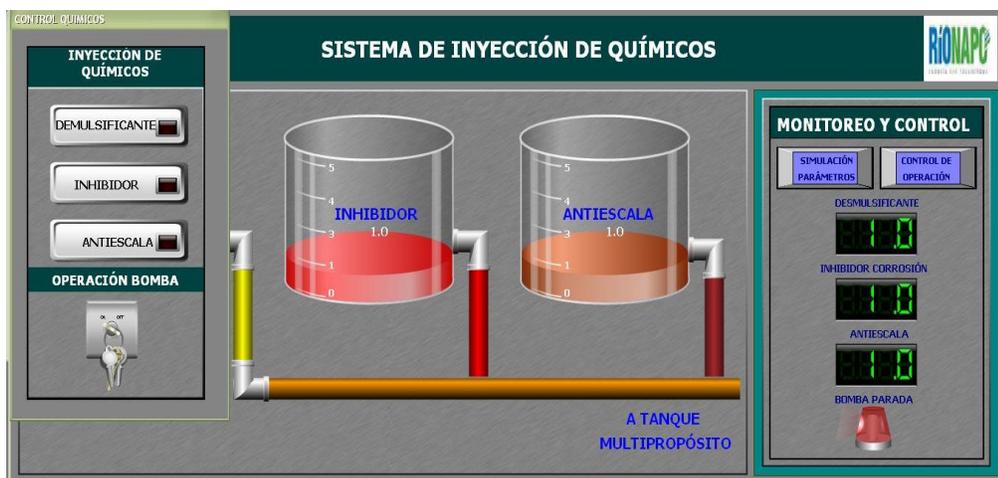


Figura 155. Tanque Multipropósito en la deshidratación del crudo
Fuente: Imagen obtenida por los autores del proyecto. (2014)

5.7. Prueba de funcionamiento del sistema de drenaje

Para el desarrollo de la prueba de funcionamiento del sistema de drenaje, se muestra las siguientes condiciones de operación:

La prueba de operación consiste en verificar que el sistema de drenaje de acuerdo al nivel de fluido que se tenga en el tanque sumidero, disponga el arranque o parada de las bombas del sistema. En la Figura 156 se muestra la puesta en marcha del sistema dado que el nivel del tanque cumple con las condiciones de operación.



Figura 156. Sistema drenaje en desalajo
Fuente: Imagen obtenida por los autores del proyecto. (2014)

En el sistema de drenaje el operador contará en la interfaz con controles de arranque parada y señales de operación automática/manual para cada bomba como se muestra en la Figura 157.



Figura 157. Operación manual del sistema de drenaje
Fuente: Imagen obtenida por los autores del proyecto. (2014)

5.8. Prueba de funcionamiento del sistema de aire de instrumentos

Para el desarrollo de la prueba de funcionamiento del sistema de aire de instrumentos, se muestra las siguientes condiciones de operación:

La prueba de operación consiste en verificar que el sistema de aire de instrumentos de acuerdo al valor de presión que se tenga en el pulmón y en la red de aire instrumentos, disponga el arranque o parada de los compresores del sistema. En la Figura 158 se muestra la puesta en marcha del sistema dado que los valores de presión medidos son menores a los valores requeridos.

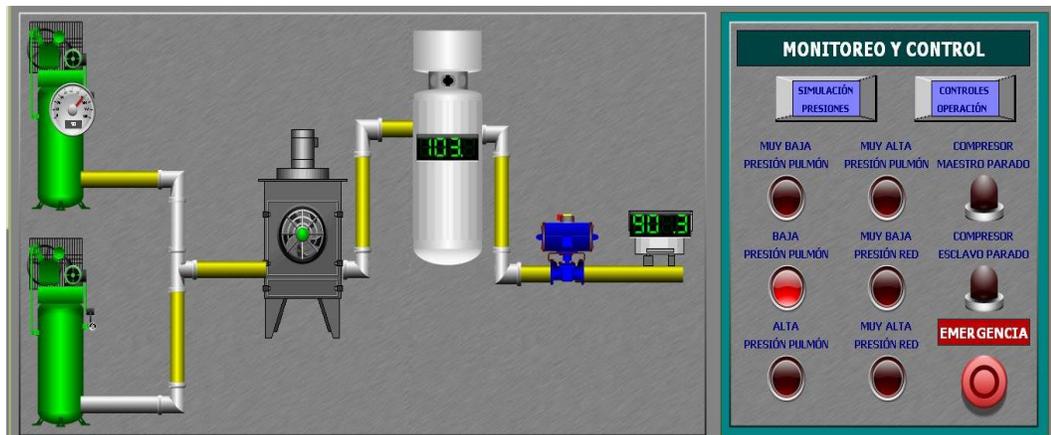


Figura 158. Operación del sistema de aire de instrumentos
Fuente: Imagen obtenida por los autores del proyecto. (2014)

En el sistema de aire de instrumentos el operador contará en la interfaz con controles de arranque parada y señales de operación automática/manual para cada compresor como se muestra en la Figura 159.



Figura 159. Operación manual del sistema de aire de instrumentos
Fuente: Imagen obtenida por los autores del proyecto. (2014)

5.9. Prueba de funcionamiento de Tanque Multipropósito en almacenamiento

Para el desarrollo de las pruebas de funcionamiento del Tanque Multipropósito en el sistema de almacenamiento, se muestra las siguientes condiciones de operación:

La operación principal del tanque en este modo de funcionamiento consiste en realizar el almacenamiento de petróleo y enviar el mismo hacia Sacha Central y Power Oil mediante la apertura y cierre de 2 electroválvulas. En la Figura 160 se muestra la operación de este sistema cuando el nivel de fluido en el tanque cumple ciertas condiciones de nivel.

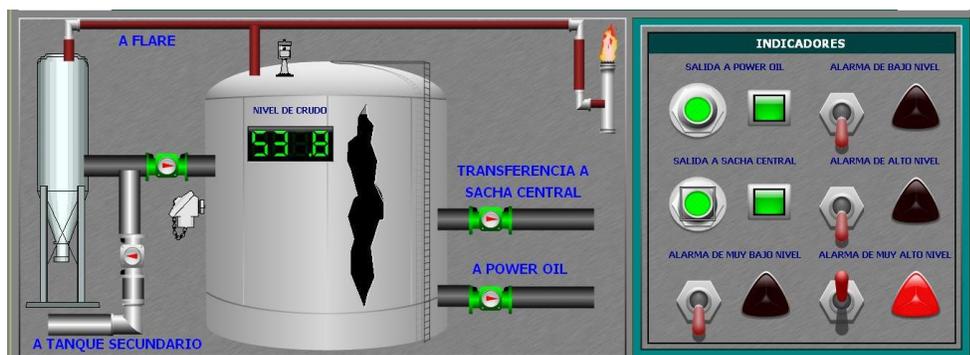


Figura 160. Tanque Multipropósito en almacenamiento de petróleo
Fuente: Imagen obtenida por los autores del proyecto. (2014)

Cuando el tanque Multipropósito presente condiciones de sobrellenado se tendrá como resultado que la válvula de entrada de fluido bloquea el paso del mismo y la válvula de entrada del tanque secundario se abre. Se muestra lo dicho en la Figura 161.

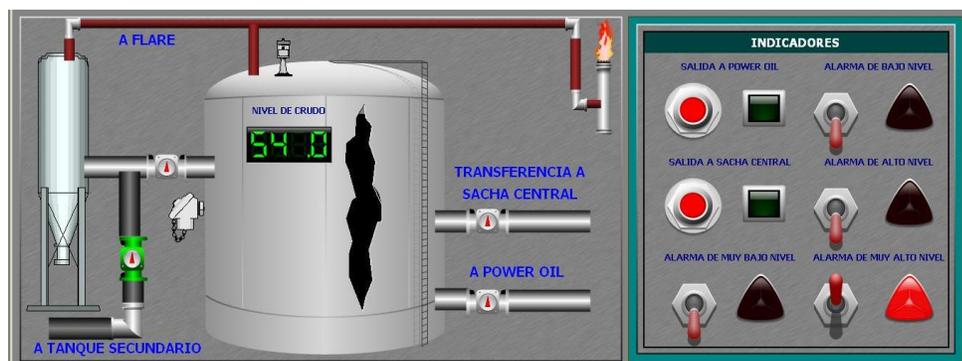


Figura 161. Tanque Multipropósito sobrellenado en almacenamiento
Fuente: Imagen obtenida por los autores del proyecto. (2014)

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones

- El significado de optimización en relación a la mejora de los procesos ha permitido encaminar este trabajo a impulsar la efectividad y eficiencia de los procedimientos realizados en el sistema de deshidratación y almacenamiento del campo Sacha Sur, a través de la innovación garantizando el camino a la competitividad y alcanzando mediante esto los objetivos inicialmente planteados.
- De acuerdo al análisis desarrollado del sistema de deshidratación y almacenamiento de crudo en la estación Sacha Sur, se determinó que la operación y condiciones que se tiene en los diferentes sistemas es desfavorable para un desarrollo normal del proceso, siendo inevitable la producción de fallas en la operación, es así que se logró establecer puntos críticos de funcionamiento y de esta manera fijar las áreas a automatizar.
- A través de la propuesta de automatización del sistema de deshidratación y almacenamiento de crudo, se logró atacar la problemática principal de los sistemas que consiste en la operación manual de los mismos, asegurando una operación segura y confiable de la estación a través de la integración de algoritmos de control, y de la instrumentación adecuada que conlleva un proceso de automatización.
- El desarrollo de un análisis causa y efecto detalla el sistema de seguridad que se tendrá en los nuevos sistemas automatizados, y permite establecer un manejo seguro de las variables que intervienen en el proceso de deshidratación y almacenamiento de crudo.

- Mediante un análisis de las variables a controlar en el proceso de deshidratación y almacenamiento de crudo, se determinó para cada una de ellas la lógica de control que se ajusta a cada comportamiento, debido a que este trabajo no incluye la fase de implementación, se fundamentó este análisis en la literatura de control del Instrumentista Antonio Creus, se logró además establecer que para los procesos que se realizan en la estación Sacha Sur las variables principales a controlar son: caudal, nivel, temperatura y presión.
- Los diagramas P&Id permitieron mostrar mediante una representación gráfica la automatización del proceso de deshidratación y almacenamiento y facilitaron la identificación de la distribución global de los equipos de cada subsistema
- Las simulación de la propuesta de automatización al proceso de deshidratación y almacenamiento de crudo, permitió evaluar la funcionalidad del mismo emulando el ingreso y salida de las variables y señales que intervienen en el sistema, dando excelentes resultados en cuanto a los sistemas de control propuestos para las variables de temperatura, nivel y caudal, y permitiendo tener una imagen visual en lo que se refiere al comportamiento de señales de encendido y apagado de equipos, manejo de alarmas del nuevo sistema automatizado, etc.
- La fase de simulación de la propuesta de automatización del sistema de deshidratación y almacenamiento de crudo demostró que dividir el proceso general de obtención de petróleo en subprocesos permitió determinar un tipo de sistema de control adecuado para cada subsistema, facilitando el control general.

6.2. Recomendaciones

- Se recomienda para la elección de un sistema de control en donde no sea posible conocer el comportamiento de la planta, regirse a literatura del área de instrumentación y control, en donde se pueda establecer un comportamiento general de las variables que se desean controlar.

- De existir una fase de implementación de este proyecto, se recomienda al ingeniero encargado realizar una sintonización adecuada de los controladores, previa una verificación del comportamiento de la planta. Adicionalmente se debe realizar un análisis de las variables que intervienen en el proceso y los límites de funcionamiento del mismo.
- Previo el manejo de la interfaz HMI-SCADA que se desarrolló para este proyecto se recomienda tener un acercamiento al manual de usuario que se encuentra en los archivos Anexos para así poder realizar una mejor operación de la misma.
- Para el desarrollo de este proyecto se han tomado en cuenta normas ISA, API y NEC para evitar en una posible fase de implementación fallas o comportamientos no deseados sin embargo se debe tener en claro que se pueden suscitar en una futura puesta en marcha problemas o cuestiones aleatorias y ajenas a la ingeniería desarrollada, por lo que se recomienda tener un conocimiento profundo del trabajo de ingeniería que se presenta.
- Para efectos de simulación se ha hecho uso de software afines a la programación desarrollada en Ladder como es el programa “SoftLogix 5800” se recomienda previo a la visualización del sistema simulado verificar que los tiempos de configuración de este software sean superiores a 10ms debido a que un tiempo inferior al indicado no permitirá un adecuado comportamiento de la lógica de control.
- Se recomienda que se realice un análisis de Hazop por parte de la empresa previo a cualquier etapa de implementación del nuevo sistema de lavado y almacenamiento de crudo para verificar que el funcionamiento del proceso preste al operario la seguridad requerida según normas de seguridad industrial.
- Se recomienda a la empresa encargada de la operación de la estación Sacha Sur realizar mantenimientos periódicos de los equipos, para de esta manera evitar paros inesperados de la estación, promoviendo de esta manera un mantenimiento preventivo antes que correctivo.

GLOSARIO DE TÉRMINOS

Agua emulsionada.- Es la coexistencia de agua con gotas de crudo.

Agua oleosa.- Líquido que tiene mucho aceite.

Anti escala.- Químico que se utiliza para evitar la precipitación de los Carbonatos de Calcio o de Magnesio que tiene el aguade Formación.

Arresta llamas.- Son dispositivos mecánicos pasivos instalados en la boquilla de un tanque de almacenamiento o en un sistema de tuberías de vapor inflamable que buscan, permitir el paso del vapor en condiciones normales de operación y detener y extinguir cualquier frente de llamas que se propague a través de la mezcla de vapor/aire inflamables en condiciones de emergencia.

Bacterias aeróbicas.- Gérmenes que sólo pueden desarrollarse en ausencia de cantidades significativas de oxígeno (O₂) y bajo condiciones de potenciales (Eh) muy reducidos, por tanto son estrictos en cuanto a sus exigencias de medio ambiente

Baffle.- Placa usada para separar las zonas de gas y de líquido, cuya función es tratar de mantener la superficie del líquido lo menos turbulenta posible, lo cual también facilita la liberación del gas.

Caja de chicanas.- La caja de chicanas consiste en un conjunto de placas metálicas, en donde las partículas chocan, quedan retenidas y se separan por fuerza gravitatoria.

Cavitación.- Efecto hidrodinámico que se produce cuando el agua o cualquier otro fluido en estado líquido pasa a gran velocidad por una arista afilada, produciendo una descompresión del fluido debido a la conservación de la constante de Bernoulli.

Ceras parafínicas.- La cera de parafina se encuentra por lo general como un sólido ceroso, blanco, inodoro, carente de sabor, con un punto de fusión típico entre 47 °C y 64 °C.

Coalescencia.- Sugiere alguna forma de choque (elástico o inelástico) para partículas sólidas o líquidas. Gotas de agua o de petróleo dispersas/os en un medio fluido del cual deben separarse.

Colchón de agua.- Agua en el fondo de un tanque con el propósito de obtener una lectura más precisa del petróleo, o para evitar que éste se escape por roturas de las láminas del piso, o para ayudar al proceso de deshidratación de crudo.

Corte de agua.- Mide las concentraciones relativas de *agua* en el crudo.

Cromatografía.- Es un método físico de separación para la caracterización de mezclas complejas.

Crudo en especificación.- Elemento obtenido, tras haber sido sometido a un proceso de lavado, en la industria petrolera.

Demulsificante.- Es una formulación compleja de solventes y bases, diseñada para atender las necesidades específicas de un pozo petrolero. Estos son los productos químicos utilizados para ayudar a la separación de emulsiones (agua en aceite).

Emulsión.- Una emulsión es una mezcla de líquidos inmiscibles de manera más o menos homogénea. Un líquido (la fase dispersa) es dispersado en otro (la fase continua o fase dispersante). Muchas emulsiones son de aceite/agua.

Estaca de venteo.- Elemento utilizado para la eliminación de gas.

Flares.- Resultado de una quema controlada de gas natural de un pozo -una manera segura de probar el rendimiento de un pozo-. La quema es una práctica común para la industria de petróleo y gas, así como muchas otras industrias.

Flujo laminar.- Movimiento de un fluido cuando éste es ordenado, estratificado, suave. En un flujo laminar el fluido se mueve en láminas paralelas sin entremezclarse y cada partícula de fluido sigue una trayectoria suave, llamada línea de corriente.

Fluido multifásico.- El fluido multifásico es la mezcla de gas libre y de líquido, el gas puede estar mezclado en forma homogénea con el líquido o pueden existir formando un oleaje. El fluido multifásico de gas y líquido, ocurre frecuentemente durante la fase de extracción de petróleo, en el área química y en industrias que guarden relación con dichos parámetros.

Gas de blanketing.- Elemento que busca minimizar la contaminación o la degradación de los productos que podría generarse al ingresar aire en el espacio de vapor del tanque

Inertización.- Es un término técnico que significa "dejar quieto", "dejar inactivo".

Inhibidor de corrosión.- Un inhibidor de corrosión es un compuesto químico que, cuando se añade a un fluido o gas, disminuye la velocidad de corrosión de un metal o aleación.

Parafina.- Es la denominación general que reciben ciertos sólidos formados a partir de una combinación de hidrocarburos.

Pivote.- Es el extremo cilíndrico o puntiagudo de una pieza en el que se apoya o inserta otra, de manera que una pueda girar u oscilar respecto a la otra.

Pulmón de aire.- Dispositivo que almacena aire para suplir las demandas pico superiores a la capacidad del compresor.

Presurizados.- Mantener constante la presión de un espacio cerrado

Rebalse.- Estancamiento de aguas que son corrientes de ordinario.

Reflectometría.- Es una técnica de medición del coeficiente de reflexión y de relación de onda estacionaria (ROE) en líneas de transmisión, obteniendo información sobre distintos parámetros en la medición del nivel de un líquido en un recipiente.

Separador bifásico.- Contenedor que separa los fluidos del pozo en gas y líquido total. El líquido (petróleo, emulsión) sale del recipiente por el fondo a través de una válvula

de control de nivel o de descarga. El gas sale por la parte superior del recipiente y pasa a través de un extractor de niebla para retirar las pequeñas gotas de líquido del gas.

Separador electrostático.- Equipo de deshidratación que consiste en someter la emulsión a un campo eléctrico intenso, generado por la aplicación de un alto voltaje entre dos electrodos.

Separador trifásico.- Recipiente que separa los fluidos del pozo en gas y dos tipos de líquidos: petróleo y agua. Este tipo de separador se denomina separador de agua libre porque su uso principal es retirar el agua libre que podría causar problemas como corrosión y formación de hidratos o emulsiones compactas que son difíciles de descomponer

Scrubber de gas.- Sistema de depuración de la contaminación del aire. Dispositivos de control que se puede utilizar para eliminar algunas partículas y / o gases de escape de las corrientes de la industria.

Shelter.- Sirven como casas de potencia en baja, media y alta tensión en las áreas del sector petrolero y eléctrico, principalmente.

Skid.- Serie de elementos los cuales complementan sus funciones para obtener una medida exacta de la cantidad y la calidad del crudo que fluye a través del mismo

Tiempo de residencia.- Es el tiempo requerido para que un determinado material complete su ciclo de ingreso, permanencia y egreso en un medio permeable

Vaccum.- Conexión al vacío.

Venteo.- El venteo está diseñado para eliminar pequeñas cantidades de gas que se encuentran en el los tanques que contienen crudo.

Venteo atmosférico.- El venteo atmosférico del gas consiste en el no aprovechamiento del gas surgente de un pozo de producción de petróleo, que se quema (tipo antorcha) por motivos de seguridad.

Vertedero.- Es una estructura hidráulica destinada a permitir el pase, libre o controlado, del agua en los deslizamientos superficiales; siendo el aliviadero en exclusiva para el desagüe y no para la medición.

GLOSARIO DE ABREVIATURAS

API.- Instituto Americano del Petróleo

API 12J.- Especificación de petróleo y gas en Separadores.

BBL.- Barril o barriles de crudo o petróleo o de otros líquidos.

BFPD: Barriles de fluido por día.

BOPD.- Barriles de crudo por día.

BS&W.- Agua y sedimentos básicos.

BWPD.- Barriles de agua por día.

CEC.- Código Ecuatoriano De Construcción

InWC.- Pulgadas de columna de agua en Gas de Blanketing

MMSCFD.- Millones de pies cúbicos estándar día

MPa.- Mega pascal

NEC.- Código Eléctrico Nacional

NPS.- Tamaño nominal de tubería

Psia.- Libras por pulgada cuadrada que describen una magnitud de fuerza que actúa sobre un área específica. La "a" en la unidad significa "absoluta", lo que significa que se tiene en cuenta la presión atmosférica.

Psid.- Libras por pulgada cuadrada, diferencial.

Psig.- Mide la presión "relativa" o "manométrica", que toma como cero el valor de la presión atmosférica (14,7 PSIA).

SIL 2.- Nivel de Integridad de Seguridad 2

UBC.- Código Uniforme de Construcción

UPS.- Unidad de potencia ininterrumpible

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abarca, P. (2010). *El ABC de la Automatización*. Obtenido de <http://www.aie.cl>.
- ABB. (2006). *Magnetic Level Gauge Switch*. Obtenido de <http://www.abb.com/abblibrary>
- ABB. (2012). *Manual de instrucciones de funcionamiento KM26*. Obtenido de <http://www05.abb.com>
- Aguirre, E. (2009). *Facilidades de superficie en la industria petrolera*. Obtenido de www.nogales.edu.co
- Ashcroft. (2014). *EI Series Bimetal Thermometers*. Obtenido de <http://www.ashcroft.com>
- Ashcroft. (2014). *Manómetro de Proceso*. Obtenido de <http://ashcroftsudamericana.com/>
- Automation. (2005). *RSLinx, Getting Results Guide*. USA.
- Automation. (2007). *Software de programación serie Enterprise*.
- Benavides, M., & Nuñez, S. (2011). *Estudio técnico económico del tratamiento químico para la deshidratación de crudo en el campo Shushufindi*. Quito: Escuela Politécnica Nacional.
- CCPS. (1992). *Guidelines for Hazard Evaluation Procedures*. Segunda Edición.
- CENELSA. (2010). *Cables para instrumentación y control*.
- Creus, A. (1997). *Instrumentación Industrial*. Alfaomega.
- Dávila, K. (2010). *Tipos de diagramas de procesos*. Obtenido de http://kardauni08.files.wordpress.com/2010/09/diagrama_de_flujo.pdf
- ETSIB. (2010). *Sistemas Secuenciales I*. Departamento de Sistemas y Automática.

- Fisher. (2011). *Types 95L Pressure Reducing Regulators*. Obtenido de <http://www2.emersonprocess.com>
- Fisher. (2012). *Sistema de válvula de control y actuador GX de Fisher*. Obtenido de <http://www.documentation.emersonprocess.com>
- Germanier, M., & Vilaboa, E. (2006). *Instrumentación de separadores de ensayo*.
- Granollers, P., & Ponsa, J. (2010). *Diseño y Automatización Industrial*. Obtenido de <http://www.epsevg.upc.edu>
- Harper, G. (2002). *Elementos de diseño de subestaciones eléctricas*. Limusa.
- HMI-SCADA. (2014). *Mensajería entre Logix 5000*. Obtenido de <http://plc-hmi-scadas.com/>
- HMI-SCADA. (2014). *Primeros pasos con Orchestra*. Obtenido de <http://plc-hmi-scadas.com/>
- HMI-SCADA. (2014). *Servidor OPC DASACIP con SoftLogix*. Obtenido de <http://plc-hmi-scadas.com/>
- HMI-SCADA. (2014). *Tags producidos y consumidos*. Obtenido de <http://plc-hmi-scadas.com/>
- McCROMETER. (2007). *Aspectos técnicos del V-Cone*. Obtenido de <http://www.mccrometer.com>
- Nasamués, S., & Vásquez, F. (2008). *Desarrollo y diseño de las facilidades de producción del campo Culebra – Anaconda*. Quito: Universidad Central del Ecuador.
- NEC. (2006). *Código Nacional Eléctrico*.
- Ogata, K. (2010). *Ingeniería de Control Moderna*. Pearson.

- ORACLE. (2014). *MySQL la base de datos de código abierto*. Obtenido de <http://www.oracle.com/es/products/mysql/overview/index.html>
- Osorio, J., & Vargas, M. (2012). *Control y supervisión de un sistema pick and place neumático a través de un PLC y un sistema SCADA*.
- RÍO NAPO. (2014). *Evaluación del tanque lavador y tanque de almacenamiento (INF-004)*. Quito.
- RÍO NAPO. (2014). *Informe de Relevamiento del Campo Sacha Sur (INF-002)*. Quito.
- RÍO NAPO. (2014). *Plan de trabajo (INF-10)*. Quito.
- Rockwell Automation. (2014). *PowerFlex70*. Obtenido de <http://www.rockwellautomation.com>
- Rosemount. (2011). *Hoja de datos del producto Rosemount 3051*. Obtenido de <http://www2.emersonprocess.com>
- Rosemount. (2011). *Transmisor de presión Rosemount 3051*. Obtenido de <http://www2.emersonprocess.com>
- Rosemount. (2012). *Elemento primario compacto Rosemount 405*. Obtenido de <http://www2.emersonprocess.com>
- Rosemount. (2014). *Guía de inicio rápido de transmisor de temperatura*. Obtenido de <http://www2.emersonprocess.com>
- Rosemount. (2014). *Transmisor de radar de onda guiada*. Obtenido de <http://www2.emersonprocess.com>
- Samson. (2005). *Válvula de accionamiento neumático*. Obtenido de <http://www.samson.cl>
- Sierra, M. (2006). *Diseño y conceptos de base de datos*. Obtenido de <http://aprenderaprogramar.com>

TFC. (2012). *Transcend Flow Control*. Obtenido de Válvula de retención de disco oblicuo: <http://tfcchina.com>

Villamizar, J. (2011). Separadores de la industria petrolera. *SENA*.

Viñan, M. (2013). Diseño e implementación de un sistema de control para operación automática de separadores de petróleo trifásicos. Escuela Politécnica Nacional.

WIKA. (2014). *Mechanical Pressure Measurement*. Obtenido de <http://www.wika.us>

Wonderware. (2009). *Intouch HMI*. Obtenido de <http://www.wonderware.com>

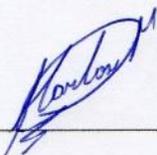
Wonderware. (2010). *HMI-SCADA*. Obtenido de <http://www.wonderware.com>

ACTA DE ENTREGA

El proyecto fue entregado al Departamento de Eléctrica y Electrónica y reposa en la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE, desde:

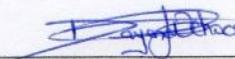
Sangolquí, 18 - DICIEMBRE de 2014.

ELABORADO POR:



Carlos Eduardo Mendoza Terán

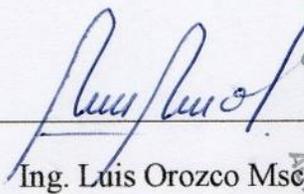
CI: 1003066188



Dayana Carolina Ochoa Fierro

CI: 0202142964

AUTORIDAD



Ing. Luis Orozco Msc.



DIRECTOR DE LA CARRERA DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA,
AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL