

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE LIMPIEZA A ALTA PRESIÓN
PARA UNA EMPRESA PRODUCTORA DE REFRESCOS Y DE
AGUA MINERAL**

Presentado ante la Ilustre
Universidad Central de Venezuela
por el Bachiller:
Guzmán G. José R.
Para Optar al Título de
Ingeniero Mecánico

Caracas, 2.005

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

DISEÑO DE UN SISTEMA DE LIMPIEZA A ALTA PRESIÓN PARA UNA EMPRESA PRODUCTORA DE REFRESCOS Y DE AGUA MINERAL

Tutor Académico: Prof. Pietersz, Frank

Tutor Industrial: Ing. Hernández, Robert

Presentado ante la Ilustre
Universidad Central de Venezuela
por el Bachiller:
Guzmán G. José R.
Para Optar al Título de
Ingeniero Mecánico

Caracas, 2.005


Caracas, 10 de noviembre de 2.005

ACTA


Los abajo firmantes, miembros del jurado por el Consejo de Escuela de Ingeniería Mecánica, para evaluar el Trabajo Especial de Grado presentado por los bachilleres: GUZMAN GUILLEN JOSE RAFAEL.


" DISEÑO DE UN SISTEMA DE LIMPIEZA A ALTA PRESION PARA UNA EMPRESA PRODUCTORA DE REFRESCOS Y DE AGUA MINERAL ".

Consideran que el mismo cumple con los requisitos exigidos por el plan de estudio conducente al Título de Ingeniero Mecánico.


Prof. Jose Luis Perera
Jurado




Prof. Rodolfo Berrios
Jurado


Prof. Frank Pietersz
Tutor

RESUMEN

Guzmán G. José R.

DISEÑO DE UN SISTEMA DE LIMPIEZA A ALTA PRESIÓN PARA UNA EMPRESA PRODUCTORA DE REFRESCOS Y DE AGUA MINERAL

**Tutor Académico: Prof. Frank Pietersz. Tutor Industrial: Ing. Robert
Hernández. Tesis. Caracas, U.C.V. Ingeniería Mecánica. 2.005. 182 Páginas.**

PALABRAS CLAVES: ALTA PRESIÓN, PRODUCTIVIDAD, HIDROJET.

En el presente trabajo se diseñó un Sistema de Limpieza de Alta Presión para la empresa Pepsi-Cola de Venezuela C.A. Planta San Pedro, seleccionando los dispositivos necesarios para su adecuado funcionamiento (bombas, tuberías, mangueras, boquillas, válvulas, regulador de presión, amortiguador de pulsaciones) y diseñando el hidrojete.

A través de un proceso de diseño, se calificaron distintas alternativas de solución, y se seleccionó la opción más favorable al caso de estudio. El diseño se basó en los requisitos exigidos por la Empresa, tales como: Aceptabilidad por parte del usuario, Controles de fácil ubicación y manipulación, Costos, Ergonomía, Funcionalidad, Larga vida, Mantenibilidad, Materiales a utilizar, Peso, Resistencia al desgaste, Seguridad, Sencillez de fabricación, Sencillez de manipulación, y otros.

Mediante la aplicación de este diseño, se estima disminuir al mínimo los tiempos de parada de las líneas de producción por motivo de la limpieza, reducir la cantidad de agua utilizada en la limpieza, mermar la cantidad de productos químicos utilizados en el saneamiento, aumentar la cantidad de cajas producidas e incrementar los valores de productividad de todas las líneas de producción, y por consiguiente de la planta.

AGRADECIMIENTOS

Me gustaría agradecerle primeramente a Dios por obsequiarme la vida y por las ilimitadas razones que hacen de ella única.

A la Universidad Central de Venezuela (UCV) por darme la oportunidad de permanecer cinco años dentro de ella y por enseñarme muchísimas cosas. Al Prof. Pietersz, por su paciencia, disponibilidad y por aportarme parte de sus conocimientos.

A todo el personal de la Planta San Pedro, comenzando por el departamento de Recursos Humanos (Carmen López, Manuel Sánchez) por haber creído en mí y por darme la oportunidad de realizar la pasantía en esta prestigiosa empresa. Al departamento de Calidad (Ana Luzardo, Juan Bravo, Janeth Umbría, Edelmira Peña, Jerry Abache, Marvin Morales) por todas sus enseñanzas en las áreas microbiológicas y de limpieza. A las contratistas que tanto me ayudaron y apoyaron, como: Sodexo (Carolina, Mariana, Francisco, Andrés, Jairo, Monterrey, Dimas, González), Monser (Gabriela, Liefer, Pollo), Oropeza, PPJ y JM Castillo. Y finalmente a mis compañeros de los Departamentos de Mantenimiento y Producción (Mathiew, Andrés, Juan Carlos, Ismael, Carlos Hernández, Amorín, Pacheco, Isbeny, Luisana, Roque, Sabogal, Ursula, Edgar, Jessica, Josué, Iván, Alexis). Y un agradecimiento especial al Ing. Robert Hernández, por sus acertados y oportuno consejos durante todo el período de pasantía, al Ing. José Veiga por sus enseñanzas y experiencias compartidas, y al Ing. Juan Seijas, por la oportunidad de permanecer 5 meses en su empresa, y por enseñarme algo cada vez que tenía el privilegio de conversar con él.

Y por último, pero no menos importante, a mi familia (a mi mamá especialmente, a mi papá y a mi hermana por prestarme su computadora) y amigos (Erika por su incansable entusiasmo, a Honorio por los cálculos, y a Bam Bam, Joan y Eduardo).

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
Introducción.....	17
Capítulo I:.....	19
1.1- Planteamiento del Problema.....	19
1.2- Objetivos.....	21
1.2.1- Objetivo General.....	21
1.2.2- Objetivos Específicos.....	21
Capítulo II: Descripción de la Empresa.....	23
2.1- Visión, Misión y Valores de Empresas Polar.....	23
2.2- Historia de la Planta San Pedro.....	25
2.3- Objetivos de la Planta San Pedro.....	27
2.4- Estructura Organizativa de la Planta San Pedro.....	28
2.5- Descripción del Proceso de Captación de Agua de Pozo.....	30
2.6- Descripción del Proceso de Captación de Agua de Manantial.....	32
2.7- Descripción del Proceso de Envasado.....	38
2.7.1- Línea de Producción 1.....	38
2.7.2- Línea de Producción 2.....	39
2.7.3- Línea de Producción 3.....	41
2.7.4- Línea de Producción 4.....	42
2.7.5- Línea de Producción 5.....	48
Capítulo III: Marco Teórico.....	50
3.1- Sistemas de Limpieza de Alta Presión.....	50
3.1.1- Accesorios.....	52
3.2- Bombas Centrífugas y de Desplazamiento Positivo.....	55
3.3- Bombas de Desplazamiento Positivo.....	56
3.3.1- Diferencias con las Bombas Centrífugas.....	56
3.3.2- Ventajas.....	58

	Pág.
3.3.3- Clasificación.....	58
3.3.4- Bombas Reciprocantes.....	60
3.3.4.1- Clasificación.....	60
3.3.4.2- Razones para utilizarlas.....	60
3.3.4.3- Componentes.....	61
3.3.4.3.1- Extremo Líquido.....	61
3.3.4.3.2- Extremo de Potencia.....	62
3.3.4.4- Velocidad.....	63
3.4- Principio del Desplazamiento Positivo.....	64
3.5- Eficiencia Mecánica.....	66
3.6- Cavitación.....	67
3.7- Carga de Aceleración.....	68
3.8- Tuberías de Succión y Descarga.....	69
3.9- Altura Dinámica Total de la Bomba.....	70
3.10- Pérdidas de Energía en una Conducción.....	71
3.11- Válvulas.....	75
3.12- Golpe de Ariete.....	77
3.13- Amortiguador de Pulsaciones.....	78
3.14- Diseño del Sistema.....	81
3.15- GAP.....	82
Capítulo IV: Metodología Utilizada.....	85
4.1- Diseño de Investigación.....	85
4.2- Población y Muestra.....	85
4.3- Técnicas de Recolección de Datos.....	86
4.4- Instrumentos de Recolección de Datos.....	89
4.5- Proceso de Diseño.....	91
4.5.1- Formulación del Problema.....	91
4.5.2- Análisis del Problema.....	92

	Pág.
4.5.3- Búsqueda de Alternativas.....	97
4.5.4- Evaluación de Alternativas.....	99
4.5.5- Especificación de la Solución Seleccionada.....	103
4.6- Proceso de Selección.....	111
4.6.1- Bomba.....	111
4.6.2- Tuberías.....	114
4.6.3- Mangueras.....	115
4.6.4- Válvulas.....	116
4.6.4.1- Alivio o de Seguridad.....	116
4.6.4.2- Compuerta.....	116
4.6.5- Amortiguador de Pulsaciones.....	117
4.6.6- Otros.....	118
4.6.6.1- Manómetro.....	118
4.6.6.2- Regulador de Presión.....	119
4.6.6.3- Codos y Tee.....	120
4.7- Proceso de Estimaciones.....	122
4.7.1- Estimación de un Cambio en la Cantidad de Agua utilizada durante el proceso de Limpieza.....	122
4.7.2- Estimación de un Cambio en la Cantidad de Productos Químicos utilizados durante el proceso de Limpieza.....	123
4.7.3- Estimación de un Cambio en los Tiempos de Parada de las Líneas de Producción por motivo de la Limpieza.....	124
4.7.4- Estimación de un Cambio en la Productividad de la Planta.....	127
4.8- Cálculos Realizados.....	129
4.9- Limitaciones.....	148
Capítulo V: Aspectos Administrativos.....	149
5.1- Recursos Disponibles.....	149

	Pág.
5.1.1- Recursos Humanos.....	149
5.1.2- Recursos Materiales.....	149
5.1.3- Recursos Financieros.....	149
5.1.4- Recursos Bibliográficos.....	150
5.2- Cronograma de Actividades.....	150
Capítulo VI: Conclusiones y Recomendaciones.....	152
6.1- Conclusiones.....	152
6.2- Recomendaciones.....	154
6.3- Apéndices.....	155
6.3.1- Presupuestos Recibidos.....	156
6.3.2- Tablas Utilizadas.....	163
6.3.3- Guía de Entrevista.....	165
6.3.4- Productos Químicos Utilizados en la Limpieza y Desinfección.....	166
6.4- Abreviaturas y Símbolos.....	169
6.5- Glosario de Términos.....	173
6.6- Bibliografía.....	175
6.7- Anexos.....	179

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 2.1. Organigrama de la Planta San Pedro.....	29
Figura 2.2. Organigrama del departamento de Mantenimiento.....	29
Figura 2.3. Tanque de Almacenamiento del Agua de Pozo.....	30
Figura 2.4. Tanque Hidroneumático.....	30
Figura 2.5. Filtro de Arena.....	30
Figura 2.6. Filtro de Manga.....	30
Figura 2.7. Filtro de Osmosis Inversa.....	31
Figura 2.8. Filtro de Carbón.....	31
Figura 2.9. Filtro de Cartuchos Pulidores.....	31
Figura 2.10. Lámparas UV.....	31
Figura 2.11. Descripción del proceso de captación de Agua de Pozo.....	31
Figuras 2.12, 2.13 y 2.14. Algunos de los Manantiales de la Planta San Pedro.....	32
Figura 2.15 Tanque Recolector.....	32
Figura 2.16. Tanque Buffer.....	32
Figura 2.17. Tanques de Acero Inoxidable.....	33
Figura 2.18. Descripción del proceso de captación de Agua de Manantial.....	33
Figura 2.19. Descripción del proceso de cada una de las Líneas de Producción.....	37
Figura 2.20. Llenadora de Línea 1.....	38
Figura 2.21. Tapadora de Línea 1.....	38
Figura 2.22. Horno de Línea 1.....	39
Figura 2.23. Llenadora de Línea 2.....	40
Figura 2.24. Tapadora de Línea 2.....	40
Figura 2.25. Horno de Línea 2.....	41
Figura 2.26. Llenadora de Línea 3.....	41
Figura 2.27. Horno de Línea 3.....	42
Figura 2.28. Depaletizador de Línea 4.....	44
Figura 2.29. Rinser.....	44

	Pág.
Figura 2.30. Llenadora de Línea 4.....	44
Figura 2.31. Tapadora de Línea 4.....	44
Figura 2.32. Encajonadora de Línea 4.....	45
Figura 2.33. Funcionamiento de la Línea 4.....	47
Figura 2.34. Llenadora-Tapadora de Línea 5.....	48
Figura 2.35. Tirradora de Línea 5.....	49
Figuras 3.1 y 3.2. Diferentes aplicaciones de los sistemas de limpieza a alta Presión.....	50
Figura 3.3. Lanza flexible.....	52
Figura 3.4. Boquilla tipo cepillo.....	52
Figura 3.5. Boquillas de acero inoxidable.....	53
Figura 3.6. Prolongadores de lanza.....	53
Figura 3.7. Cepillo giratorio.....	54
Figura 3.8. Tobera triple.....	54
Figuras 3.9 y 3.10. Carros de transporte para sistemas de limpieza de alta presión....	54
Figura 3.11. Manguera.....	54
Figuras 3.12 y 3.13. Diferentes tipos de empuñaduras.....	55
Figura 3.14. Depósito de aceite.....	55
Figura 3.15. Clasificación de las bombas reciprocantes.....	60
Figuras 3.16 y 3.17. Diferentes aplicaciones de las bombas reciprocantes.....	61
Figura 3.18. Pistón. Componente del extremo líquido de bombas reciprocantes.....	62
Figura 3.19. Válvulas. Componente del extremo líquido para bombas reciprocantes.....	62
Figura 3.20. Cigüeñal.....	62
Figura 3.21. Biela.....	63
Figura 3.22. Cojinetes.....	63
Figura 3.23. Curvas de flujo para bombas reciprocantes de tres pistones.....	64
Figura 3.24. Cilindro-Pistón de una bomba de desplazamiento positivo.....	65

Figura 3.25. Diagrama de Moody.....	74
Figura 3.26. Sistemas de tuberías ramificadas, con el flujo impulsado por una Bomba.....	74
Figura 3.27. Válvula reguladora de presión.....	75
Figura 3.28. Válvulas de regulación.....	76
Figura 3.29. Válvulas de retención.....	76
Figura 3.30. Válvula de seguridad.....	76
Figura 3.31. Válvula de retención.....	77
Figuras 3.32 y 3.33. Cámara de aire.....	78
Figura 3.34. Sistema con amortiguador de pulsaciones.....	80
Figura 4.1. Árbol de objetivos del hidrojet.....	91
Figuras 4.2 y 4.3. T Jr. Foamer.....	94
Figuras 4.4, 4.5 y 4.6. Detergente aplicado por el T Jr. Foamer.....	94
Figuras 4.7 y 4.8. Caudal y Presión actual de las mangueras de la limpieza.....	95
Figura 4.9. Ubicación y longitud actual de las mangueras para la limpieza Mecánica.....	95
Figura 4.10. Hidrojet-A.....	97
Figura 4.11. Hidrojet-B.....	97
Figura 4.12. Hidrojet-C.....	98
Figura 4.13. Hidrojet-D.....	98
Figura 4.14. Hidrojet-E.....	98
Figura 4.15. Hidrojet-F.....	99
Figura 4.16. Plano del hidrojet.....	103
Figura 4.17. Forma final del hidrojet.....	104
Figura 4.18. Válvulas de Bola.....	104
Figura 4.19. Boquillas.....	104
Figura 4.20. Hidrojet comercial.....	106

Figura 4.21. Plano de la Planta San Pedro con la ubicación que tendrá la bomba, los hidrojets, y la longitud de sus mangueras.....	107
Figuras 4.22 y 4.23. Limpieza del horno.....	108
Figuras 4.24 y 4.25. Limpieza de las cintas transportadoras.....	109
Figuras 4.26 y 4.27. Limpieza de las cortinas.....	109
Figuras 4.28, 4.29 y 4.30. Limpieza de las ventanas.....	109
Figuras 4.31 y 4.32. Limpieza del piso.....	109
Figuras 4.33 y 4.34. Limpieza de las paredes.....	110
Figura 4.35. Plano de la Planta San Pedro con la ubicación que tendrá cada hidrojete, de acuerdo a ambos subsistemas.....	111
Figura 4.36. Bomba de tres pistones verticales.....	112
Figuras 4.37 y 4.38. Sala de compresores, lugar de colocación de la bomba.....	113
Figuras 4.39 y 4.40. Tubería de succión de la bomba.....	113
Figura 4.41. Brida P.....	114
Figura 4.42. Manguera de alta presión con malla interna.....	115
Figura 4.43. Válvula de alivio o seguridad.....	116
Figuras 4.44 y 4.45. Válvulas de compuerta.....	117
Figuras 4.46 y 4.47. Amortiguador de pulsaciones.....	117
Figura 4.48. Manómetro.....	118
Figura 4.49. Regulador de presión.....	119
Figura 4.50. Disposición de los equipos cercanos a la bomba de pistones.....	120
Figura 4.51. Hidrolimpiadora.....	122
Figura 4.52. Comparación de tres tipos de limpieza de alta presión.....	125
Figura 4.53. Diagrama de distribución de los hidrojets.....	133
Figura 6.1. Constancia de realización de pasantía en la Empresa Pepsi-Cola de Venezuela C.A. Planta San Pedro (Apéndice 1).....	155
Figura 6.2. Cotización del amortiguador de pulsaciones y el hidrojete. (Apéndice 2).....	156

Figura 6.3. Cotización de las boquillas. (Apéndice 3).....	157
Figura 6.4. Cotización de la válvula de compuerta, válvula de bola y regulador de presión. (Apéndice 4).....	158
Figura 6.5. Cotización de la bomba. (Apéndice 5).....	159
Figura 6.6. Cotización de la Tubería, Codo y Tee. (Apéndice 6).....	160
Figura 6.7. Cotización de la válvula de seguridad y el manómetro. (Apéndice 7)...	161
Figura 6.8. Cotización de la máquina hidrolimpiadora. (Apéndice 8).....	162
Figura 6.9. Criterios para la eficacia de un Limpiador de Alta Presión (Anexo 1)...	179
Figura 6.10. Logo de la Empresa Minalba (Anexo 2).....	179
Figura 6.11. Diversas Presentaciones de los productos creados en la Planta San Pedro (Anexo 3).....	180
Figuras 6.12 y 6.13, Manguera de Limpieza de la Planta San Pedro (Anexos 4 y 5).....	180
Figuras 6.14, 6.15. Limpieza con Detergente de la Planta San Pedro (Anexos 6 y 7).....	180
Figuras 6.16 y 6.17. Limpieza con Detergente de la Planta San Pedro (Anexos 8 y 9).....	180
Figura 6.18. Limpieza con la Manguera de la Planta San Pedro (Anexo 10).....	181

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 2.1. Descripción del proceso de cada una de las líneas de producción.....	34
Tabla 2.2. Receta de productos de la Línea 4 (Nota de Materiales).....	46
Tabla 3.1. Efecto del número de pistones en la variación del caudal.....	64
Tabla 3.2. Cajas posibles por cada Línea de Producción en cada turno de Trabajo...	84
Tabla 4.1. Tiempos de limpieza de la Planta San Pedro.....	96
Tabla 4.2. Matriz de evaluación.....	102
Tabla 4.3. Tabla para seleccionar las boquillas.....	105
Tabla 4.4. Especificaciones técnicas de la boquilla.....	105
Tabla 4.5. Especificaciones técnicas de la válvula de bola.....	106
Tabla 4.6. Lista de partes del hidrojet.....	106
Tabla 4.7. Especificaciones técnicas de un hidrojet comercial.....	106
Tabla 4.8. Lugares que limpiará cada hidrojet.....	108
Tabla 4.9. Especificaciones técnicas de la bomba.....	113
Tabla 4.10. Especificaciones técnicas de las tuberías.....	114
Tabla 4.11. Especificaciones técnicas de las mangueras.....	115
Tabla 4.12. Especificaciones técnicas de la válvula de alivio o seguridad.....	116
Tabla 4.13. Especificaciones técnicas de la válvula de compuerta.....	117
Tabla 4.14. Especificaciones Técnicas del Amortiguador de Pulsaciones.....	118
Tabla 4.15. Especificaciones técnicas del manómetro.....	119
Tabla 4.16. Especificaciones técnicas del regulador de presión.....	119
Tabla 4.17. Especificaciones técnicas de los codos y tee.....	120
Tabla 4.18. Costo total aproximado del sistema de limpieza a alta presión.....	121
Tabla 4.19. Presupuesto de una hidrolimpiadora.....	121
Tabla 4.20. Cláusulas cambiarias que se utilizaron en todos los presupuestos.....	122
Tabla 4.21. Comparación entre la limpieza actual de la Planta San Pedro, y el sistema de limpieza propuesto.....	122

Tabla 4.22. Cantidad de productos químicos utilizados actualmente en la limpieza mecánica de la Planta San Pedro.....	123
Tabla 4.23. Cantidad de productos químicos estimados para la limpieza mecánica de la Planta San Pedro al implementar el sistema de limpieza de alta Presión.....	124
Tabla 4.24. Comparación de tres tipos de limpieza, con diferentes valores de caudal y presión.....	125
Tabla 4.25. Comparación de tres tipos de Limpieza, con diferentes valores de caudal y presión, para la misma cantidad de área limpiada.....	125
Tabla 4.26. Tiempo actual y estimado de la limpieza corta de la Planta San Pedro.	126
Tabla 4.27. Tiempo actual y estimado de la limpieza larga de la Planta San Pedro.	126
Tabla 4.28. Tiempo actual y estimado de la limpieza de la línea 4 de la Planta San Pedro.....	126
Tabla 4.29. Cajas extras estimadas en cada limpieza por la implementación del Sistema de Limpieza a Alta Presión.....	127
Tabla 4.30. Valores de productividad estimados para cada línea de producción por la implementación del sistema de limpieza a alta presión.....	128
Tabla 4.31. Ganancia estimada por cada línea de producción después de implementar el sistema de limpieza a alta presión.....	128
Tabla 4.32. Datos.....	129
Tabla 4.33. Cálculo del caudal y la velocidad del fluido en cada segmento de tubería del Sub-sistema 1.....	142
Tabla 4.34. Cálculo de la presión y la carga total para cada nodo del Sub-sistema 1.....	143
Tabla 4.35. Cálculo del caudal y la velocidad del fluido en cada segmento de tubería del Sub-sistema 2.....	143
Tabla 4.36. Cálculo de la presión y la carga total para cada nodo del Sub-sistema 2.....	143
Tabla 4.37. Pérdidas en la tubería de succión de la bomba.....	144

Tabla 4.38. Pérdidas en la tubería de descarga de la bomba para el Sub-sistema 1..	144
Tabla 4.39. Pérdidas en la tubería de descarga de la bomba para el Sub-sistema 2..	144
Tabla 5.1. Diagrama de Gantt.....	150
Tabla 6.1. Propiedades del agua. Mecánica de Fluidos (Apéndice 9).....	163
Tabla 6.2. Esfuerzos básicos permisibles a la tracción para metales. (Apéndice 10).....	163
Tabla 6.3. Valores de y . (Apéndice 11).....	164
Tabla 6.4. Propiedades mecánicas nominales de aceros inoxidables AISI. (Apéndice 12).....	164
Tabla 6.13. Valores de K . (Apéndice 13).....	165

INTRODUCCIÓN

El presente Trabajo Especial de Grado muestra el diseño de un sistema de limpieza a alta presión para la empresa Pepsi-Cola de Venezuela C.A., el cual se realizará diseñando el hidrojete y seleccionando los dispositivos necesarios para su funcionamiento (bombas, tuberías, válvulas, amortiguador de pulsaciones, mangueras, boquillas, regulador de presión)

En la actualidad, la Planta San Pedro posee varios tipos de limpieza; las cuales tienen una duración entre 90 y 240 minutos. Este tiempo utilizado en la limpieza influye notablemente en los valores de productividad de la planta, debido a que cuando los operadores realizan el saneamiento de las líneas, estas deben detener su funcionamiento. El objetivo principal del presente trabajo es diseñar un sistema de limpieza, mediante el cual se puedan disminuir los tiempos de parada de las líneas por motivo de la limpieza, para que se produzcan una mayor cantidad de cajas y por ende aumente la productividad de la planta. Para cumplir con este objetivo fue necesario permanecer cinco meses en Planta San Pedro, realizando entrevistas no estructuradas a los operadores para conocer su opinión acerca de la limpieza actual, y participando directamente en las actividades de producción. A continuación se muestra una breve descripción, de los capítulos que verán más adelante:

- Capítulo I: Contiene el Planteamiento del Problema, y los Objetivos del presente Trabajo especial de Grado.
- Capítulo II: Descripción de la empresa, presenta la visión, misión, y valores de Empresas Polar, así como también una breve reseña histórica, objetivos, organigramas y el proceso de producción de la Planta San Pedro de Pepsi-Cola de Venezuela C.A.
- Capítulo III: Marco teórico, muestra una serie de conceptos e ideas básicas para el mejor entendimiento de la problemática a estudiar.

- Capítulo IV: Metodología utilizada, contiene el diseño de investigación, población y muestra, técnicas e instrumentos de recolección de datos, proceso de diseño, proceso de selección, cálculos realizados y las limitaciones encontradas en la elaboración del presente trabajo.

- Capítulo V: Aspectos administrativos, incluye los recursos humanos, materiales, financieros y bibliográficos con los que se cuenta para elaborar el trabajo, así como también el cronograma de actividades.

- Capítulo VI: Muestra las conclusiones y recomendaciones a las que se llegó al finalizar el trabajo, además del apéndice, abreviaturas y símbolos, glosario de términos, bibliografía y anexos.

CAPITULO I

1.1- Planteamiento del Problema

Competitividad, eficiencia y productividad son conceptos fundamentales que toda empresa debe manejar para poder ser exitosa, crecer y desarrollarse en el mercado. Una manera para lograr alcanzar niveles de competitividad y productividad óptimos y mantenerlos es, según coinciden muchas opiniones, el mejoramiento continuo.

Las actividades de limpieza y desinfección son primordiales para las empresas que elaboran productos para el consumo humano. En el caso de las empresas embotelladoras de agua, la limpieza es una actividad tan importante como la producción, ya que es la única forma de asegurar la calidad del producto. Por lo que siempre se encuentran en la necesidad de crear y cambiar sistemas y programas de limpieza que aseguren la efectividad, y rapidez de las mismas. Una de las principales metas que tiene la Planta San Pedro, es implementar un sistema de limpieza que funcione con alta presión, y de esta manera poder aumentar su productividad.

Hace aproximadamente un año la Empresa Pepsi-Cola de Venezuela C.A. Planta San Pedro adquirió un par de hidrojets para realizar la limpieza de sus líneas de producción, pero dichos aparatos no cumplieron con las exigencias requeridas debido a que presentaron numerosas fallas, principalmente por la baja calidad del producto y por el mal uso que le dieron los operadores. Vale resaltar que dichos hidrojets funcionaron correctamente sólo una semana.

Algunas de las Plantas de Empresas Polar, que han adquiridos sistemas de limpieza de alta presión y/o hidrojets de diversas compañías, han manifestado en parte su descontento con este tipo de equipos; debido a su alto costo y poca resistencia. Por esta razón la Planta San Pedro se ha visto en la necesidad de diseñar su propio Sistema de Limpieza de Alta Presión, seleccionando la mayor cantidad de

los productos y diseñando los hidrojets, de manera tal que sean resistentes, económicos y que se puedan construir en la misma planta.

En la actualidad, la Planta San Pedro posee un método de limpieza poco eficiente; debido a que produce grandes problemas e inconvenientes al momento de realizarse, estas dificultades básicamente son ocasionadas por el considerable tamaño que poseen las líneas de producción, la poca efectividad de las herramientas con que cuentan para realizar la limpieza, la escasa cantidad de operadores que la realizan y por lo complejo de la misma; a la larga todas estas variables influyen en un apreciable aumento del tiempo de parada de las máquinas y obviamente en una disminución de la producción.

El presente trabajo consiste en diseñar un sistema de limpieza que trabaje con alta presión, cuya función principal sea limpiar los lugares críticos de la planta (líneas de producción, cintas transportadoras, llenadoras, posicionadoras, silos, tolvas, techos, paredes y pisos), garantizando óptimas condiciones sanitarias y de funcionamiento, evitando así la contaminación de los equipos y de los elementos que intervienen en el proceso de elaboración de la Pepsi y del agua mineral Minalba. Este sistema se realizará diseñando el hidrojete y seleccionando el resto de dispositivos a utilizar (bomba, tuberías, mangueras, válvulas, acumulador de presión, boquillas, etc.) de acuerdo a las necesidades de la planta. Dicho sistema funcionará con agua, y manejará una presión de 5 MPa y un caudal de $0,8 \frac{lt}{seg}$ aproximadamente. Los

beneficios que tendrá la empresa al implantar este diseño son: disminuir los tiempos de la limpieza, aumentar la eficiencia de la misma, disminuir en gran medida la cantidad de agua y de productos químicos (detergentes) que se utilizan, aminorar los costos relativos a la limpieza, aumentar la capacidad de limpiar en lugares críticos, y aumentar la productividad de las líneas de producción, entre otros.

1.2- Objetivos

1.2.1- Objetivo General

- Diseñar un Sistema de Limpieza a Alta Presión para la Empresa Pepsi-Cola de Venezuela C.A. Planta San Pedro.

1.2.2- Objetivos Específicos

- Seleccionar las Bombas a utilizar de acuerdo a un Análisis de Costo y a las Necesidades de la Planta.
- Seleccionar las Tuberías a emplear de acuerdo a un Análisis de Costo y a las Necesidades de la Planta.
- Seleccionar las Válvulas a utilizar.
- Seleccionar las Mangueras que llevarán los Hidrojets.
- Seleccionar el Acumulador de Presión.
- Diseñar los Hidrojets para el Sistema de Limpieza a Alta Presión.
- Elaborar los Planos del Hidrojet
- Estimar un Cambio relevante en los Tiempos de paradas de todas las Líneas de Producción por motivo de la Limpieza.
- Estimar un Cambio en la cantidad de Agua utilizada para la Limpieza de las Líneas de Producción.

- Estimar un Cambio en la cantidad de Productos Químicos (Detergentes) utilizados para la Limpieza de las Líneas de Producción.

- Estimar un Cambio en la Productividad de la Planta.

CAPITULO II: DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

2.1- Visión, Misión y Valores de Empresas Polar

Visión: Seremos los líderes en el mercado de bebidas no alcohólicas en Venezuela, desarrollaremos un portafolio de marcas líderes, así como de sistemas comerciales y de información que nos permitan llevar consistentemente a la totalidad de los puntos de venta todos nuestros productos, siendo reconocidos como una empresa que brinda el mejor servicio a sus clientes. Contaremos con una nueva organización orientada al mercado, que promueva la generación y difusión del conocimiento en las áreas comerciales, tecnológicas y gerenciales. Seleccionaremos y capacitaremos a nuestro personal con el fin de alcanzar los perfiles requeridos, lograremos su pleno compromiso con los valores de Empresas Polar y le ofreceremos las mejores oportunidades de desarrollo.

Misión: Satisfacer las necesidades de los consumidores, compañías vendedoras, concesionarios, distribuidores, accionistas, trabajadores y suplidores, a través de nuestros productos y la gestión de nuestros negocios, garantizando los más altos estándares de calidad, eficiencia y competitividad, con la mejor relación precio-valor, alta rentabilidad y crecimiento sostenido, contribuyendo con el mejoramiento de la calidad de vida de la comunidad y el desarrollo del país.

Valores:

- Orientación al Mercado: Satisfacer las necesidades de nuestros consumidores y clientes de manera consistente.
- Orientación a Resultados y Eficiencia: Somos consistentes en el cumplimiento de nuestros objetivos, al menor costo posible.

- Agilidad y Flexibilidad: Actuamos oportunamente ante los cambios del entorno, siempre guiados por nuestra visión, misión y valores.
- Innovación: Tenemos una actitud proactiva ante la generación de nuevas tecnologías y productos. Poseemos la disposición a aprender, gerenciar y difundir el conocimiento.
- Trabajo en Equipo: Fomentamos la integración de equipos con el propósito de alcanzar metas comunes.
- Reconocimiento Continuo al Logro y la Excelencia: Fomentamos y reconocemos constantemente entre nuestros trabajadores la excelencia y la orientación al logro.
- Oportunidades de Empleo sin Distinción: Proveemos oportunidades de Empleo en igualdad de condiciones.
- Integridad y Civismo: Exhibimos una actitud consistente ética, honesta, responsable, equitativa y proactiva hacia nuestro trabajo y hacia la sociedad en la cual nos desenvolvemos.
- Relaciones de Mutuo Beneficio con las partes Interesadas: Buscamos el beneficio común en nuestras relaciones con las partes interesadas del negocio.

En Empresas Polar creemos en el valor estratégico del capital humano, por ello seleccionamos y capacitamos a nuestro personal con el fin de alcanzar los perfiles requeridos, fomentamos su pleno compromiso con los valores de la organización y ofrecemos las mejores oportunidades de desarrollo.

Nuestra Organización: Desde nuestra creación en 1.941, hemos crecido consistentemente en los mercados de bebidas y alimentos, tanto en Venezuela como en otros países de la región. En la actualidad somos un importante competidor en múltiples categorías de consumo masivo, tales como: cerveza, malta, refrescos, agua mineral, bebidas isotónicas, jugos, harina precocida de maíz, aceite de mesa, arroz, pastas, avena, margarina, mayonesa, salsas, vinagre, bebidas achocolatadas, crema de arroz, atún, sardinas, productos del mar congelados, helados, mermeladas, alimentos balanceados para animales, jabones, detergentes, suavizantes y lavaplatos. Nuestro actual modelo de organización, adoptado en 1.999, presenta tres Unidades Estratégicas de Negocio (UEN): Cerveza y Malta, Refrescos y Bebidas Funcionales, y Alimentos.

Asimismo, la estructura contempla la existencia de cinco Unidades Funcionales de Apoyo (UFA): Finanzas, Recursos Humanos, Sistemas, Investigación y Desarrollo, Suministros; y cinco Unidades Corporativas (UC): Asuntos Legales y Regulatorios, Comunicaciones y Medios, Distribución, Auditoría y Nuevas Inversiones, las cuales unifican criterios y definen lineamientos corporativos en sus áreas de especialización. Adicionalmente, existen la dirección de vinos (Pomar) y Snacks América Latina, alianza estratégica entre Empresas Polar y Frito Lay, con operaciones en Colombia, Chile, Perú, Ecuador, Guatemala, Honduras, Panamá y Venezuela.

2.2- Historia de la Planta San Pedro

San Pedro de los Altos desde tiempos de la colonia “pueblo de paso y posada” entre el Valle de Caracas y los Valles de Aragua, se transforma en un pueblo cafetalero y agrícola, que se ve impactado por la “crisis del café” a fines de la dictadura gomecista. La quiebra de la economía cafetera y su secuela de estancamiento del desarrollo económico así, como la corriente migratoria europea que recibe la región italiana y luego la lusitana, permite que este grupo europeo evalúe las

características geográficas de la zona y desarrolle nuevas actividades productivas, entre ellas la explotación y el embotellado de agua mineral.

La historia de la Planta Minalba ubicada en San Pedro de los Altos, Estado Miranda viene arraigada desde el año de 1.957 con el descubrimiento de los manantiales en la hacienda La Trinidad. Esta hacienda pertenece a un cura llamado Rufino, y uno de sus amigos, el Sr. Beagino Canale fue el que realizó el descubrimiento de sus terrenos. El agua se extraía del manantial y se utilizaba para el consumo de pocas personas, abarcando amigos, vecinos y familiares allegados al Sr. Rufino. En los siguientes dos años se continuó la búsqueda de nuevos manantiales, originando la adquisición de las haciendas adyacentes llamadas El Peñón y San Isidro.

A principios de 1.959, en la hacienda La Trinidad se inicia el embotellado del agua mineral, trasladada desde los manantiales de la zona, hasta la planta en San Pedro de los Altos, agua mineral que se comercializa bajo la marca, Edelweiss. A partir de 1.962, se comenzó a mercadear el nuevo producto con una nueva marca, San Bernardo. En 1.979, la empresa es adquirida por el grupo Yukery y se abandona el envasado de agua en botellón para lanzar el concepto de agua mineral en envases plásticos desechables, con equipo y tecnología francesa.

La organización Cisneros, adquiere todas las Empresas del grupo Yukery en 1.986. Durante el primer año, se reestructura la administración de la empresa y se optimiza la capacidad de producción a fin de lograr el reposicionamiento de la marca. La planta continúa con su producción de agua pura de manantial con las marcas San Bernardo y Minalba. Así mismo se inician las pruebas de exportación de estos productos bajo las marcas de Edelweiss y Ángel hacia las islas del Caribe (Curazao, Haití, y Republica Dominicana) y el Sur de la Florida.

El 12 de Diciembre de 1.989, la Comisión Venezolana de Normas Industriales (COVENIN), otorga al agua mineral Minalba, el reconocimiento de la calidad en la categoría de agua de manantial: la marca NORVEN, acredita la excelencia de la marca Minalba y ratifica el producto en el primer lugar de calidad.

El 29 de Noviembre de 1.995, la Empresa es adquirida por Mavesa S.A., en esta etapa se concentra la operación en su fortaleza medular como lo es el envasado de agua de manantial, eliminándose la operación de soplado de envases, lo cual además permitió el desarrollo de nuevas presentaciones para el agua mineral. En 1.999 Mavesa creó lo que se conocía como UEN Bebidas. En este periodo Mavesa entró en una fuerte depresión en el ámbito económico.

Finalmente a partir del 31 de Agosto del 2.000 la Planta San Pedro, pasa a formar parte del grupo de Empresas Polar ingresando a la UEN de Refresco. Al formar parte de la primera empresa privada del País, las oportunidades y proyección de crecimiento de Planta San Pedro aumentan exponencialmente, al llegar el producto a todos los puntos de ventas Pepsi, se espera aumentar significativamente la participación en el mercado con mejoras sustanciales para el centro operativo, sus trabajadores y la comunidad con la que interactúa, sin perder de vista el objetivo del negocio como lo es satisfacer a los consumidores de agua mineral con un producto de las más alta calidad y pureza. Actualmente la planta posee cinco Líneas de Producción para el llenado de las presentaciones: 330 ml, 600 ml Tapa Rosca (TR), 600 ml Tapa Deportiva (TD); 1,5 litros; 5 litros, 250 ml (plastic shield) Natural y con Gas, y la de 270 ml (vaso Minalba).

2.3- Objetivos de la Planta San Pedro

Ser reconocidos como la planta modelo, líder en el mercado de agua mineral, ofreciendo productos de alta calidad, con operaciones de comprobada eficiencia y ejemplo de orden y limpieza. Con gente comprometida con ética de trabajo, objetivos

claros y visión de futuro, para satisfacer las necesidades de nuestros consumidores, accionistas, etc. Nuestro equipo será reconocido de la siguiente manera:

- Gente de alto desempeño.
- Innovadora, dinámica y trabajadora.
- Altamente identificada en la empresa.
- Capaz de asumir retos y alcanzarlos.
- Con flexibilidad para adaptarse a los cambios.
- Generando un buen clima laboral.
- Orientando a la gente.

2.4- Estructura Organizativa de la Empresa

Pepsi-Cola de Venezuela C.A. Planta San Pedro, se encuentra organizada estructuralmente en tres Gerencias: Operaciones, Recursos Humanos y Administración. Además posee tres Jefaturas: Producción y Mantenimiento, Aseguramiento de la Calidad y Logística. Como modo de vida organizacional la empresa mantiene las relaciones de “línea” y “staff” entre los miembros de su organización. A continuación se muestran los Organigramas de la Planta San Pedro (ver figura 2.1), y del departamento de Mantenimiento (ver figura 2.2).

Figura 2.1. Organigrama de la Planta San Pedro. Fuente: Pepsi-Cola de Venezuela C.A. Planta San Pedro

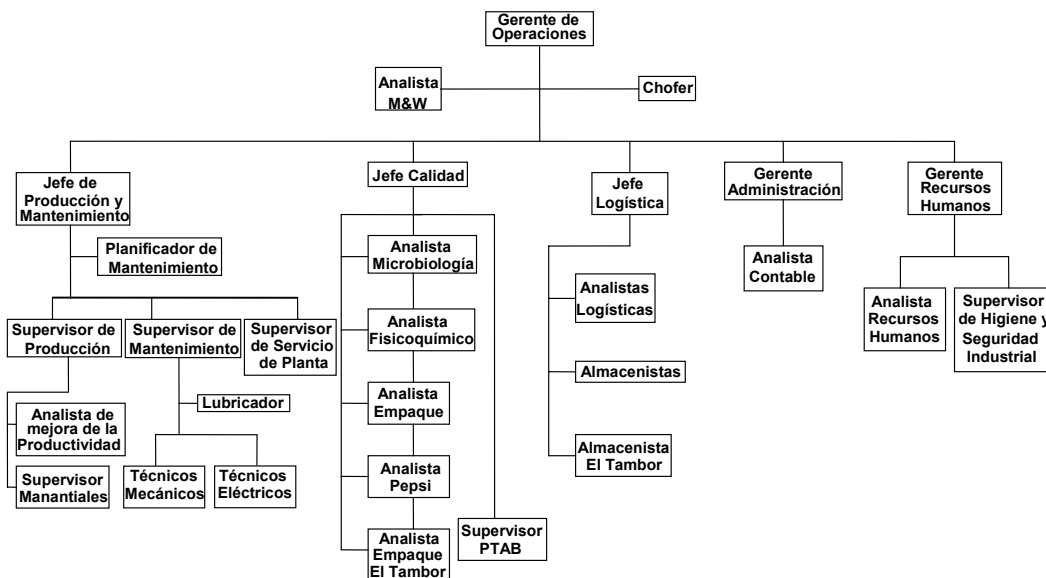
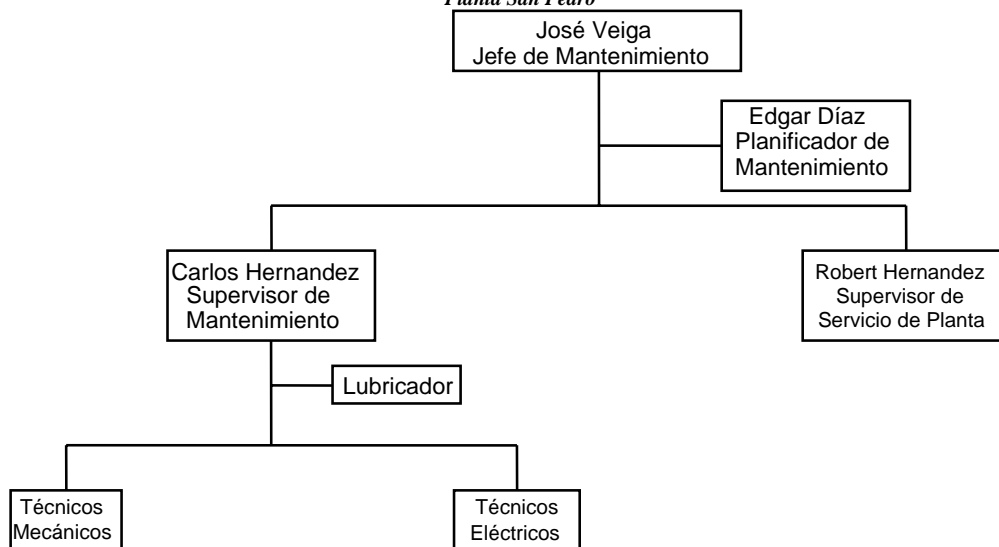


Figura 2.2. Organigrama del departamento de Mantenimiento. Fuente: Pepsi-Cola de Venezuela C.A. Planta San Pedro



2.5- Descripción del Proceso de Captación de Agua de Pozo

De un pozo profundo se obtiene el agua de servicio de la planta y también esta misma Agua, luego de ser pasada por un proceso de ósmosis inversa, se utiliza para preparar las bebidas gaseosas que se envasan en la planta (Pepsi, Pepsi-Light, Kina, Soda, Agua con Gas). El agua de pozo es extraída mediante una bomba sumergida, es recogida y almacenada en un tanque de concreto (ver figura 2.3) donde se le añade hipoclorito de sodio, mediante una bomba dosificadora, luego es bombeada hacia un hidroneumático (ver figura 2.4). Desde este tanque se distribuye el agua de servicio de la planta (Baños, Comedor, Laboratorios).

Figura 2.3. *Tanque de Almacenamiento del Agua de Pozo*



Figura 2.4. *Tanque Hidroneumático*



El Agua que se utiliza para la preparación de las bebidas gaseosas pasa por una serie de filtros de arena (ver figura 2.5), filtros de mangas de 5 μm (ver figura 2.6) y de ósmosis inversa (ver figura 2.7), para luego ser almacenada en un tanque de acero inoxidable (batería 4). Antes de entrar en el proceso de producción, pasa por otra serie de filtros de carbón (ver figura 2.8), filtros de cartuchos pulidores de 5 μm y 1 μm (ver figura 2.9), y por un sistema de lámparas UV (ver figura 2.10).

Figura 2.5. *Filtro de Arena*



Figura 2.6. *Filtro de Manga*



Figura 2.7. *Filtro de Osmosis Inversa*



Figura 2.8. *Filtro de Carbón*



Figura 2.9. *Filtro de Cartuchos Pulidores*

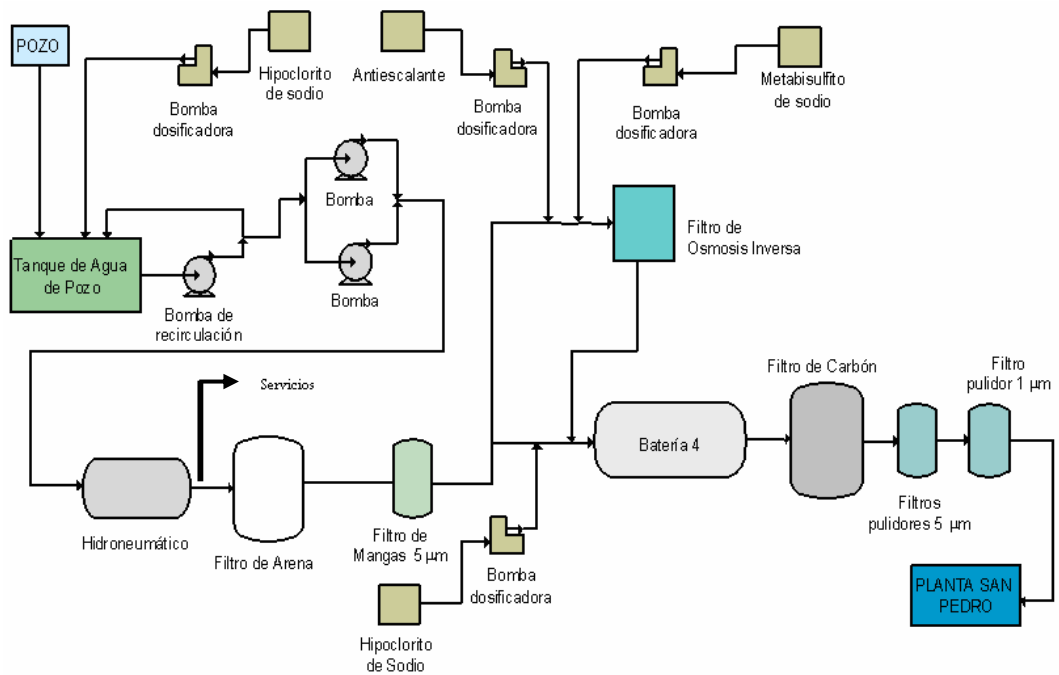


Figura 2.10. *Lámparas UV*



Todo lo dicho anteriormente se puede resumir en la siguiente figura:

Figura 2.11: *Descripción del proceso de captación de Agua de Pozo. Fuente: Pepsi-Cola de Venezuela C.A. Planta San Pedro.*



2.6- Descripción del Proceso de Captación de Agua de Manantial

El agua que emana de los manantiales (ver figuras 2.12, 2.13 y 2.14) en los que ha sido instalado el sistema de captación para la planta, es recogida en un tanque de concreto de 120 m³ denominado tanque recolector (ver figura 2.15). Luego se hace pasar por filtros de manga de 1 µm y después de ser almacenada en un tanque de acero llamado Buffer (ver figura 2.16), se bombea hacia una serie de filtros de carbón, filtros de manga 1 µm, filtros de cartucho (pulidores) de 1 µm y 0,5 µm, y un sistema de lámparas ultravioletas (UV). De ahí pasa a ser almacenada en un sistema de tres tanques de acero inoxidable (ver figura 2.17) llamados baterías, durante un máximo de 24 horas.

Figuras 2.12, 2.13 y 2.14. *Algunos de los Manantiales de la Planta San Pedro*



Figura 2.15. *Tanque Recolector*



Figura 2.16. *Tanque Buffer*



Figura 2.17. *Tanques de Acero Inoxidable*



Luego un sistema de bombas centrífugas envía el agua de las baterías al área de envasado de la planta donde nuevamente es tratada con lámparas UV, antes de llegar a las llenadoras de las cinco líneas. Todo lo dicho anteriormente se puede resumir en la figura 18, y en la tabla 1 y figura 19, se observa la descripción del funcionamiento de cada una de las líneas de producción.

Figura 2.18: *Descripción del proceso de captación de Agua de Manantial. Fuente: Pepsi-Cola de Venezuela C.A. Planta San Pedro.*

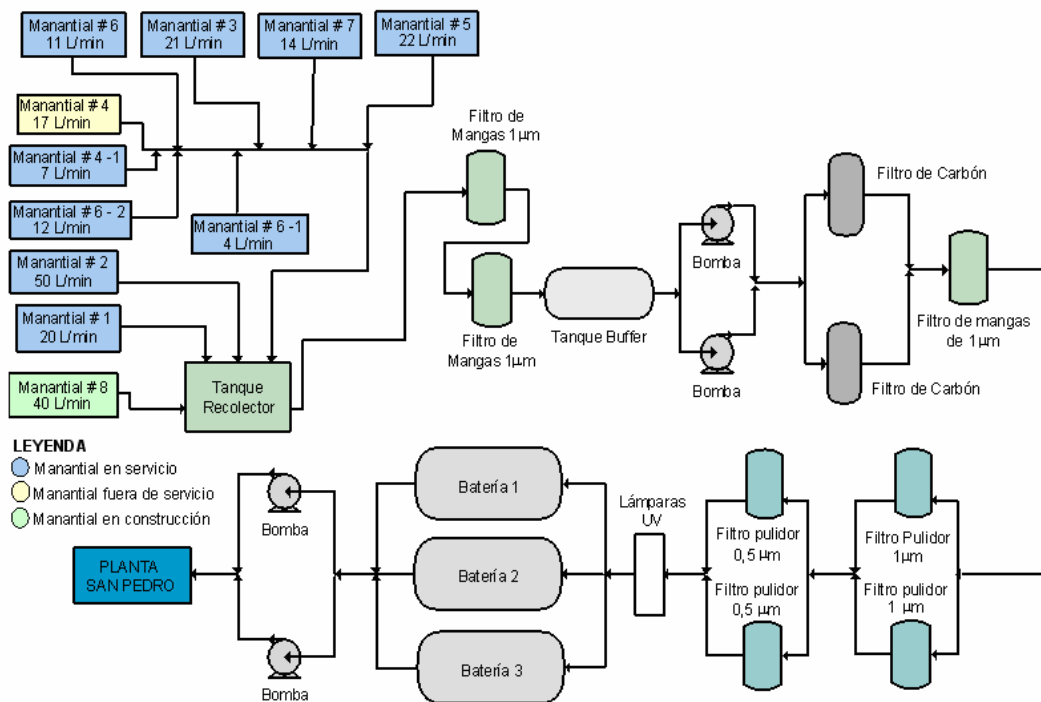


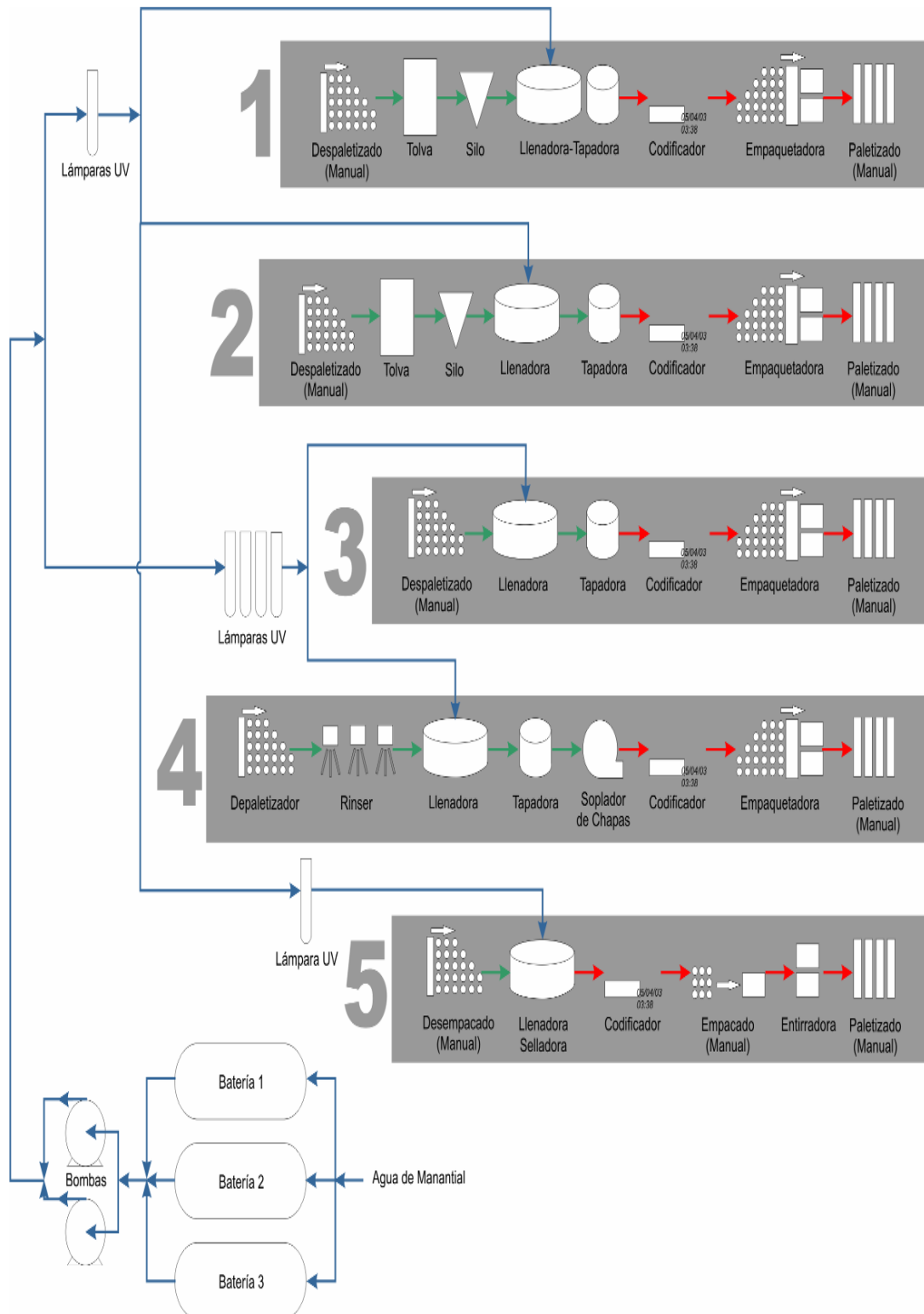
Tabla 2.1: Descripción del proceso de cada una de las líneas de producción. Fuente: Propia.

Proceso	Línea 1	Línea 2	Línea 3	Línea 4	Línea 5
Suministro de Envases Vacíos	Los envases son suministrados a la línea a través de una máquina depaletizadora, que las extrae de las paletas y las coloca en la vía aérea que va hacia la llenadora	Un operario coloca manualmente los envases vacíos de 5 litros en la vía transportadora que va hacia la llenadora	Las botellas plastic shield son suministradas a la línea a través de una máquina depaletizadora, que las extrae de las paletas y las coloca en la vía transportadora que va hacia la llenadora	El operario coloca los vasos vacíos directamente en el dosificador de la llenadora-Tapadora	
Transportador de Vacíos	Vía aérea	Vía transportadora metálica	Vía transportadora metálica. Durante el recorrido, los envases pasan a través de un volteador de botellas, y por el rinser, (dispositivo de enjuague)		

Proceso	Línea 1	Línea 2	Línea 3	Línea 4	Línea 5
Llenado y Tapado	Máquina llenadora-tapadora. Las tapas plásticas roscadas son suministradas desde una tolva ubicada sobre el área de llenado		Máquina Llenadora La tapa es colocada manualmente en el envase a la salida de la Llenadora y es roscada por la máquina Tapadora	Máquina Llenadora-Tapadora. Las tapas metálicas son suministradas desde una tolva ubicada sobre el área de llenado	Máquina Llenadora-Tapadora. El Foil es suministrado por el operario a la máquina
Codificador	Al salir de la tapadora y fuera del área de llenado, a los envases se les imprime la fecha de vencimiento, hora de producción, código de la planta y número de línea de producción				
Empaquetadora	Máquina empaquetadora que agrupa los envases y los envuelve con un polímero termoencogible que al pasar por un horno se contrae para alcanzar la configuración final de la caja				

Proceso	Línea 1	Línea 2	Línea 3	Línea 4	Línea 5
Paletizado	Realizado por operarios, colocan las cajas sobre la paleta de madera, de acuerdo a la configuración predeterminada para esta presentación, separando cada piso o camada con separadores de cartón			Máquina empaquetadora que agrupa los envases, los posiciona sobre una lámina de cartón y los envuelve con un polímero termoencogible que al pasar por un horno se contrae para alcanzar la configuración final de la caja.	Tres operarios se encargan de empaquetar los vasos en cajas de cartón que pasan por una máquina tirradora para alcanzar su configuración final.
Transporte a Envolvedora	Montacargas				
Envolvedora (SIAT)	Máquina envolvedora. Un operario se asegura de que el polystretch quede bien ajustado.				
Almacenado	Las paletas son almacenadas en el área de la planta destinada a tal fin hasta cumplir con el tiempo de cuarentena (48 horas), después del cual son transportadas con camiones Kodiak al depósito principal ubicado en El Tambor, Los Teques, estado Miranda.				

Figura 2.19. Descripción del proceso de cada una de las Líneas de Producción. Fuente: Pepsi-Cola de Venezuela C.A. Planta San Pedro.



2.7- Descripción del Proceso de Envasado

2.7.1- Línea de Producción 1 (330 ml)

El proceso comienza cuando el montacarguista descarga la paleta que contiene los envases de 330 ml en el depaletizador. De allí los envases son transportados a la jirafa por medio de cintas transportadoras, de allí los envases se dirigen a la llenadora (ver figura 2.20) por medio de una vía aérea donde ocurre el proceso de envasado de agua de manantial. Esta maquina posee 52 válvulas de llenado, trabaja a 220 botellas por minuto (bpm) y requiere de un operador para supervisar su funcionamiento y el correcto nivel de llenado de los envases. El mismo operador se encarga de atender la actividad de la tapadora (ver figura 2.21). Los envases son entregados a la tapadora por medio de guías y estrellas. La tapadora cuenta con 15 cabezales para el roscado de la tapa en el envase.

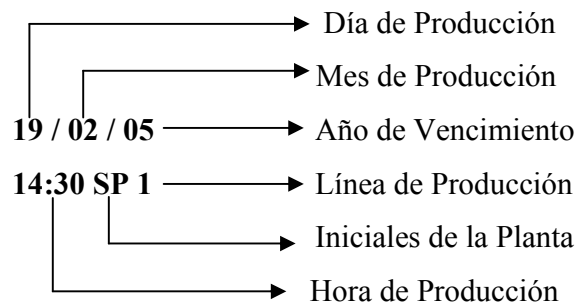
Figura 2.20. *Llenadora de Línea 1*



Figura 2.21. *Tapadora de Línea 1*



Los envases continúan el recorrido mediante bandas transportadoras metálicas, haciéndolas pasar frente al codificador, el cual imprime la siguiente información:



Luego las botellas son llevadas a la maquina empaquetadora (ouest), la cual ordena por cajas de 24 envases cada una, las cubre con plástico termoencogible y las

hace pasar por el horno (ver figura 2.22), para dar como resulta que el plástico se contraiga compactando la caja. Al salir del horno la caja llega al área de paletizado al final de la línea, por medio de una mesa inclinada de rodillos, allí un operador arma la paleta de producto terminado estructurada por 9 camadas de 13 cajas cada una. Desde este punto la paleta es transportada en montacarga hasta la máquina envolvente (siat) donde se recubre con plástico polystretch, para darle estabilidad; finalmente es llevada al almacén de producto terminado.

Figura 2.22. *Horno de Línea 1*



2.7.2- Línea de Producción 2 (600 ml TR, 600 ml TD y 1,5 litros)

El proceso comienza cuando el montacarguista descarga la paleta que contiene los envases de 600 ml y 1,5 litros en el depaletizador. De allí los envases son transportados a la jirafa por medio de cintas transportadoras, de allí los envases se dirigen a la llenadora (ver figura 2.23) por medio de una vía aérea donde ocurre el proceso de envasado de agua de manantial. Esta máquina posee 36 válvulas de llenado y requiere de un operador para supervisar su funcionamiento y el correcto nivel de llenado de los envases. Cuando la máquina trabaja con envases de 600 ml la llenadora posee una velocidad de 135 bpm, mientras que si trabaja con 1,5 litros la llenadora trabaja a una velocidad de 108 bpm. El mismo operador se encarga de atender la actividad de la tapadora (ver figura 2.24). Los envases son entregados a la tapadora por medio de guías y estrellas. La tapadora cuenta con 6 cabezales para el roscado de la tapa en el envase.

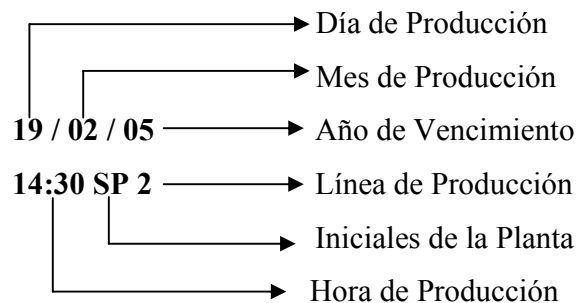
Figura 2.23. Llenadora de Línea 2



Figura 2.24. Tapadora de Línea 2



Los envases continúan el recorrido mediante bandas transportadoras metálicas, haciéndolas pasar frente al codificador, el cual imprime la siguiente información:



Luego las botellas son llevadas a la máquina empaquetadora, la cual ordena por cajas según la presentación envasada (1,5 litros, 12 envases por caja y para 600 ml, 24 envases por caja), las cubre con plástico termoencogible y las hace pasar por el horno (ver figura 2.25), pasar dar como resulta que el plástico se contraiga compactando la caja. Al salir del horno la caja llega al área de paletizado al final de la línea, por medio de una mesa inclinada de rodillos, allí un operador arma la paleta de producto terminado estructurada según la presentación (1,5 litros, 5 camadas de 11 cajas cada un; 600 ml TR, 6 camadas de 11 cajas cada una y 600 ml TD, 5 camadas de 11 cajas cada una). Desde este punto la paleta es transportada en montacarga hasta la Máquina envolvente (siat) donde se recubre con plástico polystretch, para darle estabilidad; finalmente es llevada al almacén de producto terminado.

Figura 2.25. *Horno de Línea 2*



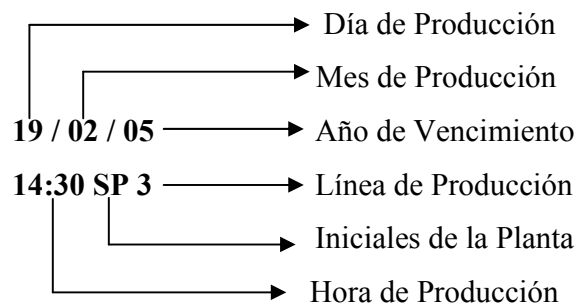
2.7.3- Línea de Producción 3 (5 litros)

El proceso comienza cuando un operador posiciona manualmente los envases en la banda transportadora, al inicio de la línea, la cual lleva los envases hasta la máquina llenadora (ver figura 2.26) donde ocurre el proceso de envasado de agua de manantial. Esta máquina posee 9 válvulas de llenado, trabaja a 22 bpm, y requiere de un operador para supervisar su funcionamiento y el correcto nivel de llenado de los envases.

Figura 2.26. *Llenadora de Línea 3*



El mismo operador se encarga de atender la actividad de la tapadora. Sobre el mismo transportador, los envases llegan a la tapadora, la cual cuenta con sensores que al detectar la presencia de envase acciona el sistema neumático de los brazos que sostienen el envase para efectuar el roscado de la tapa. Los envases continúan el recorrido sobre el mismo transportador, que los hace pasar frente al codificador, el cual imprime la siguiente información:



Luego son llevados a la maquina empaquetadora, la cual ordena 2 envases por caja, las cubre con plástico termoencogible y las hace pasar por el horno (ver figura 2.27), pasar dar como resultado que el plástico se contraiga compactando la caja. Al salir del horno la caja llega al área de paletizado al final de la línea, por medio de una mesa de rodillos inclinada, allí un operador arma la paleta de producto terminado estructurada de la siguiente manera: 3 camadas de 21 cajas cada una. Desde este punto la paleta es transportada en montacarga hasta la máquina envolvedora (siat) donde se recubre con plástico polystretch, para darle estabilidad; finalmente es llevada al almacén de producto terminado.

Figura 2.27. *Horno de Línea 3*



2.7.4- Línea de Producción 4

La disposición de Línea 4 consta de cuatro áreas principales, que son: área de depaletizado, área de envasado, sala de jarabe (sólo refresco) y área de embalado-paletizado. El proceso comienza desde la sala de jarabe, donde es preparado el mismo para luego ser envasado. La sala de jarabe consta de tres tanques de jarabe terminado, un tanque de jarabe simple y un tanque de concentrado (sólo es usado para Aguakina). El jarabe simple se prepara a partir de azúcar y agua tratada de pozo,

desde el almacén de azúcar se carga la misma por medio de una tolva en donde es descargada al tanque de jarabe simple, el mismo consta de un agitador metálico en su interior, aquí el azúcar entra en contacto con el agua de proceso, comenzando así el proceso de disolución. La cantidad de azúcar requerida para la preparación de una unidad de Pepsi que equivale a 1.703 cajas de 24 botellas de 250 ml de producto terminado es de 1.170 kg. y para una unidad de Aguakina Evervess equivalente a 567 cajas de 24 botellas es de 291,2 kg.; se mantiene la agitación hasta alcanzar el grado de brix requerido y una mezcla homogénea con el volumen deseado, luego esta mezcla se hace pasar por un filtro de 5 μm y se envía hacia los tanques de jarabe terminado, aquí se disuelven las sales y ácidos de los concentrados, en este caso Pepsi y soda, los cuales se añaden directamente en forma manual a los tanques, ya que para el caso de Aguakina este concentrado se disuelve en un pequeño tanque denominado tanque de concentrado y que luego es bombeado a los tanques de jarabe terminado. Los tanques de jarabe terminado, al igual que el de jarabe simple, poseen un agitador mecánico que diluye los concentrados y homogeniza la mezcla, aquí se verifican los parámetros de brix y volumen requeridos para ser enviado a la línea. Una vez verificados y ajustados los parámetros, se deja envejecer el jarabe y se envía a la línea de producción por bombeo centrífugo.

Dependiendo del tipo de jarabe se necesita un tiempo de maduración, para el caso de Pepsi se necesitan 24 horas de maduración y lo óptimo es que se consuma en las próximas 24 horas. Cada tanque en la sala de jarabe terminado puede conectarse a la tubería de jarabe simple y concentrado a la línea de envasado 4, así como a la tubería de Clean in Place (CIP) de suministro de enjuague para limpieza y al retorno del CIP. Existen tres Bombas, una en cada tanque de jarabe terminado que suministran el mismo a la línea de envasado, mantienen el flujo de jarabe y el nivel en el vaso de jarabe. Trabajan bajo un sistema de control que acciona o desactiva a las bombas, dependiendo del nivel del vaso de jarabe en la zona de envasado.

Al llegar al área de envasado, pasa por un dispositivo llamado intercambiador de flujo que conforma al sistema denominado Carbo-Cooler, el cual tiene por función preparar una solución de jarabe-Agua carbonatada para ser envasada. En el sistema Carbo-Cooler, el jarabe terminado es depositado en el vaso de jarabe, de allí pasa al dosificador donde se realiza la mezcla con agua, la cual es previamente desaireada a través de la inyección de dióxido de carbono en el tanque desaireador, una vez controlados y mezclados ambos componentes, se bombea dicha mezcla hacia un sistema de chiller, donde es enfriado para luego pasar al tanque saturador, allí se le inyecta dióxido de carbono (CO_2), convirtiéndose en refresco, para luego pasar al calderín de la llenadora.

Previamente en el área de depaletizado (ver figura 2.28), el proceso da comienzo cuando las botellas se colocan de forma mecánica en un elevador de paletas y las vacía en la correa transportadora llevándolas a un rinser (ver figura 2.29), donde pasan por un juego de inyectores de agua el cual enjuaga las botellas, luego pasan a la llenadora (ver figura 2.30) que consta de 50 válvulas de llenado por gravedad, la cual recibe el jarabe terminado, pasando a la máquina tapadora o roscadora (ver figura 2.31) de seis cabezales respectivamente.

Figura 2.28. *Depaletizador de Línea 4*



Figura 2.29. *Rinser*



Figura 2.30. *Llenadora de Línea 4*

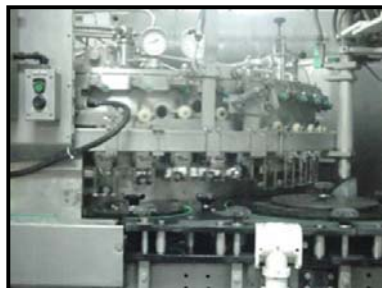


Figura 2.31. *Tapadora de Línea 4*



Posteriormente las botellas con bebida terminada son codificadas en la máquina video-jet, el código de impresión es: Fecha de vencimiento, hora, SP L4; después son embaladas en cajas de 24 botellas a través de la máquina encajonadora (ver figura 2.32), la cual posee un sistema de formación mecánica de bandejas, que luego de formar la caja es cubierta con un plástico especial termoencogible para ser pasadas por un horno y sucesivamente paletizar, formando paletas de 104 cajas de 8 camadas para distribución.

Figura 2.32. *Encajonadora de Línea 4*



A continuación se muestra la receta o nota de productos (ver tabla 2.2) de las presentaciones que se elaboran en la línea 4, y en la figura 2.33 se explica el funcionamiento de dicha línea:

Tabla 2.2: Receta de productos de la Línea 4 (Nota de Materiales). Fuente: Pepsi-Cola de Venezuela C.A. Planta San Pedro.

Receta para una unidad PEPSI= 1703 cajas de 24 botellas

PEPSI PSH 250 ML N/R 24 UND			
Materia Prima			
Código SAP	Descripción	Cantidad	Unidad
89827	Concentrado PEPSI A	1	UND
89828	Concentrado PEPSI B	1	UND
1	Azucar Refinada	1.170	KG
81043	Dioxido de Carbono	76,733	KG
Material de Empaque			
83833	Botella PEPSI 250 ml psh	40.872	MIL
119623	Tapa corona PEPSI PSH	40.872	MIL
90145	Bandeja de refresco 250 ml	1.703	MIL
107048	Plastico termoencogible	46,594	KG
67432	Pega hot melt para bandejas	3,065	KG
67442	Plastico polystretch cristal	12	KG

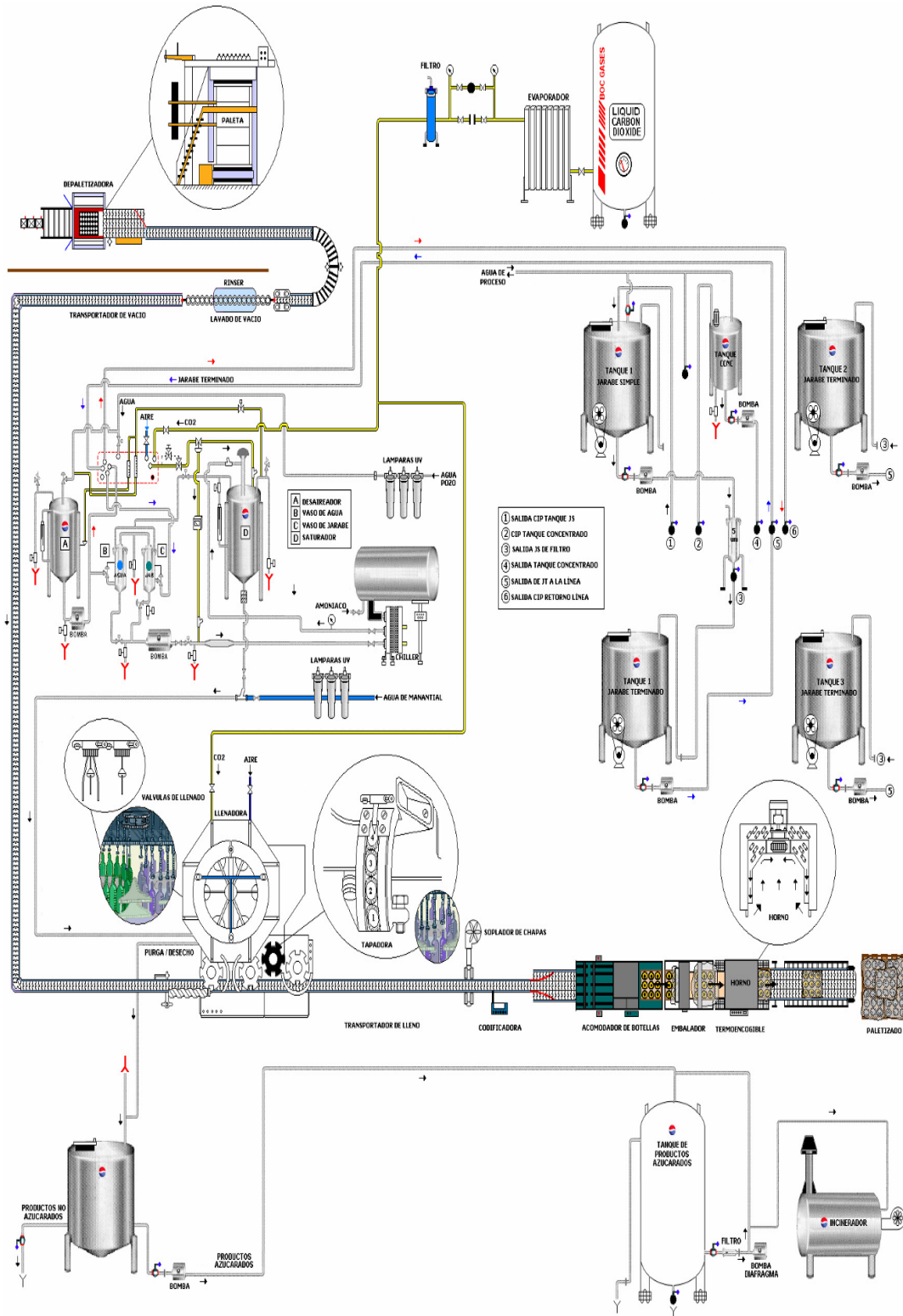
Receta para una unidad SODA= 1703 cajas de 24 botellas

SODA EVERVESS 250 ML N/R 24 UND			
Materia Prima			
Código SAP	Descripción	Cantidad	Unidad
127447	Sales de Soda Evervess	1	UND
81043	Dioxido de Carbono	80,778	KG
Material de Empaque			
127423	Botella SODA 250 ml psh	40.872	MIL
127637	Tapa corona evervess PSH	40.872	MIL
90145	Bandeja de refresco 250 ml	1.703	MIL
107048	Plastico termoencogible	46,594	KG
67432	Pega hot melt para bandejas	3,065	KG
67442	Plastico polystretch cristal	12	KG

Receta para una unidad AGUAKINA= 567 cajas de 24 botellas

AGUAKINA EVERVESS 250 ML N/R 24 UND			
Materia Prima			
Código SAP	Descripción	Cantidad	Unidad
127445	Parte A Quinina Evervess	1	UND
127446	Parte B Quinina Evervess	1	UND
1	Azucar Refinada	291,2	KG
81043	Dioxido de Carbono	28,240	KG
Material de Empaque			
127426	Botella AGUAKINA 250 ml psh	13.608	MIL
119623	Tapa corona evervess	13.608	MIL
90145	Bandeja de refresco 250 ml	567	MIL
107048	Plastico termoencogible	15,513	KG
67432	Pega hot melt para bandejas	1,020	KG
67442	Plastico polystretch cristal	4	KG

Figura 2.33: Funcionamiento de la Línea 4. Fuente: Pepsi-Cola de Venezuela C.A. Planta San Pedro.



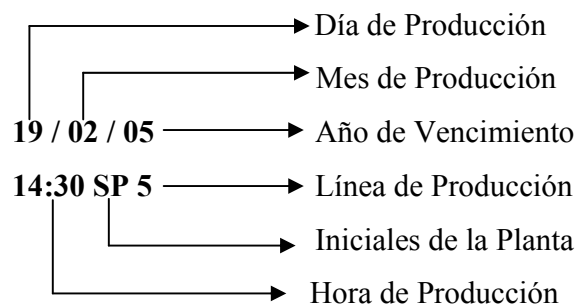
2.7.5- Línea de Producción 5 (270 ml Vaso)

El proceso comienza con el posicionamiento manual de los vasos y foils (tapas) en los dispensadores correspondientes de la maquina Llenadora-Tapadora (ver figura 2.34), todo esto lo realiza un operario. Esta Línea trabaja a 84 vpm. Después a través de una acción neumática los vasos son colocados en una bandeja rotatoria para ser llenados y tapados.

Figura 2.34. *Llenadora-Tapadora de Línea 5*



Esto último se realiza aplicando temperatura sobre el foil y el vaso. Luego de este proceso el vaso llega al codificador, imprimiendo la siguiente información:



Después que pasa frente al codificador, el vaso llega a la mesa de acumulación para ser empaquetados manualmente en cajas de cartón. Cada caja contiene 24 vasos. Esta ultima actividad es realizada por 3 operarios, quienes una vez armada la caja la colocan sobre un transportador de banda metálica que la lleva a la tiradora (ver figura 2.35), para ser sellada en el borde superior e inferior. Al salir de la tiradora la caja

llega al área de paletizado al final de la línea, por medio de una mesa de rodillos inclinada, allí un operador arma la paleta de producto terminado conformado por 126 cajas. Una vez armada por completo la paleta se colocan los 4 ángulos de cartón una en cada esquina. Desde este punto la paleta es transportada en montacarga hasta la maquina envolvedora (siat) donde se recubre con plástico polystretch, para darle estabilidad; finalmente es llevada al almacén de producto terminado.

Figura 2.35. *Tirradora de Línea 5*

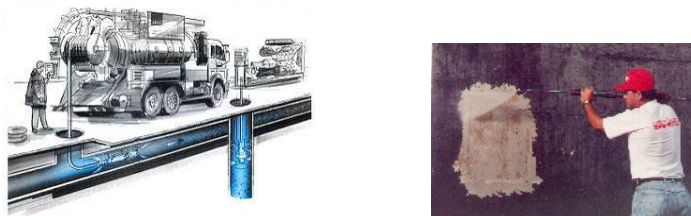


CAPÍTULO III: MARCO TEÓRICO

3.1- Sistemas de Limpieza de Alta Presión

Cualquier sistema de limpieza de alta presión ofrece claras ventajas en las áreas en que la limpieza regular y el trabajo de desinfección son necesarios. Al presurizar el agua y hacerla pasar por un orificio especial de un diámetro muy pequeño (Boquilla), es posible obtener un chorro de agua de alta velocidad para las más diversas aplicaciones industriales, entre ellas calderas, descongestión de tuberías, granjas, herramientas, hornos, intercambiadores de calor, limpieza (automóviles, líneas de productos, paredes, pisos), pasteurización, preparación de superficies, pruebas de depósitos, pruebas de destilación, pruebas hidráulicas, puentes, reactores, remoción de incrustaciones, remoción de hormigón, etc. Las cuales se aplican a diferentes industrias como la aeronáutica, automovilística, celulosa, de consumo masivo, de generación y transmisión de energía, pesada, minera, petrolera, petroquímica, y muchas otras.

Figuras 3.1 y 3.2. *Diferentes aplicaciones de los sistemas de limpieza a alta presión*



Además, con la utilización del chorro de agua a alta presión, se garantiza el respeto por el medio ambiente, debido a que estos sistemas no contaminan, no producen chispas, ni propagan humo y disminuyen el uso de los agentes químicos. Otras ventajas de la limpieza a alta presión son:

- Alta eficiencia en la limpieza de superficies contaminadas como sales y sulfatos, previniendo la formación de células de corrosión.
- No expone a los operadores al calor y vapores desagradables o tóxicos.

- No genera polvo y por lo tanto no requiere estructuras de contención de polvo ni máscaras respiratorias.
- Puede limpiar cualquier material sin dañarlo.
- Puede operar las 24 horas al día.
- Requiere muy poca agua para funcionar, y la que se utiliza puede ser reciclada.
- Se adapta a cualquier superficie, pudiendo ser operado manualmente o por un robot (hidrocat).
- Se pueden ejecutar simultáneamente otros trabajos muy cerca.
- Tiempo de preparación mínimo, y su proceso es ocho veces más rápido que los tratamientos químicos.

Comparado con otros métodos tradicionales como el tratamiento químico o el chorro de arena (sandblasting), el chorro de agua a alta presión es muy superior ya que es más rápido, eficaz, económico y mucho más respetuoso con el medio ambiente. Los sistemas de limpieza de alta presión están formados por una o varias bombas, mangueras, válvulas (de seguridad, reguladoras, etc.), manómetro y uno o varios hidrojets por donde saldrá el agua. Se pueden clasificar de acuerdo al elemento que los mueve. Por ejemplo:

- Motor Eléctrico: Son los más habituales, el motor transforma la energía eléctrica en movimiento rotativo, que se le aplica al eje de la bomba. Puede ser monofásico o trifásico, siendo los segundos los que producen mayores potencias.
- Motor de Combustión Interna: Se utilizan para transmitir movimiento a las bombas. Pueden ser de gasolina o de gasoil, siendo los primeros más económicos en inversión y los segundos menos costosos en consumo.

3.1.1- Accesorios de los Sistemas de Limpieza a Alta Presión

Lanza Flexible: A este accesorio se le puede dar cualquier inclinación. Sirve para acceder a lugares difíciles a los que una lanza rígida no puede llegar. Se construye en acero inoxidable o con recubrimiento electrolítico, siendo la primera opción la más recomendable. Pueden ser de distintas longitudes, siendo lo habitual de 0,7 a 1,5 metros.

Figura 3.3. *Lanza flexible*



Dependiendo de la gama, la lanza puede llevar o no recipiente para detergente, las gamas básicas no suelen traer pero las gamas media-alta sí; aunque no dispongan de él, ofrecen la posibilidad de admitirlo a través de una pequeña manguera. De todas formas, la mayoría de las veces se trabaja sin jabón; debido a que estos aparatos están concebidos para que simplemente con la presión del agua desincrusten la suciedad. A las lanzas se les pueden incorporar varios tipos de boquillas, entre las cuales tenemos:

- Boquilla tipo Cepillo: Se utiliza en bombas de presiones reducidas, para la limpieza de carrocerías.

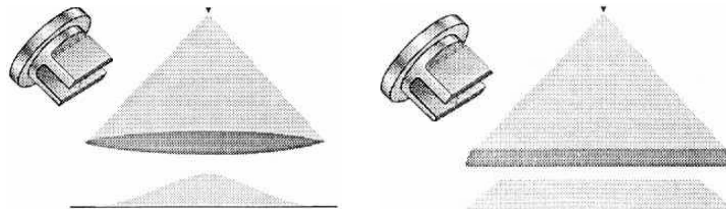
Figura 3.4. *Boquilla tipo cepillo*



- Boquilla de Acero Inoxidable: Es la más frecuente, posee una apertura calibrada del orificio y un ángulo de rociado determinado, suele ser de chorro recto (0°), abanico hasta 65° de apertura, y de cono lleno (360°). Una boquilla de 0° grados proporciona un chorro potente. Los ángulos de boquilla de 15° a

25° cubren zonas más extensas y combinan las fuerzas limpiadora y desincrustante. Las boquillas de abanicos de 40° o más sirven para lavados simples.

Figura 3.5. *Boquillas de acero inoxidable*



- Boquillas Rotativas: Son cabezales que rotan una boquilla de chorro recto para conseguir un mayor rendimiento de lavado.
- Boquilla para Arenado: Posee un tubo venturi que aspira arenas abrasivas para limpiar fachadas de edificios, cascos de barcos, eliminación del óxido en piezas metálicas, etc.
- Boquilla para Obstrucciones: Impulsa hacia adelante chorros de agua, y a su vez emiten otro chorro para romper suciedades. Sirve para eliminar obstrucciones de las cañerías.
- Cabezales Automovientes: Son cabezales robotizados que se mueven por sí mismos en varias direcciones, se utilizan para limpiar cisternas, camiones y depósitos.

Prolongador de Lanza: Como su propio nombre indica este accesorio sirve para añadir longitud a la lanza. Agrega comodidad a la limpieza de las superficies; gracias a su forma alargada con el extremo curvado.

Figura 3.6. *Prolongadores de lanza*



Cepillo Giratorio: Es el complemento ideal para limpiar superficies muy sucias. Se acciona hidráulicamente y su acción es giratoria.

Figura 3.7. *Cepillo giratorio*



Tobera Triple: Posee una boquilla de tres chorros. Dos de alta presión y uno de baja presión que permite expulsar producto químico (detergente).

Figura 3.8. *Tobera Triple*



Carro de Transporte: Sirve para trasladar la máquina hidrolimpiadora fácil y cómodamente. Es de gran utilidad en aquellos modelos que carecen de ruedas.

Figuras 3.9 y 3.10. *Carros de transporte para sistemas de limpieza de alta presión.*



Manguera: Se encuentra reforzada con mallas de acero. Antiguamente se colocaba una malla para los trabajos con agua fría y dos mallas para el agua caliente. Actualmente existen mangueras de un tipo especial de malla, que son más resistentes que las de dos mallas, además de ser mucho más ligeras y flexibles.

Figura 3.11. *Manguera*



Empuñadura: Puede ser de tres clases, con cierre absoluto, parcial o sin cierre, dependiendo del uso y de las presiones con las que se trabaje, siendo recomendable el

uso de los dos primeros tipos para presiones superiores a los 10 MPa, por motivos de seguridad.

Figuras 3.12 y 3.13. *Diferentes tipos de empuñaduras*



Depósito de Aceite: Para un funcionamiento prolongado de las bombas es importante que tenga un depósito de aceite de tamaño adecuado.

Figura 3.14. *Depósito de aceite*



3.2- Bombas Centrífugas y de Desplazamiento Positivo

Una bomba es centrífuga cuando su órgano propulsor no contiene elementos móviles, es decir, es de una sola pieza, o de varias ensambladas en una sola; su elemento propulsor es el rodete giratorio.

En este tipo de bombas, se transforma la energía mecánica recibida en energía hidrocínética imprimiendo a las partículas cambios en la proyección de sus trayectorias y en la dirección de sus velocidades. Es muy importante en estas bombas que la descarga no tenga contrapresión pues si la hubiera, dado que la bomba regula la descarga, seguiría en movimiento no generando caudal alguno, trabajando a plena carga con el máximo consumo de fuerza. Por las características señaladas, en los sistemas hidráulicos de transmisión hidrostática de potencia nunca se emplean bombas centrífugas.

Se dice que una bomba es de desplazamiento positivo, cuando su órgano propulsor contiene elementos móviles de modo tal que por cada revolución se genera un volumen o cilindrada, independientemente de la contrapresión a la salida. En este tipo de bombas la energía mecánica recibida se transforma directamente en energía de presión que se transmite hidrostáticamente en el sistema hidráulico.

3.3- Bombas de Desplazamiento Positivo

3.3.1- Diferencias con las Bombas Centrífugas

Según Viejo M. (1.981), estas son algunas de las diferencias entre una bomba de desplazamiento positivo y una bomba centrífuga: (p. 132).

- En las bombas de desplazamiento positivo el intercambio de energía del fluido se efectúa siempre con variación de volumen; en las bombas centrífugas, el intercambio de energía se realiza con variación de energía cinética.
- La curva característica Q vs. H de una bomba centrífuga revela que ésta puede dar una altura (presión máxima, que según la ecuación de Euler depende de la forma del rodete). Por el contrario en una bomba de pistón el caudal no va a depender de la carga del sistema (fricción en las tuberías, codos, etc.) sino que depende del área del pistón y de la velocidad. Además, si las paredes son suficientemente robustas y el motor tiene la capacidad, la bomba proporcionará toda la presión que se desee.
- Las turbomáquinas, en general, no son reversibles. Si una bomba centrífuga trabaja como turbina, se reduce su eficiencia y en algunos casos la bomba no produce ninguna potencia útil. Esto se debe a que los ángulos de los álabes desempeñan un papel decisivo en la transmisión de energía en una bomba centrífuga, pero al funcionar ésta como turbina, los álabes no poseen ya los ángulos apropiados. Por el contrario, todas las máquinas basadas en el

principio del desplazamiento positivo fundamentalmente son reversibles. El que algunas máquinas no lo sean en la práctica, no se debe a la mecánica del fluido sino a la mecánica del aparato.

- Las bombas de desplazamiento positivo se emplean casi exclusivamente en las transmisiones y controles, quedando prácticamente eliminadas las turbomáquinas de dicha área. Por ello existen dos razones:
 1. En las turbomáquinas al variar la presión varía el caudal. Si por ejemplo, se emplease una bomba centrífuga para el sistema de presión de accionamiento hidráulico de una excavadora, al encontrar ésta mayor resistencia en el terreno, se reduciría la velocidad de trabajo de la misma. En una aplicación de este tipo se usan máquinas de desplazamiento positivo.
 2. Una bomba centrífuga tiene una presión máxima. Si aumenta la resistencia también aumenta la presión suministrada por la bomba, pero ésta no puede vencer la resistencia que exceda la presión máxima de la bomba. En una bomba de desplazamiento positivo no pasaría eso.
- Las bombas de desplazamiento positivo y en especial las bombas de pistones prácticamente no tienen límites de presiones. Actualmente se construyen para presiones mayores a 100 MPa. Para aumentar la presión basta construir una bomba más robusta y dotarla de un motor más potente. El principio del desplazamiento positivo demuestra que cualquier presión es alcanzable. Por su parte las bombas centrífugas desarrollan grandes presiones sólo si aumentan el número de etapas; pero si el número de éstas es excesivo, la eficiencia disminuye demasiado.
- Las bombas reciprocantes sólo son adecuadas para caudales limitados. Para aumentar el caudal en ellas habría que aumentar el tamaño de la bomba; ya que en estas máquinas el flujo es pulsatorio, los fenómenos de inercia impiden aumentar el caudal mediante el aumento de velocidad. En cambio, las bombas centrífugas se adaptan fácilmente a grandes caudales.

- Las bombas centrífugas trabajan a más revoluciones por minuto y son mucho más económicas que las bombas reciprocantes.

3.3.2- Ventajas de las Bombas de Desplazamiento Positivo

Viejo M. (1.981) afirma que, “La bomba recíprocante suele ser autocebante”. (p. 171), es decir, no es necesario llenar previamente la tubería de succión y el cuerpo de la bomba para que ésta pueda iniciar su funcionamiento. Estas bombas, según Viejo M. (1.981), “Se utilizan en numerosas aplicaciones que exceden la capacidad de las Bombas centrífugas. Algunos servicios se podrían efectuar con una bomba centrífuga, pero a expensas de un aumento en los requisitos de potencia y de mantenimiento”. (p. 153).

La bomba recíprocante no es cinética como la bomba centrífuga y no requiere velocidad para producir presión, porque a bajas velocidades se pueden obtener altas presiones. En algunas aplicaciones, la entrega de caudal constante con presión variable es una ventaja definida; ya que la misma bomba puede actuar como dispositivo dosificador.

3.3.3- Clasificación de las Bombas de Desplazamiento Positivo

Según Avallone E. (1.998), “Las bombas de desplazamiento positivo se suelen dividir en cuatro clases generales”. (p. 14-2).

- Bomba de Potencia Recíprocante: Es impulsada por una fuente de energía externa aplicada al cigüeñal. Recibe un volumen fijo de líquido en condiciones casi de succión, lo comprime a la presión de descarga y lo expulsa.

- Bomba de Vapor: Bomba reciprocante y una máquina de vapor construida como una sola unidad. La potencia para accionar la bomba la suministra una máquina de vapor.
- Bomba Rotatoria: Posee una carcasa fija en la cual están alojados engranes, excéntricas, tornillos, paletas, émbolos buzo o elementos similares, accionados por la rotación del árbol impulsor. Se caracteriza por su ajustada holgura de funcionamiento, ausencia de válvulas de succión y descarga. Estas bombas sólo se lubrican con el fluido que se bombea.
- Bombas sin Pistones: Se utiliza presión directa de aire, gas o vapor sobre el fluido a bombear.

Según Avallone E. (1.998), “Las bombas de potencia reciprocante son Máquinas de desplazamiento positivo que, a una velocidad constante, entregan esencialmente el mismo caudal a cualquier presión dentro de la capacidad del impulsor y la resistencia mecánica de la bomba”. (p. 14-2). Las bombas de potencia se caracterizan por su alta eficiencia. Pueden tener dos, tres, cinco, siete ó nueve pistones, y de acuerdo a esto se les llama dúplex, tríplex, quíntuplex, séptuplex y nóduplex, respectivamente. El caudal de la bomba varía con el número de pistones. En general, mientras mayor es el número, menor es la variación del caudal, a rpm constantes.

Según Karassik I. (1.966), una bomba de potencia es, “Una máquina alternativa de velocidad, par motor y caudal constante, cuyos pistones se mueven por medio de un cigüeñal, a través de una fuente motriz externa”. (p. 3-1). Dichas bombas se construyen vertical y horizontalmente. Karassik I. (1.966), afirma que, “La presión máxima desarrollada por un pistón es de 7 MPa aproximadamente. Y las bombas con émbolos sólo se aplican para presiones que van de 7 a 200 MPa”. (p. 3-1).

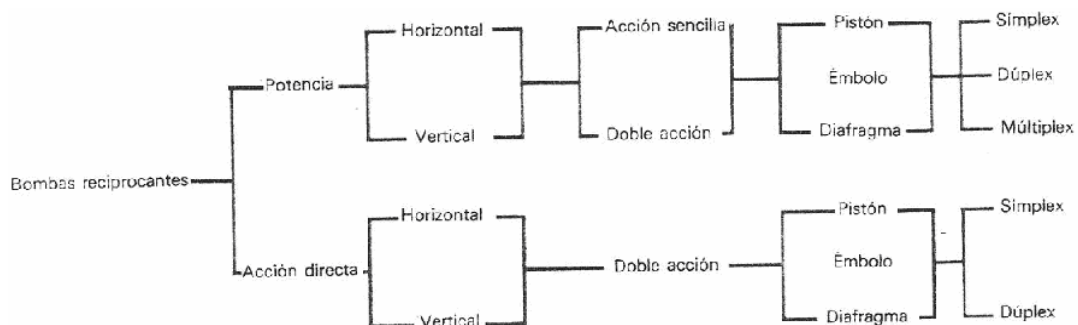
3.3.4- Bombas Reciprocantes

3.3.4.1- Clasificación de las Bombas Reciprocantes

Viejo M. (1.981) comenta que las bombas reciprocantes, se pueden clasificar de acuerdo a: (p.156). (ver figura 3.15).

- Extremo de Impulsión: Potencia o acción directa.
- Orientación de la Línea de Centros del Elemento de Bombeo: Horizontal o vertical.
- Número de Carreras de Descarga por Ciclo de cada Biela: Acción sencilla o doble acción.
- Elemento de Bombeo: Pistón, émbolo o diafragma.
- Número de Varillas o Bielas de Mando: Simplex, dúplex o múltiplex.

Figura 3.15. Clasificación de las bombas reciprocantes



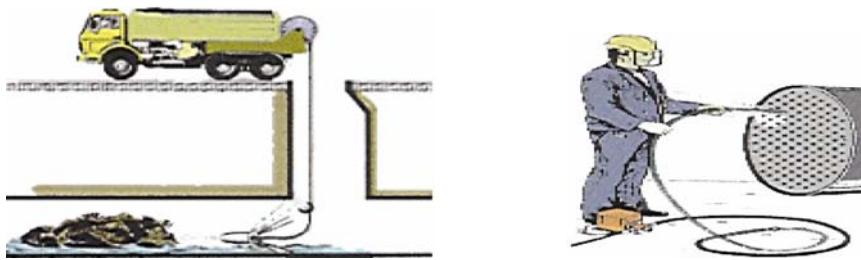
3.3.4.2- Razones para Utilizar Bombas Reciprocantes

Según Viejo M. (1.981) “La justificación para seleccionar una bomba reciprocante, en vez de una centrífuga o una rotatoria debe ser el costo; no sólo el costo inicial sino el costo total, incluyendo los costos de energía y mantenimiento”. (p. 153). Y su alta eficiencia; la cual según Viejo M. (1.981). “Suele ser de 85 a 94%”. (p. 154).

Algunas aplicaciones son casi exclusivas para las bombas reciprocantes, tales como: carga con amoniaco, carga de aminas, evitadores de reventón,

homogeneización, inyección y carga de glicoles, inyección y eliminación de agua salada, limpieza con alta presión, petróleo pobre, producción de fertilizantes, pruebas hidrostáticas, sistemas de oleoductos y gasoductos, sistemas hidráulicos, tambores deshidratados, y cualquier caso en donde se bombeen pastas aguadas, abrasivas o materiales muy viscosos a más de 3,5 MPa aproximadamente.

Figuras 3.16 y 3.17. *Diferentes aplicaciones de las bombas reciprocantes*



Otra razón para utilizar la bomba reciprocante es que el caudal es independiente de la presión de descarga, por ello una bomba de potencia de velocidad constante podrá manejar el mismo caudal a 3 y a 20 MPa.

3.3.4.3- Componentes de las Bombas Reciprocantes

3.3.4.3.1- Extremo Líquido de las Bombas Reciprocantes

El extremo líquido es la parte de la bomba en donde se efectúa el bombeo. Sus principales componentes son el cilindro, el elemento de bombeo y las válvulas.

El cilindro es la pieza más importante de la cámara de bombeo, dado que retiene la presión y soporta al resto de los componentes del extremo líquido.

Un pistón (ver figura 3.18) es un disco plano y cilíndrico que se encuentra sobre la biela y suele tener algún tipo de anillos selladores. Cumple la función de una pared móvil. La bomba de pistón suele tener una camisa reemplazable que absorbe el desgaste de dichos anillos.

Figura 3.18. *Pistón. Componente del extremo líquido de bombas reciprocantes*



Las válvulas (ver figura 3.19) se abren por la presión diferencial del líquido y pueden ser hemisféricas, de disco o de asientos cónicos.

Figura 3.19. *Válvulas. Componente del extremo líquido para bombas reciprocantes*



3.3.4.3.2- Extremo de Potencia de las Bombas Reciprocantes

Según Viejo M. (1.981), “El extremo de potencia de la bomba es donde se encuentra instalado el propulsor. Su función es convertir el movimiento rotatorio de la máquina motriz en movimiento alternativo en el extremo para el líquido.” (p. 161). El bastidor es el componente principal, dado que soporta todas las demás piezas motrices incluso al extremo líquido.

El cigüeñal (ver figura 3.20) es el segundo componente principal, Viejo M. (1.981) afirma que, “La función del cigüeñal en las bombas de potencia es la misma que en un motor de combustión, excepto que la aplicación de energía es en sentido opuesto”. (p. 161).

Figura 3.20. *Cigüeñal*



Otros componentes del extremo de potencia son la biela (ver figura 3.21), cojinetes (ver figura 3.22), cruceta, etc.

Figura 3.21. *Biela*



Figura 3.22. *Cojinetes*



3.3.4.4- Velocidad de las Bombas Reciprocantes

Según Viejo M. (1.981), “El factor que más se ha discutido a lo largo de los años respecto a las bombas de potencia es la velocidad máxima permisible.” (p. 168). Algunas bombas pueden funcionar bien a menos de 20 rpm, mientras que otras hay que mantenerlas por encima de 100 rpm. La velocidad de las bombas reciprocantes se encuentra limitada por la capacidad de la válvula de succión de funcionar al mismo ritmo que el pistón, y por su capacidad para proveer suficiente lubricación en todas las superficies del cojinete y apoyo en el extremo de potencia. Según Viejo M. (1.981), “La velocidad media del pistón no suele exceder de $1,5 \frac{m}{seg}$.” (p. 134).

Sí la bomba trabaja a mucha velocidad, la válvula de succión todavía no habrá asentado cuando el pistón invierta su carrera y empiece a entrar de nuevo el líquido en la cámara, entonces el líquido tendrá un flujo inverso momentáneo, lo que producirá que la válvula cierre de golpe y envíe una onda de choque hacia el múltiple y las tuberías de succión. Según Viejo M. (1.981) la velocidad en una bomba de potencia,

Varía de acuerdo al seno del ángulo del muñón o codo del cigüeñal. Sería una función senoidal perfecta si la longitud de la biela fuera infinita. La bomba de potencia tríplex tiene los codos de cigüeñal desplazados 120° y el solape de

60° hace que dos elementos descarguen o succionen líquido en forma simultánea la mitad del tiempo. Por ello, el perfil resultante de velocidad es la suma de las tres ondas senoidales solapadas, pero deformadas. La variación en eficiencia es sólo 25% de la promedio, la velocidad mínima es 82% de la velocidad promedio y la máxima es de 107% (ver tabla 3.1). Una bomba tríplex produce seis impulsos por revolución, debido a las jorobas que ocurren durante el solape de dos pistones. (p. 162).

Figura 3.23. Curvas de flujo para bombas reciprocantes de tres pistones

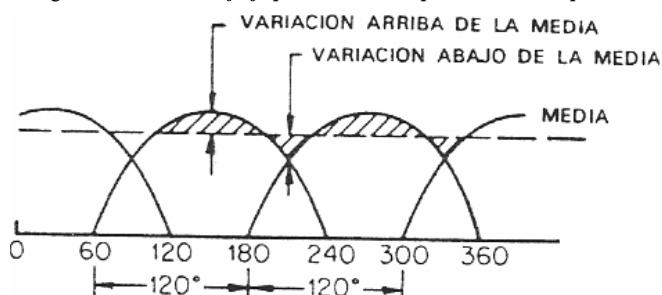


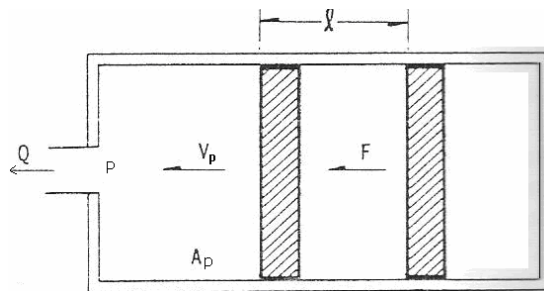
Tabla 3.1. Efecto del número de pistones en la variación del caudal. Fuente: Karassik I. Manual de bombas. Diseño, aplicación, especificaciones, operación y mantenimiento

Inicio	Número de pistones	% Sobre la media	% Debajo de la media	% Total	Fase del pistón
Tríplex	3	7	18	25	120°
Quíntuplex	5	2	5	7	72°
Séptuplex	7	1	3	4	51,5°
Nónuplex	9	1	2	3	40°

3.4- Principio del Desplazamiento Positivo

Según Viejo M. (1.981), “El funcionamiento de las bombas de desplazamiento positivo no se basa, como el de las turbomáquinas, en la ecuación de Euler, sino en el principio del desplazamiento positivo” (p.131); el cual podemos explicar de la siguiente manera: Imagínense un cilindro–pistón rígido o indeformable como el de la figura 3.24:

Figura 3.24. Cilindro-Pistón de una bomba de desplazamiento positivo



Donde: V_p = Velocidad uniforme a la que se desplaza el pistón.
 P = Presión del fluido.
 A_p = Área transversal del pistón.

El pistón al moverse hacia la izquierda desplaza al fluido a través del orificio. Si el pistón recorre una distancia l , el volumen que ocupa el líquido se reducirá con un valor igual a $A_p \times l$. Si D_p es el diámetro del pistón, su área transversal es:

$$A_p = \frac{\pi}{4} \times D_p^2$$

Como el fluido es incompresible, el volumen de fluido que sale por el orificio también será $A_p \times l$. El tiempo t empleado en recorrer la distancia l es:

$$t = \frac{l}{V_p}$$

El volumen desplazado en cada carrera es:

$$Vol = A_p \times S$$

Donde S es la carrera del pistón. El caudal teórico Q , o volumen desplazado en la unidad de tiempo será:

$$Q = \frac{A_p \times l}{t} = A_p \times V_p$$

La fuerza aplicada (F) sobre el pistón es:

$$F = P \times A_p$$

Sí no hay fricción, la potencia comunicada al fluido será:

$$Pot = F \times V_p = P \times A_p \times V_p = Q \times P$$

El principio del desplazamiento positivo consiste en el movimiento de un fluido causado por la disminución del volumen de una cámara. Según Viejo M. (1.981)

La regulación del caudal en las bombas de potencia no se hace por el cierre de la válvula de descarga, sino variando el número de revoluciones del motor; o desviando una parte del caudal de la tubería de descarga a la de succión (recirculación). La válvula de descarga en una bomba de pistones sólo se debe cerrar al pararla, jamás en marcha; de lo contrario, la presión crecería hasta tal punto que excedería la potencia que el motor puede proporcionar. (p. 134).

3.5- Eficiencia Mecánica

Según Viejo M. (1.981), La eficiencia mecánica (η_M) de una bomba de potencia se define de la siguiente manera: (p.166).

$$\eta_M = \frac{Pot_d}{Pot_s} = \frac{Q_d \times (P_d - P_s)}{Pot_s}$$

Donde: Pot_d = Potencia de descarga de la bomba, w.

Pot_s = Potencia de succión de la bomba, w.

Q_d = Caudal de descarga de la bomba, $\frac{m^3}{seg}$.

P_d = Presión de descarga de la bomba, Pa.

P_s = Presión de succión de la bomba, Pa.

Viejo M. (1.981) afirma que, la eficiencia mecánica de una bomba de potencia “A menudo excede del 90% y a veces es mayor que la eficiencia de su motor, la eficiencia mecánica disminuye cuando se reduce la carga del pistón y se debe a que la potencia de salida (potencia hidráulica) cae con mayor rapidez que las pérdidas por fricción”. (p. 166).

3.6- Cavitación

Fenómeno que ocurre cuando un líquido fluye rozando una superficie perdiendo presión, teniendo la posibilidad de llegar a la presión de vaporización a la temperatura a la cual se encuentra. Si el líquido llegase a dicha presión se formaría una burbuja de vapor, las cual viajaría a zonas de mayor presión donde implotaría. Según Karassik, citado por Potter M. (1.998), “Los cambios repentinos de dirección, aumentos súbitos de área, y la falta de diseño hidrodinámico son los culpables de que hayan daños por cavitación en las bombas”. (p.597).

La NPSH es una medida de la posibilidad de cavitación que depende de la geometría de entrada del elemento o componente principal de succión, y de la cinemática del flujo en dicha entrada. Según Karassik I. (1.966), “Para cada tamaño de pistón, rpm, caudal, y presión, hay un valor específico de altura neta positiva de succión requerida $(NPSH)_R$ ”. (p. 3-7). La $(NPSH)_R$ se define de la siguiente manera:

$$(NPSH)_R = \frac{P_I - P_v}{\gamma} - (Z_E - Z_I)_{critico} - h_{fs}$$

Donde:

P_I = Presión del líquido en el tanque de succión.

P_v = Presión de vapor.

γ = Peso específico del fluido bombeado.

Z_E = Cota de la brida o unión de entrada a la bomba.

Z_I = Cota del nivel del líquido en el tanque de succión al momento de la cavitación.

h_{fs} = Pérdidas en la tubería de succión.

Para calcular la altura neta positiva de succión disponible $(NPSH)_D$ se sustituye el $(Z_E - Z_I)_{critico}$ por el $(Z_E - Z_I)$ de la instalación.

$$(NPSH)_D = \frac{P_I - P_v}{\gamma} - (Z_E - Z_I) - h_{fs}$$

La presión en la entrada del elemento impulsor (P_{EP}), se puede definir de la siguiente manera:

$$\frac{P_{EP}}{\gamma} = \frac{P_I}{\gamma} + (Z_I - Z_{EP}) - \frac{V_{EP}^2}{2 \times g} - h_a - h_{f_{I-EP}}$$

Donde:

Z_{EP} = Cota en la entrada del elemento impulsor.

V_{EP} = Velocidad del fluido en la entrada del elemento impulsor.

h_a = Carga de aceleración.

$h_{f_{I-EP}}$ = Pérdidas en la tubería de succión, abarca desde el tanque de succión hasta el elemento impulsor. Incluye las pérdidas en las válvulas.

La cavitación se evita cuando se cumple cualquiera de las siguientes condiciones:

$$(NPSH)_R < (NPSH)_D; (Z_E - Z_I) < (Z_E - Z_I)_{critico}; \frac{P_v}{\gamma} < \frac{P_{EP}}{\gamma}. \text{ Karassik, I. (1.966),}$$

afirma que, “Es conveniente tener la $(NPSH)_D$ de 20 a 35 kPa aproximadamente mayor que la $(NPSH)_R$ ”. (p. 3-7).

3.7- Carga de Aceleración

Según Viejo M. (1.981), la carga de aceleración ocurre porque “La circulación en las tuberías de succión y descarga no es constante, el fluido tiene que acelerar y desacelerar cierto número de veces por cada revolución del cigüeñal”. (p. 162). Según Cameron (1.988), la carga de aceleración (h_a) se calcula de la siguiente manera:

$$h_a = \frac{L_s \times V_s \times N \times C \times DR}{2,31 \times K' \times g}$$

Donde: L_s = Longitud de succión, m.

V_s = Velocidad del líquido en la tubería de succión, $\frac{m}{seg}$.

N = Revoluciones por minuto (rpm) del cigüeñal de la bomba.

C = Constante que depende del tipo de bomba. Para una bomba triplex, $C = 0,066$.

DR = Densidad relativa del fluido. Para el Agua, $DR = 1$.

K' = Constante que depende de la compresibilidad del líquido. Para el agua, $K' = 1,5$.

g = Constante de gravedad, $g = 9,81 \frac{m}{seg^2}$.

Según Viejo M. (1.981) “La ecuación anterior, no es lo bastante amplia para compensar factores como la elasticidad del Sistema y la velocidad de una onda de presión en el líquido”. Viejo M. (1.981) afirma que

La carga de aceleración aumenta en proporción directa con la frecuencia, cuando se duplica la velocidad de la bomba también se duplica la carga de aceleración y se reduce la $(NPSH)_D$ del sistema. Además, si se duplica la velocidad se necesita un resorte de válvula más fuerte, lo que aumenta la $(NPSH)_R$ de la bomba. Si la $(NPSH)_D$ cae por debajo de la $(NPSH)_R$, ocurrirán cavitación y golpeteo. (p. 168).

3.8- Tuberías de Succión y Descarga

Desde el punto de vista de importancia, la tubería de succión probablemente merece más atención que la de descarga. Las dificultades que causa una tubería de succión mal diseñada son las siguientes: NPSH insuficiente, inestabilidad hidráulica, conformación de vórtices fuertes que conducen a vibración, ruidos, cavitación, caudal reducido, golpe de ariete, sobrecalentamiento de la bomba, reducción de la vida útil de sus componentes y desgaste excesivo de los rodamientos.

Los factores más importantes en el diseño de tuberías de descarga son el diámetro de la tubería, velocidad del líquido, longitud de la tubería, número y tipo de accesorios. Según Hicks (1.960),

El objetivo al diseñar un sistema de tuberías es asegurarse que se tiene el caudal deseado con el mínimo costo total. El costo inicial de tubería, accesorios depreciación y mantenimiento son directamente proporcional al diámetro de la tubería. El costo de la caída de Presión (costo de bombeo) es inversamente proporcional al diámetro. De manera que debe buscarse un balance económico, del diámetro que dará la suma para los costos iniciales, de operación y de bombeo. (p. 243).

Para reducir las pérdidas por fricción en la descarga, la tubería debe ir desde la bomba al equipo que sirve por el camino más corto posible. Debe hacerse todo el esfuerzo para mantener el número de válvulas, accesorios y cambios de dirección al mínimo necesario.

3.9- Altura Dinámica Total de la Bomba

Si la bomba aspira líquido de un depósito y lo impulsa a un recipiente o a una salida libre, la diferencia de las alturas de los niveles de los líquidos de ambos recipientes, o la diferencia entre el nivel del líquido aspirado y la salida libre, se designa con el nombre de altura dinámica total de la bomba. Debido al rozamiento, a los cambios de sección, de dirección, etc., se producen pérdidas internas de altura de presión de la bomba en las tuberías de aspiración e impulsión. La altura dinámica total de la bomba, valdrá:

$$H = \frac{P_d - P_s}{\gamma} + \frac{V_d^2 - V_s^2}{2 \times g} + (Z_d - Z_s)$$

Donde:

V_d = Velocidad de descarga del fluido.

Z_d = Cota de descarga de la bomba.

Z_s = Cota de succión de la bomba.

3.10- Pérdidas de energía en una Conducción

Una conducción es el conjunto de tuberías, válvulas y accesorios que existen entre el tanque de succión y la bomba o entre la bomba y la red de distribución. Las pérdidas de energía en una conducción se clasifican en:

1. Pérdidas Mayores o de Fricción: Crecen linealmente con el desarrollo de la conducción, y se deben al roce de las partículas de agua entre sí o con las paredes de la tubería.
2. Pérdidas Menores o Locales: Ocurren en una zona definida de la conducción y son originadas por válvulas, cambios de dirección, ampliaciones o reducciones, entradas o salidas, etc.

Según Pietersz F. (2.001)

La mayoría de las formulas desarrolladas para calcular las pérdidas mayores o de fricción se han basado en la suposición de que dicha energía depende sólo de la velocidad del fluido, de las dimensiones y de la rugosidad de las paredes del conducto. Teniendo como base que la resistencia que posee un líquido a fluir es debido a los esfuerzos viscosos de corte que se generan internamente, y a las turbulencias que ocurren a lo largo de las paredes de la tubería motivado a la rugosidad de las mismas. (p. 2).

Para evaluar las pérdidas mayores o de fricción (h_f) en la conducción, se utiliza la ecuación de Darcy:

$$h_f = \left(f \times \frac{L}{D} \right) \frac{V^2}{2 \times g}$$

Donde: f = Factor de fricción.

L = Longitud de la tubería.

V = Velocidad a la que se desplaza el fluido.

D = Diámetro de la tubería.

Según Potter, M. (1.998), “Es útil expresar la pérdida por fricción de un elemento de tubería en la forma exponencial” (p. 525), así como se muestra a continuación:

$$h_f = R \times Q^2$$

Donde: R = Coeficiente de resistencia.

Sí se combinan las dos ecuaciones anteriores, resulta lo siguiente:

$$R = \frac{8 \times f \times L}{g \times \pi^2 \times D^5}$$

Para calcular las pérdidas menores o locales en una conducción se utiliza la ecuación de Darcy mediante una pequeña modificación:

$$h_f = K \times \frac{V^2}{2 \times g}$$

Donde: K = Coeficiente de pérdida. Se obtiene experimentalmente y depende del diámetro, diseño y tipo de accesorio.

Según Potter, M. (1.998), “Es posible convertir los términos de pérdidas menores utilizando una longitud equivalente (L_e)” (p. 533), tal como se muestra a continuación:

$$L_e = \frac{D}{f} \sum K$$

Además, Potter, M. (1.998), definió el coeficiente de resistencia de la tubería modificado (R'), como se indica en la siguiente fórmula:

$$R' = \frac{8 \times f (L + L_e)}{g \times \pi^2 \times D^5}$$

Para determinar el régimen de flujo en que se encuentra un líquido que se desplaza a través de una tubería circular se realiza el cálculo del número de Reynolds (Re):

$$Re = \frac{V \times D \times \rho}{\mu} = \frac{V \times D}{\nu}$$

Donde: ρ = Densidad del fluido.

μ = Viscosidad absoluta.

ν = Viscosidad cinemática.

Sí $Re \leq 2.000$, entonces el flujo es laminar. Sí $Re \geq 4.000$, el flujo es turbulento. Y sí $2.000 \leq Re \leq 4.000$, entonces el flujo es de transición. Sí el flujo es laminar el factor de fricción se calcula de la siguiente manera:

$$f = \frac{64}{Re}$$

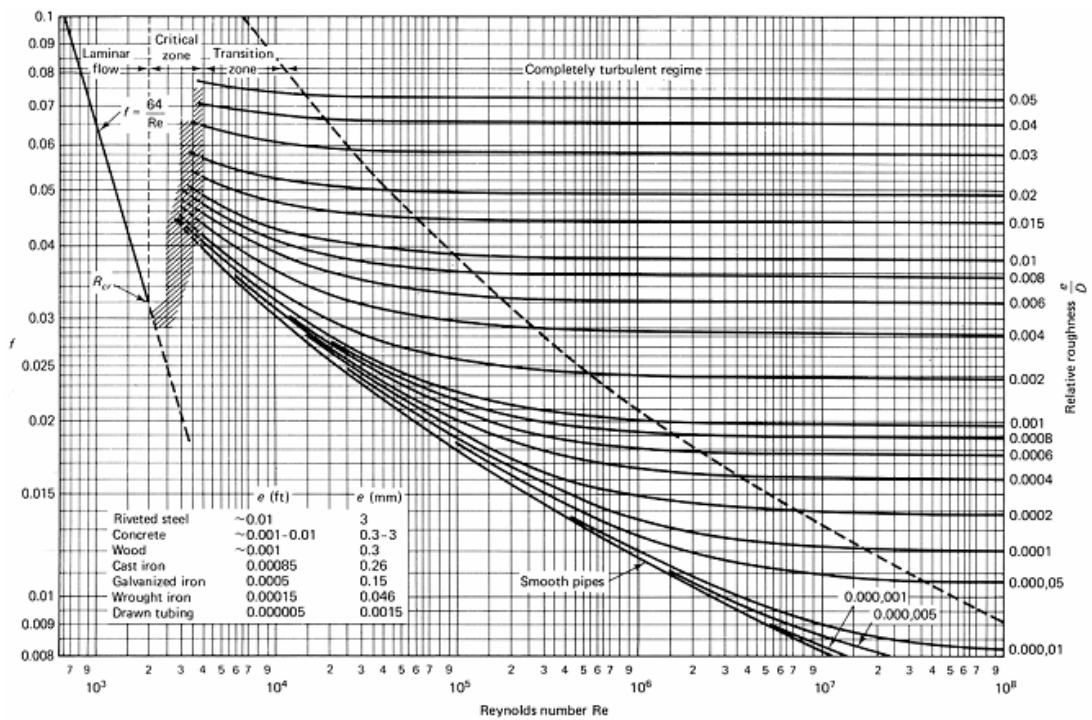
Sí el flujo es turbulento o de transición, el factor de fricción, según Colebrook, se calcula de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log \left(\frac{\varepsilon}{3,7 \times D} + \frac{2,51}{Re \sqrt{f}} \right)$$

Donde: $\frac{\varepsilon}{D}$ = Asperidad relativa.

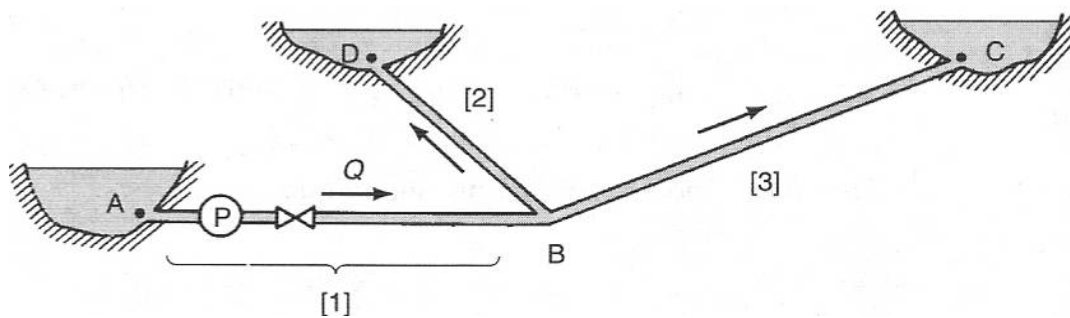
A partir de la ecuación anterior, Moody desarrolló un gráfico (ver figura 3.25) que permite obtener el valor de f sin necesidad de resolver dicha ecuación.

Figura 3.25. *Diagrama de Moody*



Las tuberías ramificadas (ver figura 3.26) son redes abiertas, en contraste con las tuberías en paralelo, y su característica principal es que poseen tres o más elementos conectados en una sola unión, tal como se muestra en la siguiente figura:

Figura 3.26. *Sistemas de tuberías ramificadas, con el flujo impulsado por una bomba.*



Las ecuaciones de energía y continuidad para la figura anterior, son las siguientes:

$$\left(\frac{P}{\gamma} + Z + \frac{V^2}{2 \times g}\right)_A + H_p = \left(\frac{P}{\gamma} + Z + \frac{V^2}{2 \times g}\right)_B + \bar{R}_1 \times Q_1^2$$

$$\left(\frac{P}{\gamma} + Z + \frac{V^2}{2 \times g}\right)_B = \left(\frac{P}{\gamma} + Z + \frac{V^2}{2 \times g}\right)_D + \bar{R}_2 \times Q_2^2$$

$$\left(\frac{P}{\gamma} + Z + \frac{V^2}{2 \times g}\right)_B = \left(\frac{P}{\gamma} + Z + \frac{V^2}{2 \times g}\right)_C + \bar{R}_3 \times Q_3^2$$

$$Q_1 = Q_2 + Q_3$$

Donde la carga de la bomba (H_p), se calcula de la siguiente manera:

$$H_p = \frac{Pot \times \eta_M}{\gamma \times Q}$$

3.11- Válvulas

Según el manual de Mecánica Industrial (1.999), las válvulas se clasifican de la siguiente manera:

Válvulas Distribuidoras: 2 vías / 2 posiciones, 3 vías / 2 ó 3 posiciones, 4 vías / 2 ó 3 posiciones, 5 vías / 2 ó 3 posiciones, 6 vías / 2, 3 ó 4 posiciones.

Válvulas Regulatoras de Presión: Válvula de seguridad, válvula de descarga, válvula limitadora, válvula reductora, válvula de secuencia, válvula de alta y baja presión, válvula de descarga de acumuladores.

Figura 3.27. *Válvula reguladora de presión*



Válvulas Regulatoras de Caudal: Válvula de estrangulación, válvula reguladora de caudal compensado, válvula divisora de caudal, válvula limitadora de caudal.

Figura 3.28. *Válvulas de regulación*



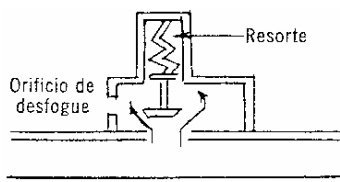
Válvulas de Cierre o Bloqueo: Válvula de retención, válvula de retención pilotada, válvula de prellenado.

Figura 3.29. *Válvulas de retención*



Válvula de Seguridad: Mecanismo compuesto por un émbolo y uno o varios resortes, que limita la presión manteniéndola siempre por debajo de un nivel ajustable, y que se coloca a la salida de la bomba. Posee una entrada de agua, una salida y otro orificio de salida por el que expulsan el agua necesaria para la regulación de la bomba. Este último se denomina retorno y suele enviar el agua sobrante a la entrada de la bomba (recirculación). La válvula de seguridad es el elemento indispensable en las instalaciones hidráulicas y es el aparato que más cerca se debe poner de las bombas; su misión es limitar la presión máxima del circuito para proteger a los elementos de la instalación. Es una válvula normalmente cerrada y sólo se abre y vierte parte o todo el caudal de la bomba al depósito cuando llega a alcanzar el taraje previamente establecido.

Figura 3.30. *Válvula de seguridad*

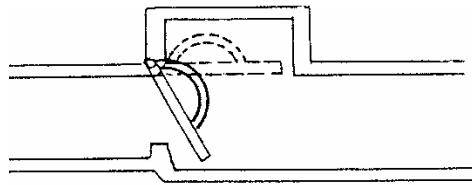


En las bombas de desplazamiento positivo, las válvulas de seguridad siempre deben tener la descarga abierta, pues a medida que la misma se obstruya, aumenta la presión en el circuito hasta alcanzar valores que pueden ocasionar la rotura de la

bomba; por tal causa siempre se debe colocar inmediatamente a la salida de la bomba una válvula de alivio o de seguridad con una descarga a tanque y con registro de presión. Cuando se produce un cierre total del circuito, desvían todo el caudal hacia el retorno, manteniendo la presión en la manguera o circuito de salida a la presión preestablecida.

Válvula de Retención: Impide que el líquido fluya en la tubería en los dos sentidos. Según Gómez A. (1.963), “Una válvula de este tipo siempre debe instalarse en la tubería de descarga de la bomba, para evitar que las ondas del golpe de ariete, al cerrar una válvula, lleguen hasta la bomba”. (p. 194).

Figura 3.31. *Válvula de retención*



3.12- Golpe de Ariete

El golpe de ariete ocurre cuando se cierra bruscamente una válvula, lo cual produce un exceso de presión por transformación de la energía cinética. Este fenómeno ocurre cuando la velocidad del líquido cambia repentinamente por arranque, paro súbito, o cambio en la velocidad de una bomba; o por una abertura o cerrado repentino de una válvula o de otro medio de control de caudal que altere la velocidad del líquido.

El golpe de ariete viene frecuentemente acompañado por un ruido desagradable, pero el principal resultado de un cambio repentino de velocidad puede ser una elevación rápida de Presión en la tubería. Si la elevación de presión es excesiva puede dañar la bomba y la tubería. Esto puede presentarse ya sea en la tubería de succión o descarga y en cualquier clase de bomba. Para aumentar el tiempo de cese del flujo, puede usarse un amortiguador de pulsaciones en la tubería cerca de la bomba o del

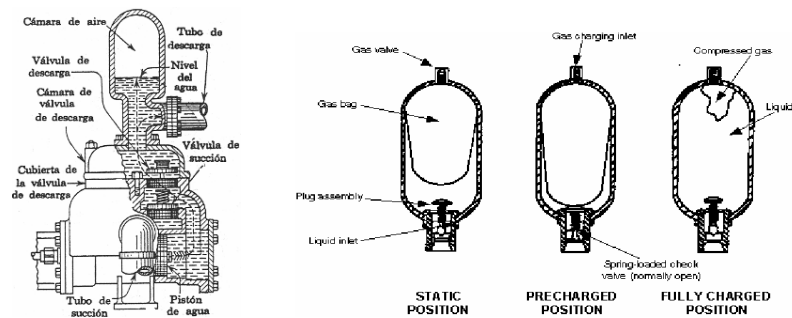
objeto que causa el golpe de ariete. Las válvulas de alivio de aire pueden instalarse también de manera que sirvan para aliviar aire y agua durante un impulso.

3.13- Amortiguador de Pulsaciones

Al intercalar un elemento elástico intermedio, como la cámara de aire (ver figuras 3.32 y 3.33), la tubería se divide en dos partes, de manera que sólo la columna de agua situada entre la cámara de aire y la bomba es la que sigue los movimientos del pistón, o sea, es la que se acelera y retarda, mientras que la columna de agua de la parte restante de la tubería se mueve con una velocidad aproximadamente constante. Según Viejo M. (1.981),

Todas las bombas recíprocas producen flujo a pulsaciones. Una forma de suavizar estas pulsaciones es con un amortiguador, que no es más que una cámara de aire que amortigua el flujo mediante compresión y dilatación alternada del aire atrapado. Dicha cámara, a menudo, tiene una membrana flexible para aislar el aire del líquido que se bombea, con la finalidad de que el aire del amortiguador no se disuelva en el líquido. (p. 211).

Figuras 3.32 y 3.33. Cámara de aire



Un acumulador consiste en un depósito destinado a almacenar fluido incompresible y conservarlo a una cierta presión mediante una fuerza externa. El fluido hidráulico bajo la presión entra a las cámaras del acumulador y hace una de estas tres funciones: comprime un resorte, comprime un gas o levanta un peso, y posteriormente cualquier caída de presión en el sistema provoca que el elemento

reaccione y fuerce al fluido hacia afuera nuevamente. Fuchslocher S. (1.964), afirma que, “Al contrario de lo que sucede en la cámara de aire de la aspiración, el volumen del aire de la cámara de aire de la impulsión va disminuyendo de una manera continua, debido a la mayor capacidad de absorción del agua impulsada”. (p. 241).

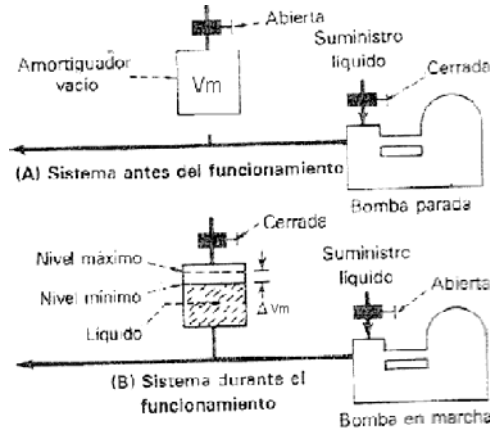
Los problemas que originan las pulsaciones son: Deterioro de tuberías, ruidos y vibraciones, rompimiento de los órganos de control y regulación, fugas en juntas y racores. Las ventajas que ofrecen los amortiguadores de pulsaciones son las siguientes:

- Se adecuan automáticamente a las variaciones de carga hidrostática y caudal requeridas.
- Acumulan energía.
- Golpes de ariete sensiblemente reducidos.
- Protegen los aparatos de la tubería.
- Minimizan las pulsaciones.
- Compensador de fugas.
- Fuerza auxiliar de emergencia.
- Amortiguador de vibraciones.
- Transmisor de energía de un fluido a otro.

Es de máxima importancia hacer que la conexión entre el amortiguador y la bomba, sea lo más corta grande posible. Un amortiguador simple de aire por lo común es satisfactorio en la entrada del lado de succión de las bombas, pero con mayores presiones de entrega, la carga de aire o gas se pierde pronto al disolverse en el fluido bombeado. En este caso, se necesita un amortiguador que tenga alguna forma de diafragma o bolsa para mantener la carga. Las cámaras amortiguadoras en la succión resultan convenientes en particular en los casos en que el líquido llega a la bomba bajo una carga estática o la tubería de succión es relativamente larga. En la figura 3.34 se muestra un amortiguador sencillo en el cual la carga inicial de aire se

encuentra a presión atmosférica. El volumen de la cámara antes de que entre el líquido del proceso es lo que indica el “tamaño” del amortiguador o sea su volumen V_m , cuando se encuentra vacía.

Figura 3.34. Sistema con amortiguador de pulsaciones



Antes de que empiece el bombeo, la válvula en la parte superior de la cámara está cerrada y atrapa el aire atmosférico en la cámara. Cuando empieza el bombeo, el líquido del proceso entra al amortiguador y comprime el aire atrapado. Este “cojín” de aire comprimido se dilata y contrae en forma cíclica con cada impulso de la bomba.

Viejo M. (1.981) afirma que, “El amortiguador posee las mismas ventajas si se encuentra del lado de la descarga o en el lado de succión de la bomba”. (p. 211). Según Fuchslocher S. (1.964), el volumen medio de aire del amortiguador de pulsaciones (V_m) se calcula de la siguiente manera:

$$V_m = \frac{U}{\delta_p} + \frac{1}{n^2 \times w^2} \times \frac{H \times A \times g}{L}$$

Donde: U = Cantidad fluctuante de agua, o variación del volumen de aire.

δ_p = Grado dinámico de irregularidad. (Oscila entre 0,05 a 0,1 en cámaras de aire de aspiración; y de 0,01 a 0,05 en cámaras de aire de impulsión).

n = Número de carreras de aspiración o de impulsión por revolución del cigüeñal.

w = Velocidad angular del cigüeñal.

A = Área de la tubería.

Para una bomba de tres pistones, la cantidad fluctuante de agua o variación del volumen de aire, se calcula de la siguiente manera:

$$U = 0,009 \times A_p \times S$$

De acuerdo a Fuchslocher S. (1.964), existe un valor q , que representa el número de oscilaciones de la columna de agua dividido entre el número de impulsos de la bomba en el mismo intervalo de tiempo. Y se define de la siguiente manera:

$$q = \frac{1}{n \times w} \times \sqrt{\frac{H \times A \times g}{L \times V_m}}$$

Sí $q = 0$, entonces hay un número de oscilaciones infinitamente pequeñas.

Sí $q = 1$, entonces el número de oscilaciones es igual al número de impulsos de la bomba. Y por ende hay presencia de resonancia.

Sí $q > \frac{1}{\sqrt{2}}$, entonces no se justifica la utilización de una cámara de aire.

3.14- Diseño del Sistema

Según Viejo M. (1.981), “Sólo la velocidad es más importante que el diseño del sistema para lograr una instalación satisfactoria. Un diseño inadecuado producirá vibraciones y ruidos en el sistema”. (p. 169). De acuerdo a Viejo M. (1.981), el diseño del sistema debe cumplir los siguientes requisitos:

Tubería de Succión:

- Que sea lo más corta y directa posible.
- Que sea uno o dos diámetros de tubería más grande que la conexión de succión en la bomba.

- Que tenga el mínimo de recodos posibles; hay que utilizar codos largos o laterales.
- El reductor se debe calcular de modo que la $(NPSH)_D$ sea mayor que la $(NPSH)_R$.
- Incluir un amortiguador de pulsaciones en la tubería de succión y adyacente al extremo de líquido si la carga de aceleración es excesiva.
- No utilizar filtro salvo que se les puede dar mantenimiento periódico.

Tubería de Descarga:

- Que sea uno o dos diámetros de tubería más grande que la conexión de descarga en la bomba.
- Que tenga una velocidad promedio menor de tres veces la velocidad máxima en la tubería de succión.
- Que tenga el mínimo de recodos posibles, hay que utilizar codos largos o laterales.
- Que incluya un amortiguador de pulsaciones adyacente al extremo de líquido de la bomba.
- Que incluya una válvula de desahogo de un diámetro que deje pasar toda la capacidad de la bomba que no exceda del 110% de su presión de “disparo” o apertura. La descarga de la válvula de desahogo debe retornar al recipiente de succión para que los gases desprendidos en la válvula no vuelvan a la bomba.

3.15- GAP

Es una herramienta desarrollada por Pepsico Internacional para medir y cuantificar las fallas en los equipos y en las líneas de producción. El GAP es un análisis de brechas de oportunidades entre los estándares deseados y la situación o desempeño actual de las líneas de producción evaluadas en los tiempos programados de funcionamiento. La herramienta reúne los eventos y el tiempo en el cual estuvieron

paralizados o no estuvieron operativos los equipos, para generar gráficos de Pareto con relación a cual es el equipo con mayor incidencia de fallas para su posterior corrección.

Dependiendo de la cantidad de eventos en función al tiempo acumulado de los mismos, el GAP analiza las oportunidades de mejora tácticas o estratégicas que se ameritan para cubrir las brechas y alcanzar el estándar. Así mismo el GAP determina cual es la producción perdida basándose en los tiempos de paradas de equipos reportados y la incidencia en el costo operativo de la marcha de las líneas de producción.

Una de las aplicaciones básicas de la herramienta GAP es la capacidad de planear actividades desde los diferentes puntos de la gerencia a trabajar efectivamente para prevenir pérdidas de funcionalidad (fallas) en los sistemas mediante análisis previos, esto desde el punto de vista programático. Además este programa, analiza tiempos de limpieza de las líneas de producción; los cuales deben estar en un rango determinado. El GAP calcula la productividad de una Línea en un intervalo de tiempo determinado de la siguiente manera:

$$\% \text{ Productividad} = \frac{\text{Cajas Sacadas}}{\text{Cajas Posibles}}$$

Donde las cajas sacadas son el número de cajas producidas por una línea en un tiempo determinado, y las cajas posibles son el número de cajas que produciría una línea si no se detuviera en el mismo intervalo de tiempo. Vale resaltar que el valor de cajas posibles es constante para cada línea de producción en un intervalo de tiempo dado, y se calcula de la siguiente manera:

$$\text{Cajas Posibles} = \frac{\frac{\text{Bot}}{\text{min}} \times \frac{60 \text{ min}}{1 \text{ Hora}} \times \text{Horas de Producción}}{\frac{\text{Número de Botellas}}{\text{Caja}}}$$

Sí se representa esta Formula en una tabla para cada línea de producción, presentación, y turnos de trabajo se obtiene lo siguiente:

Tabla 3.2. *Cajas posibles por cada Línea de Producción en cada turno de trabajo. Fuente: GAP.*

Línea	Presentación (ml)	bpm	BotxCaja	Turno 1 (8,5 h)	Turno 2 (8 h)	Turno 3 (7,5 h)
1	330	222	24	4718	4440	4163
2	600	135	24	2869	2700	2531
3	5000	22	2	5610	5280	4950
4	250	220	24	4675	4400	4125
5	270	84	24	1785	1680	1575

CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA UTILIZADA

4.1- Diseño de Investigación

Según Fideas A. (2.004), “El diseño de Investigación es la estrategia general que adopta el investigador para responder al problema planteado. Se clasifica en: documental, de campo y experimental.” (p. 24).

En este caso la investigación es de campo intensiva. Según Fideas A. (2.004), una investigación de campo “Consiste en la recolección de datos directamente de los sujetos investigados, o de la realidad donde ocurren los hechos (datos primarios), sin manipular o controlar variable alguna.” (p. 28). Y según Ramírez (citado por Fideas Arias, 2.004), una investigación de campo es intensiva “Cuando se concentra en casos particulares, sin la posibilidad de generalizar los resultados.” (p. 29).

La información recopilada para elaborar el presente Trabajo Especial de Grado se realiza directamente en el lugar donde ocurren los hechos, es decir, mediante investigaciones directas al sitio de trabajo (Planta San Pedro de Pepsi-Cola de Venezuela C.A.); por lo tanto, dicha información es específica, exclusiva y particular para dicha empresa.

4.2- Población y Muestra

Según Fideas A. (2.004), “La población es el conjunto de elementos con características comunes que son objetos de análisis y para los cuales serán válidas las conclusiones de la investigación.” (p. 98).

Según Sabino C. (1.992), “Una muestra, en un sentido amplio, es una parte del todo que llamamos Universo y que sirve para representarlo.” (p. 86). En nuestro caso la población coincide con la muestra, debido a que el diseño se esta realizando para

toda la Planta San Pedro de Pepsi-Cola y porque las entrevistas realizadas se le ejecutaron a todos los operadores de dicha planta.

4.3- Técnicas de Recolección de Datos

Según Fidias A. (2.004), “Las técnicas de recolección de datos son las distintas formas o maneras de obtener la información.” (p. 99). Entre los tipos de técnicas para recolectar datos se encuentran: observación científica (simple y participante), encuesta oral y escrita (cuestionario), entrevista, análisis documental y de contenido, cuestionario de autoaplicación, test, diagrama sociométrico, escalas y diferenciales semánticos. Las técnicas para recolectar datos que se utilizan en el presente Trabajo Especial de Grado son la observación científica participante y la entrevista. Según Sabino (1.992), La observación científica se define como

El uso sistemático de nuestros sentidos en la búsqueda de los datos que se necesitan para resolver un problema de investigación, es decir, percibir activamente la realidad exterior con el propósito de obtener los datos que, previamente, han sido definidos como de interés para la investigación. (p. 106).

La principal ventaja de la observación científica es que los hechos son percibidos directamente, sin ninguna clase de intermediación, colocándonos ante la situación estudiada tal como ésta se da naturalmente. La observación científica participante, según Sabino (1.992),

Implica la necesidad de un trabajo casi siempre más dilatado y cuidadoso, pues el investigador debe primeramente integrarse al grupo, comunidad o institución en estudio para, una vez allí, ir realizando una doble tarea: desempeñar algunos roles dentro del grupo, como uno más de sus miembros, a la par que ir recogiendo los datos que necesita para la investigación. Es preciso, por lo tanto, confundirse con las personas sobre las que recae la

observación, como si se fuera una más de ellas, pero sin abandonar la actitud observadora. Con esto se consigue ser testigo de los hechos “desde adentro”, y el observador no sólo puede percibir las formas más exteriores de la conducta humana sino también experimentar en carne propia las percepciones y sensaciones de los miembros del grupo, penetrando así en la comprensión de las actitudes y los valores que intervienen en el fenómeno en estudio. Se añade así todo una dimensión emocional, una carga de sentimientos vividos directamente que redundan en el enriquecimiento de los datos obtenidos y que permite reunir un cuerpo de información variado y completo. (p. 108).

La observación científica participante se utiliza para explorar y unificar información acerca de ¿Cómo? ¿Por qué? ¿Dónde? y ¿Cuándo? los trabajadores de Planta San Pedro realizan el proceso de limpieza. Mediante esta técnica se comprueban continuamente los procedimientos e instrumentos que ellos utilizan para realizar dicho proceso, además de participar activamente en la limpieza para tener una visión más amplia del tema a estudiar, y observar de una manera más eficaz y efectiva el comportamiento de los operadores en el proceso de limpieza.

La segunda técnica para recolectar información utilizada es la entrevista; la cual según Fidias (2.004), “Es una técnica basada en un diálogo o conversación “cara a cara”, entre el entrevistador y el entrevistado acerca de un tema previamente determinado, de tal manera que el entrevistador pueda obtener la información que requiere.” (p. 71). Para realizar las entrevistas se siguen los siguientes pasos:

- Planeación y definición de manera clara los propósitos de la entrevista.
- Planeación de citas con los entrevistados, mostrando respeto por su tiempo.
- Presentarse y explicar los propósitos de la misma.
- Propiciar durante la entrevista un ambiente positivo.
- Mostrar interés, saber escuchar, actuar con naturalidad y no mostrar prisa.

- Hacer las preguntas sin una respuesta implícita y emplear un tono de voz modulado.
- Ser franco y no extraer información del entrevistado sin su voluntad.
- No apabullar con preguntas y evitar aparecer autocrático.
- Permitirle salidas airoas y verificar si todas las preguntas han tenido respuesta.
- Detectar contradicciones y mentiras, dándole a conocer lo que se conoce del hecho.
- Evitar desviaciones del tema y oportunidades para distraer la atención.
- Concluir la entrevista antes que el entrevistado se canse y despedirse, dejando el camino abierto por si es necesario volver.

La entrevista se utiliza para obtener información y conocer las opiniones de los operarios, mecánicos, analistas de control de calidad, supervisores, jefes, y gerentes, sobre las principales ventajas y desventajas de la limpieza actual, así como también se le solicita sugerencias y opiniones para el nuevo sistema de limpieza; es decir, se aplica una entrevista no estructurada focalizada, la cual según Sabino (1.992)

Es una entrevista libre y espontánea, pero tiene la particularidad de concentrarse en un único tema. El entrevistador deja hablar sin restricciones al entrevistado, proponiéndole apenas algunas orientaciones básicas pero, cuando éste se desvía del tema original y se desliza hacia otros distintos, el entrevistador vuelve a centrar la conversación sobre el primer asunto, y así repetidamente. Se emplea normalmente con el objeto de explorar a fondo alguna experiencia vivida por el entrevistado o cuando nuestros informantes son testigos presénciales de hechos de interés, por lo que resulta adecuado insistir sobre estos pero dejando, a la vez, entera libertad para captarlos en toda su riqueza. Esto ocurre también cuando se trata de interrogar a los actores principales de ciertos hechos. (p. 113).

Vale resaltar que en las entrevistas, se les da una atención especial a los operadores de la planta; debido a que son las personas que realizan “día a día” la limpieza de las líneas de producción, y nadie mejor que ellos pueden describir con objetividad y realidad las facilidades e inconvenientes de la limpieza actual. También son de gran utilidad las sugerencias, opiniones, soluciones y deseos que ellos puedan expresar para que el sistema de limpieza a alta presión, que se diseña en este proyecto, cumpla con todas sus expectativas; debido a que, según Sabino (1.992), “Nadie mejor que la misma persona involucrada en un proceso para hablarnos acerca de todo aquello que piensa y sienta, de lo que ha experimentado o proyecta hacer.” (p. 111).

4.4- Instrumentos de Recolección de Datos

Según Fidias (2.004) “Los instrumentos de recolección de datos son los medios materiales que se emplean para obtener, registrar, recoger o almacenar la información”. (p. 99).

Según Sabino (1.992), “Un instrumento de recolección de datos es, en principio, cualquier recurso de que se vale el investigador para acercarse a los fenómenos y extraer de ellos información.” (p. 104). Entre los tipos de instrumentos para recolectar datos se encuentran: fichas, formatos de cuestionario, guía de entrevista, lista de cotejo, escalas de aptitudes u opinión, grabador, cámara fotográfica y de video, diario, registros, tarjetas, notas, mapas, y diagramas. Los instrumentos para recolectar datos que se utilizan en nuestro caso son: fichas, guía de entrevista, cámara fotográfica, cámara de video, notas y registros.

Las fichas se utilizan como unidades de registro. Una ficha bibliográficas, según Sabino (1.992), “Es una simple guía para recordar cuáles libros o trabajos han sido consultados o existen sobre un tema, y sólo poseen los siguientes elementos: nombre

del autor o los autores, título de la obra, editorial que la publicó, y lugar y año de la edición”. (p. 121).

La guía de entrevista que se utiliza no es más que un elemento orientador que hace posible una entrevista más organizada y evita trabajos innecesarios o repetitivos.

La cámara fotográfica y la cámara de video se utilizan porque son instrumentos para recolectar datos que deben estar presentes en toda investigación debido a que contribuyen a obtener conocimientos más completos y exactos, además ayudan a preservar la objetividad de la investigación, evitando que la manera en que se presentan los hechos sea distorsionada, y según Sabino (1.992), “La cámara fotográfica y la cámara de video son instrumentos que se utilizan por la exactitud y amplitud de sus registros, y por la confianza que proporcionan al investigador”. (p. 108).

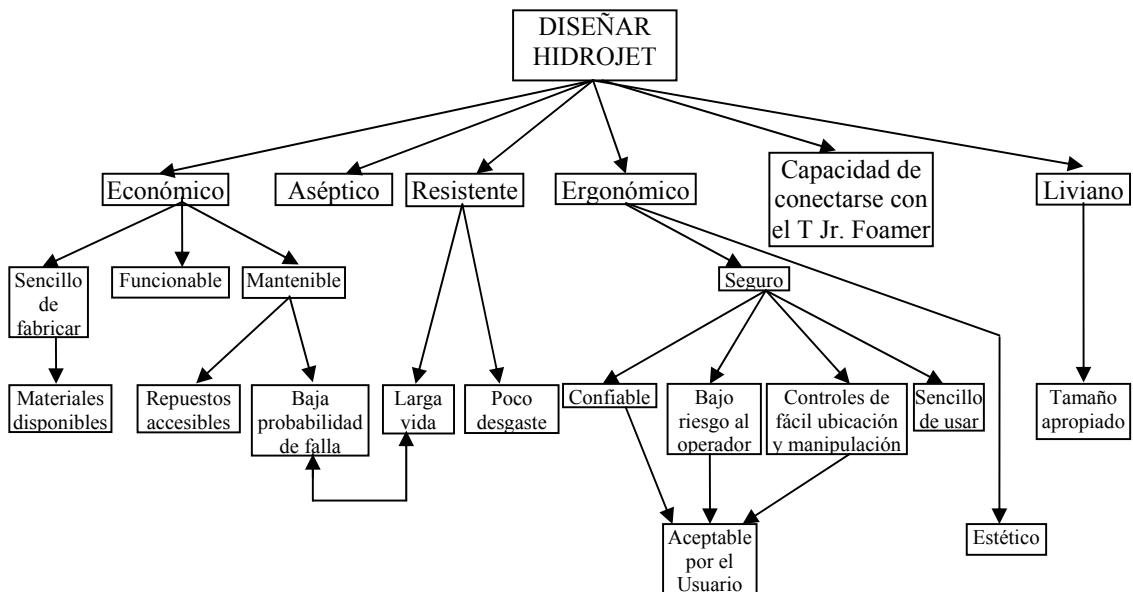
Las notas son un instrumento indispensable al momento de recolectar información porque aquí se registran todas las observaciones que se hagan, para poder organizarlas luego en un conjunto coherente, como el registro. Sabino (1.992) reconoce que las notas “Son un auxiliar valioso para el investigador, pues permite ir registrando y sistematizando un cúmulo de datos tal que, en ningún caso, podríamos confiar a la memoria.” (p. 110).

Los registros se utilizan para ir almacenando la información recabada en las entrevistas. Sabino (1.992) afirma que, “En el registro sólo se debe tomar en consideración las informaciones previamente analizadas, utilizando para ello las notas ya elaboradas, donde se habrán registrado los hallazgos parciales que hemos hecho.” (p. 139).

4.5- Proceso de Diseño

El proceso de diseño es una guía general de los pasos que se siguen para la solución de problemas. El diseño es un proceso cuyo objetivo es transformar los recursos (materiales, tecnológicos, etc.) en sistemas o productos para la satisfacción de necesidades de cualquier índole. Para cumplir con el objetivo del presente Trabajo Especial de Grado, se siguen una serie de pasos, los cuales conducen a una solución creativa e ingeniosa y al mismo tiempo permite escoger, entre una gama variada de alternativas, la que se ajuste mejor a la satisfacción del problema planteado. A continuación se presenta el árbol de objetivos del objeto a diseñar, donde se muestran los principales requisitos exigidos por la empresa y la interrelación que existe entre ellos:

Figura 4.1. Árbol de objetivos del hidrojet. Fuente: Propia



4.5.1- Formulación del Problema

Debido al incremento en la demanda que ha ocurrido en los últimos años, de los productos Minalba y Pepsi. La Planta San Pedro de Pepsi-Cola de Venezuela C.A. necesita disminuir al mínimo los tiempos de parada de sus líneas de producción, para de esta manera poder producir mucho más y así satisfacer al mercado nacional.

Actualmente la Planta San Pedro produce 24 horas al día, 365 días del año, con excepción de los días feriados; y normalmente, la causa que paraliza la mayor cantidad de tiempo la producción es la limpieza de las líneas de trabajo y sus alrededores. Es importante comentar que este saneamiento se debe realizar diariamente, para garantizar que las áreas de llenado y los equipos ubicados en su interior y exterior se encuentren en óptimas condiciones sanitarias, y de esta manera generar un producto de alta calidad y confiabilidad.

4.5.2- Análisis del Problema

Para conocer más de cerca y clarificar esta exigencia, es necesario realizar, entre otras cosas, una investigación de los usuarios (operadores) que realizan la limpieza aplicando los siguientes métodos:

- Investigación de Conductas de Usuarios: Obtener información a través de la consulta (entrevista) y observación de los usuarios de la limpieza actual de la planta.

- Viaje de Usuarios: Obtener información a través de vivencias directas en el proceso de limpieza actual de la planta.

Además de estas metodologías de usuarios, se efectúan entrevistas a los siguientes trabajadores de la planta: analistas de calidad, analista de mejora de la productividad, supervisores de producción, supervisor de mantenimiento, supervisor de servicio de planta, jefe de control de calidad, jefe de producción y mantenimiento, y finalmente al gerente de operaciones con la finalidad de conocer sus opiniones acerca de la limpieza actual, y sugerencias para un sistema de limpieza nuevo.

En la actualidad en la Planta San Pedro, existen tres tipos de limpieza: limpieza corta, limpieza larga, y limpieza de línea 4. Las dos primeras se realizan en todas las

líneas de producción, con excepción de Línea 4, intercalándose diariamente y ejecutándose en el tercer turno de trabajo. Su duración, según los manuales y procedimientos de limpieza del departamento de control de calidad, son de 90 y 150 minutos respectivamente. La limpieza de línea 4 se realiza todos los lunes en el primer turno de trabajo, y su duración aproximada es de cuatro horas. Las razones principales de la notable diferencia en el tiempo de las limpiezas cortas y largas con respecto a la limpieza de Línea 4, son las siguientes:

- La cantidad de operadores que realizan la limpieza corta y larga es mucho mayor que la cantidad de operadores que realizan la limpieza de línea 4.
- Las limpiezas corta y larga se realizan diariamente, intercalándose entre sí; por lo que no dan oportunidad para que la carga bacteriana o microbiológica de las líneas 1, 2, 3 y 5 aumente. Mientras que la limpieza de línea 4 debe ser mucho más efectiva y contundente, debido a que se realiza semanalmente y por ende debe durar una mayor cantidad de tiempo.
- La limpieza de línea 4 es mucho más compleja que el resto de las líneas de producción, debido a que produce Pepsi, Pepsi-Light, Aguakina, y Soda; y por ende hay presencia de sustancias químicas como el CO₂, sacarosa y glucosa, lo que genera una mayor cantidad de crecimientos bacterianos, microorgánicos y microbiológicos.

Todas las limpiezas comprenden una parte química y una parte mecánica. La limpieza química consiste en la desinfección, por medio de varios productos químicos tales como: alcohol, etanol, hipoclorito de sodio, P3-Luboklart, P3-Manuvo V1, P3-Oxonia activo, P3-Triquant 100, etc. de la parte interna de las tuberías. Mientras que la limpieza mecánica abarca el lavado y enjuague de los equipos y componentes que se encuentran en las líneas de producción, como por ejemplo: llenadoras, posicionadoras, tapadoras, bajante de tapas, cintas transportadoras, vías aéreas, silos, depaletizadores; además de las cortinas, ventanas, pisos, paredes y techo del área de llenado y del área externa. Vale resaltar que en la limpieza mecánica también se

utilizan productos químicos como detergentes, por ejemplo: etanol 70%, Lift II-58, Oasis-144, P3-Topax 68, P3-Trimeta Sauer, y P3-141; los cuales se preparan en un equipo presurizado denominado T Jr. Foamer (ver figuras 4.2 y 4.3), cuya capacidad es de 0,06 m³. La función principal de este dispositivo es difundir dichos productos químicos sobre los lugares a limpiar (ver figuras 4.4, 4.5 y 4.6) a una presión de 415 kPa aproximadamente.

Figuras 4.2 y 4.3. *T Jr. Foamer*



Figuras 4.4, 4.5 y 4.6. *Detergente aplicado por el T Jr. Foamer*



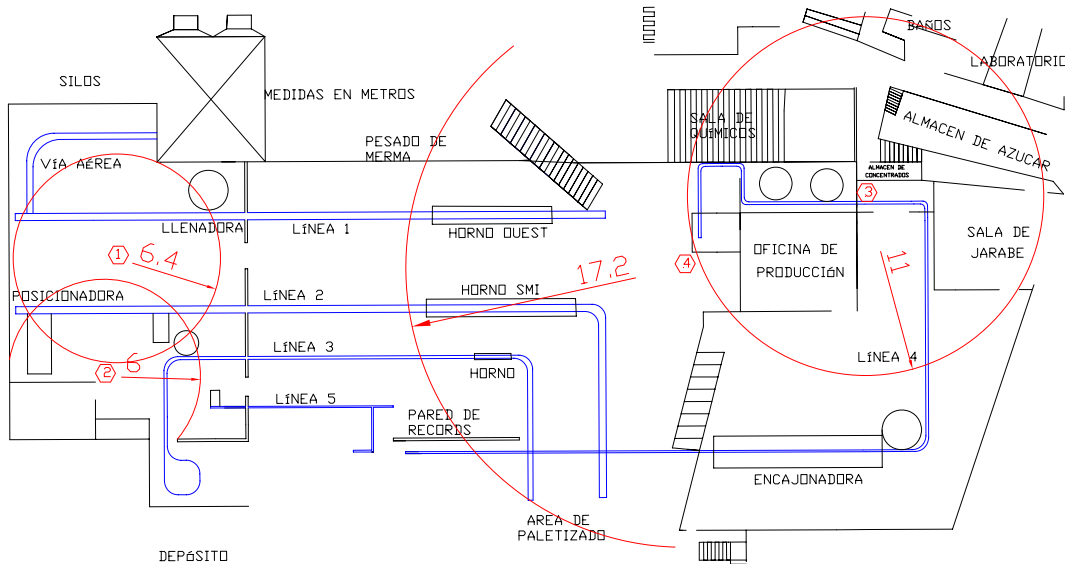
Actualmente, la limpieza mecánica de toda la planta se realiza con cuatro mangueras, donde cada una maneja un caudal de $1000 \frac{cm^3}{seg}$ y una presión de 415 kPa aproximadamente (ver figuras 4.7 y 4.8), tres mangueras se utilizan para las limpiezas larga y corta, y la otra se emplea en la limpieza de línea 4.

Figuras 4.7 y 4.8. Caudal y Presión actual de las mangueras de la limpieza



La ubicación y longitud que poseen dichas mangueras se encuentran representadas en el siguiente diagrama con color rojo:

Figura 4.9: Ubicación y longitud actual de las mangueras para la limpieza mecánica. Fuente: Propia



El tiempo de duración de las limpiezas de Planta San Pedro, se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 4.1. *Tiempos de limpieza de la Planta San Pedro. Fuente: GAP*

LIMPIEZA CORTA	LIMPIEZA QUÍMICA		LIMPIEZA MECÁNICA		Total [min]
	Inicio	Fin	Inicio	Fin	
Tiempo Actual [min]	12:00 a.m.	01:00 a.m.	12:30 a.m.	01:30 a.m.	90
	60		60		
LIMPIEZA LARGA	LIMPIEZA QUÍMICA		LIMPIEZA MECÁNICA		Total [min]
	Inicio	Fin	Inicio	Fin	
Tiempo Actual [min]	12:00 a.m.	01:30 a.m.	12:30 a.m.	02:30 a.m.	150
	90		120		
LIMPIEZA LÍNEA 4	LIMPIEZA QUÍMICA		LIMPIEZA MECÁNICA		Total [min]
	Inicio	Fin	Inicio	Fin	
Tiempo Actual [min]	06:00 a.m.	10:00 a.m.	06:00 a.m.	10:00 a.m.	240
	240		240		

La diferencia en el comienzo de la limpieza mecánica y la química, en los saneamientos cortos y largos, radica en que a los operadores se les da media hora de receso para que vayan al área del comedor. Lo que se propone en el presente Trabajo Especial de Grado para solucionar la problemática existente, de acuerdo a las entrevistas y observaciones realizadas, es un sistema de limpieza que funcione con alta presión (5 MPa y $0,8 \frac{lbs}{seg}$, aproximadamente) para que el saneamiento mecánico

ocurra de la forma más rápida y efectiva posible. En este sistema, el agua proveniente de un pozo, pasa por un hidroneumático, luego es bombeada a través de una serie de tuberías y mangueras de alta presión, para finalmente salir utilizando varios hidrojets, los cuales serán manejados por los operadores. Se usarán distintos hidrojets para que la limpieza ocurra de una manera simultánea y por ende más rápida. La bomba, tuberías y mangueras de alta presión, válvulas y amortiguador de pulsaciones necesarios para el sistema serán seleccionadas dependiendo de los requisitos de la planta y del costo. El hidrojete será diseñado, seleccionando algunos de sus componentes (boquilla, válvula), y teniendo en cuenta que sea una herramienta aséptica, capaz de conectarse con el T Jr. Foamer, económica, ergonómica, funcionable, mantenible, liviana, resistente al desgaste, segura, y sencilla de fabricar, de acuerdo a los requisitos exigidos por la empresa.

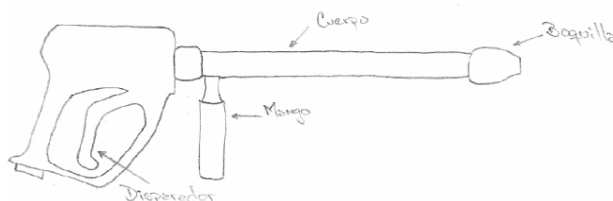
4.5.3- Búsqueda de Alternativas

Esta fase sólo se aplica al hidrojete, aquí se crean un conjunto de conceptos-soluciones que permitan resolver el problema, las cuales se generan por medio de dibujos a mano alzada o por frases. Esta generación de ideas se realiza mediante una tormenta de ideas.

Esta etapa del proceso de diseño se ejecuta con un grupo de personas (operadores, técnicos, supervisores, e ingenieros) donde todos generan ideas y las exponen de la manera más espontánea posible, evitando la evaluación, juicio o críticas del resto de las personas. Las ideas que se obtienen para el hidrojete, expresadas en el mismo nivel de abstracción y lenguaje, son las siguientes:

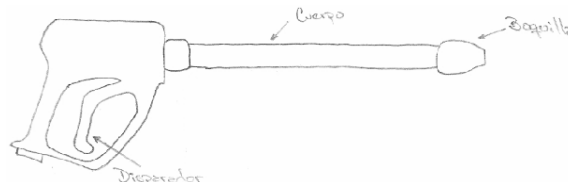
Hidrojete - A: Posee un mango o manija para sostenerlo; y una empuñadura para aumentar el confort, con un disparador que permite la salida del flujo; ambos de plástico; el resto del hidrojete es de acero inoxidable. Es un diseño muy parecido al hidrojete que anteriormente existía en la empresa. La boquilla será seleccionada.

Figura 4.10. *Hidrojete-A*



Hidrojete - B: Posee una empuñadura de plástico para aumentar el confort, el resto del hidrojete es de acero inoxidable. La boquilla será seleccionada.

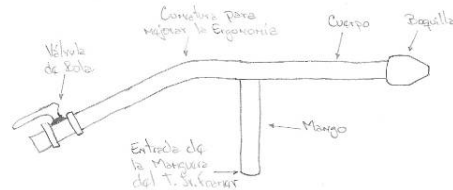
Figura 4.11. *Hidrojete-B*



Hidrojete - C: Todo el hidrojete es de acero inoxidable, posee cierta curvatura para mejorar la ergonomía, posee un mango o manija para sostenerlo, y el caudal se regula

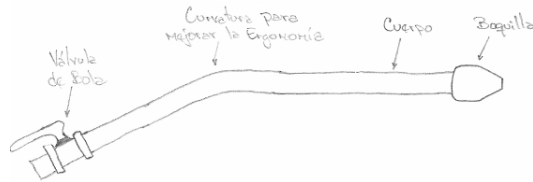
mediante una válvula de bola que se encuentra en un extremo; la cual conjuntamente con la boquilla serán seleccionadas. Además, posee la capacidad de conectarse con el T Jr. Foamer, a través del mango, para difundir los productos químicos necesarios para la limpieza.

Figura 4.12. **Hidrojet-C**



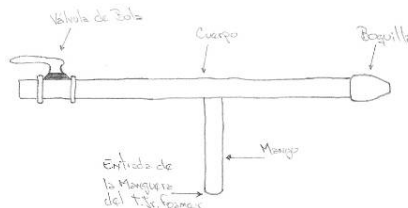
Hidrojet - D: Todo el hidrojet es de acero inoxidable, posee cierta curvatura para mejorar la ergonomía, y el caudal se regula mediante una válvula de bola que se encuentra en un extremo; la cual conjuntamente con la boquilla serán seleccionadas.

Figura 4.13. **Hidrojet-D**



Hidrojet - E: Todo el hidrojet es de acero inoxidable, posee un mango o manija para sostenerlo, y el caudal se regula mediante una válvula de bola que se encuentra en un extremo; la cual conjuntamente con la boquilla serán seleccionadas. Además, posee la capacidad de conectarse con el T Jr. Foamer, a través del mango, para difundir los productos químicos necesarios para la limpieza.

Figura 4.14. **Hidrojet-E**



Hidrojet - F: Todo el hidrojet es de acero inoxidable, y el caudal se regula mediante una válvula de bola que se encuentra en un extremo; la cual conjuntamente con la boquilla serán seleccionadas.

Figura 4.15. *Hidrojet-F*



4.5.4- Evaluación de Alternativas

En esta fase se evalúan los modelos de hidrojets propuestos comparándolos con las metas, especificaciones, restricciones y criterios dados por la empresa, mediante el uso de una matriz de evaluación. La jerarquía del criterio se establece según la siguiente escala:

1. No importante.
2. Poco importante.
3. Medianamente importante.
4. Importante.
5. Muy importante

Y la evaluación de las alternativas se realiza de acuerdo a la siguiente graduación:

1. Muy malo.
2. Malo.
3. Satisfactorio.
4. Bueno.
5. Excelente.

Los criterios para evaluar y comparar las posibles soluciones son veinte, se obtienen del árbol de objetivos del hidrojet, y se definen a continuación:

1. Aceptabilidad por parte del Usuario: Aprobación de la solución por parte de los operadores. Posee una jerarquía de tres puntos.

2. Adaptabilidad a Cambios Futuros: Consiste en la posibilidad de agregar otros equipos, instrumentos o accesorios al hidrojet. Tiene una jerarquía de tres puntos.
3. Aséptico: El hidrojet no debe interferir con las normas asépticas del área de llenado de la planta. Ostenta una jerarquía de cinco puntos, porque todos los equipos o instrumentos que se encuentran dentro de dicha área deben poseer una mínima carga bacteriana o microbiológica.
4. Capacidad de Conectarse con el T Jr. Foamer: Posee una jerarquía de cinco puntos, debido que es muy importante que el hidrojet pueda difundir los productos químicos necesarios para la limpieza mecánica.
5. Controles de fácil Ubicación y Manipulación: Está relacionado con la simplicidad y comodidad para manejar el hidrojet. Goza de una jerarquía de cuatro puntos, debido a que los operadores utilizarán “día a día” este equipo.
6. Costos: Se refiere al costo de materia prima, mano de obra y manufactura. Disfruta una jerarquía de cinco puntos, ya que es un requisito muy importante para la empresa y porque se busca realizar un producto económicamente atractivo.
7. Ergonomía: Referido a la interrelación entre los operadores y el hidrojet. Posee una jerarquía de cinco puntos, debido a que es un parámetro muy importante en todos los diseños.
8. Estética: Tiene una jerarquía de tres puntos.
9. Factibilidad: Que el hidrojet se pueda construir en la Planta, y se ponga en funcionamiento lo más pronto posible. Ostenta una jerarquía de cuatro puntos.

10. Funcionalidad: Se evalúa que el hidrojet cumpla con la función para la cual fue diseñado. Goza de una jerarquía de cinco puntos.
11. Larga Vida: El equipo debe poseer un tiempo largo de vida útil. Disfruta de una jerarquía de cuatro puntos.
12. Mantenibilidad: Probabilidad de que, en caso de ocurrencia de falla, el hidrojet pueda ser restaurado a condición operativa en un intervalo de tiempo dado. Por esta razón posee una jerarquía de cinco puntos.
13. Materiales a Utilizar: Depende del tipo, cantidad y calidad de los materiales que se utilizarán en la construcción del hidrojet, y su disponibilidad en el mercado. Tiene una jerarquía de cuatro puntos. Vale resaltar que la propia empresa desea construir el hidrojet.
14. Peso: Es un parámetro muy importante, debido a que los operadores utilizarán “día a día” este hidrojet y es uno de los requisitos principales de la empresa. Ostenta una jerarquía de cinco puntos.
15. Repuestos a Utilizar: Goza de una jerarquía de cuatro puntos. Los repuestos deben ser accesibles económicamente, y fáciles de conseguir; debido a que este dispositivo se utilizará diariamente, y por ende debe estar el menor tiempo posible fuera de servicio.
16. Resistencia al Desgaste: De acuerdo a los requisitos de la empresa, el hidrojet debe resistir la faena diaria a la que estará sometido. Disfruta una jerarquía de cinco puntos.

17. Seguridad: Es un parámetro muy importante, debido a que se debe garantizar la seguridad del trabajador al utilizar el hidrojet. Posee una jerarquía de cinco puntos.
18. Sencillez de Fabricación: El hidrojet se debe elaborar de la manera más fácil posible, con la finalidad de fabricarlo en la misma planta. Tiene una jerarquía de cinco puntos.
19. Sencillez de Manipulación: El hidrojet debe ser sencillo de manipular. Por esta razón ostenta una jerarquía de cuatro puntos.
20. Tamaño: Debe ser fácilmente manejado y trasladado por el operador. Goza de una jerarquía de cuatro puntos.

Se realizó una evaluación y comparación de los hidrojets, empleando objetivos diferencialmente ponderados; donde se observa que la opción que se adapta mejor a las especificaciones y requisitos de uso exigidos por la Empresa Pepsi-Cola de Venezuela C.A. es el hidrojet - C.

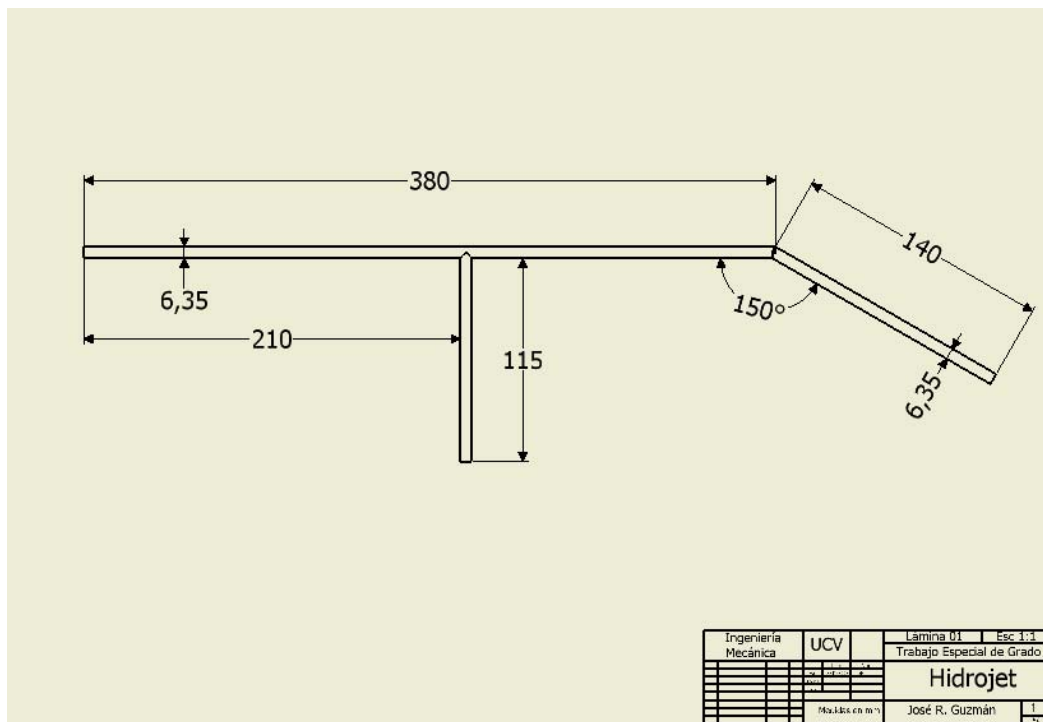
Tabla 4.2. *Matriz de evaluación. Fuente: Propia*

N°	CRITERIO	Jerarquía	Hidrojet - A		Hidrojet - B		Hidrojet - C		Hidrojet - D		Hidrojet - E		Hidrojet - F	
1	Aceptabilidad por el Usuario	3	5	15	5	15	5	15	5	15	5	15	5	15
2	Adaptabilidad a Cambios Futuros	3	4	12	4	12	5	15	5	15	5	15	5	15
3	Aséptico	5	5	25	5	25	5	25	5	25	5	25	5	25
4	Capacidad de conectarse con el T Jr. Foamer	5	0	0	0	0	5	25	0	0	5	25	0	0
5	Controles de Fácil Ubicación y Manipulación	4	5	20	3	12	5	20	3	12	4	16	2	8
6	Costos	5	3	15	3	15	4	20	5	25	4	20	5	25
7	Ergonomía	5	5	25	4	20	5	25	4	20	4	20	3	15
8	Estética	3	5	15	4	12	3	9	2	6	3	9	2	6
9	Factibilidad	4	5	20	5	20	5	20	5	20	5	20	5	20
10	Funcionalidad	5	5	25	5	25	5	25	5	25	5	25	5	25
11	Larga Vida	4	4	16	4	16	5	20	5	20	5	20	5	20
12	Mantenibilidad	5	4	20	4	20	5	25	5	25	5	25	5	25
13	Materiales a Utilizar	4	4	16	4	16	5	20	5	20	5	20	5	20
14	Peso	5	5	25	5	25	5	25	5	25	5	25	5	25
15	Repuestos a Utilizar	4	4	16	4	16	5	20	5	20	5	20	5	20
16	Resistente al Desgaste	5	3	15	3	15	5	25	5	25	5	25	5	25
17	Seguridad	5	5	25	4	20	5	25	4	20	5	25	4	20
18	Sencillez de Fabricación	5	1	5	2	10	3	15	4	20	4	20	5	25
19	Sencillez de Manipulación	4	5	20	4	16	5	20	4	16	5	20	4	16
20	Tamaño	4	5	20	5	20	5	20	5	20	5	20	5	20
SUMATORIA				350		330		414		374		410		370

4.5.5- Especificación de la Solución Seleccionada

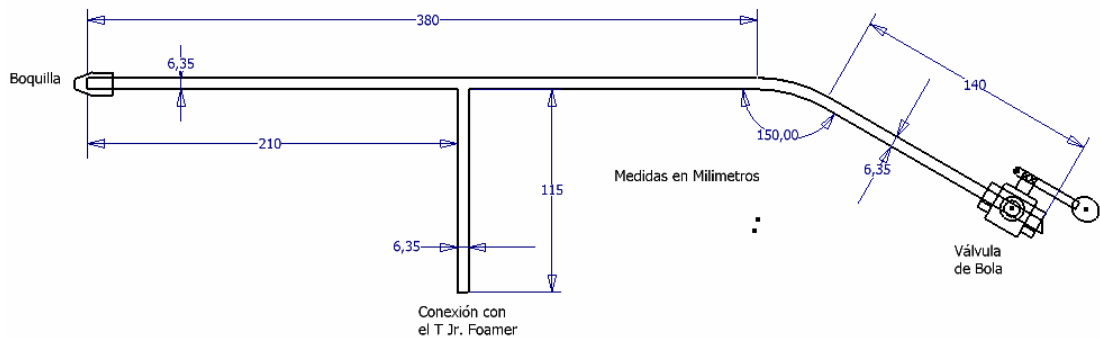
En esta fase se hace una definición general del hidrojete, ultimando los detalles para transformarlo en una solución posible de aplicar cumpliendo con las especificaciones del problema. El plano del hidrojete seleccionado es el siguiente:

Figura 4.16. Plano del hidrojete. Fuente: Propia



El hidrojete se encuentra formado por un cuerpo, un mango para sostenerlo, y una boquilla de alta presión. Además posee cierta curvatura para ser más ergonómico en donde se encuentra ubicada una válvula de bola para regular el caudal. La forma final que tendrá el hidrojete diseñado conjuntamente con los accesorios seleccionados será la siguiente:

Figura 4.17. Forma final del hidrojet. Fuente: Propia



La función del hidrojet es expandir el agua sobre las superficies y equipos que el operador desee limpiar. El hidrojet posee un cuerpo por donde circulará el agua, y un mango para facilitarle al operador el manejo del instrumento, y para que fluyan los productos químicos proveniente del T Jr. Foamer; el cual se acoplará al cuerpo del hidrojet mediante un ensamble soldado en forma de Te; que se puede realizar en Planta San Pedro. Además posee una válvula de bola (ver figura 4.18) para regular el caudal que va a descargar. Al mismo tiempo posee una boquilla de aspersión de alta presión (ver figura 4.19), por la que se descarga un chorro sólido de gran impacto con ángulos que van de 0° a 65°. Una boquilla de 0° grados proporciona un chorro potente. Los ángulos de boquilla de 15° a 25° cubren zonas más extensas y combinan las fuerzas limpiadora y desincrustante. Las boquillas de abanicos mayores a 40° sirven para lavados simples.

Figura 4.18. Válvulas de Bola. Fuente: Swagelok

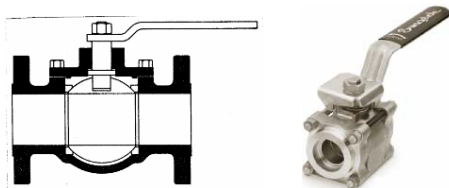


Figura 4.19. Boquillas. Fuente: Spraying Systems de Venezuela



La boquilla produce una distribución de aspersión uniforme con gotas de tamaño mediano. El orificio de la boquilla se mecaniza con precisión para controlar de forma exacta el caudal, se encuentra hundido para protegerlo contra todo daño. Posee una aleta guía interna que estabiliza la turbulencia del líquido para proporcionar uniformidad y un impacto máximo de aspersión. Las zonas planas del cuerpo de la boquilla son paralelas al plano del modelo de aspersión, proporcionando una rápida referencia visual para conseguir un buen alineamiento. El protector exterior está

hecho de polipropileno para proporcionar una protección adicional. La boquilla se seleccionó de acuerdo a la siguiente tabla, donde se ingresó con los valores de caudal y presión del sistema, y del ángulo recomendado por el fabricante (25°).

Tabla 4.3. *Tabla para seleccionar las boquillas. Fuente: Spraying Systems de Venezuela*

NOZZLE TYPE and SPRAY ANGLE																		Capacity Size	CAPACITY (gallons per minute)																	
1/8 MEG				1/4 MEG				1/8 WEG				1/4 WEG		1/4 MEG-SSTC		300	400		500	600	700	800	1000	1500	2000	2500	3000									
00°	15°	25°	40°	50°	65°	00°	15°	25°	40°	50°	65°	00°	15°	25°	40°	50°	65°		00°	15°	25°	40°	50°	65°	psi	psi	psi	psi	psi	psi	psi	psi				
•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	02	.55	.63	.71	.77	.84	.89	1.0	1.2	1.4	1.6	1.7
•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	03	.82	.95	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.8	2.1	2.4	2.6
•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	04	1.1	1.3	1.4	1.6	1.7	1.8	2.0	2.5	2.8	3.2	3.5
•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	045	1.2	1.4	1.6	1.7	1.9	2.0	2.3	2.8	3.2	3.6	3.9
•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	05	1.4	1.6	1.8	1.9	2.1	2.2	2.5	3.1	3.5	4.0	4.3
•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	055	1.5	1.7	1.9	2.1	2.3	2.5	2.8	3.4	3.9	4.3	4.8
•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	06	1.6	1.9	2.1	2.3	2.5	2.7	3.0	3.7	4.2	4.7	5.2
•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	065	1.8	2.1	2.3	2.5	2.7	2.9	3.3	4.0	4.6	5.1	5.6
•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	07	1.9	2.2	2.5	2.7	2.9	3.1	3.5	4.3	4.9	5.5	6.1
•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	075	2.1	2.4	2.7	2.9	3.1	3.4	3.8	4.6	5.3	5.9	6.5
•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	08	2.2	2.5	2.8	3.1	3.4	3.6	4.0	4.9	5.7	6.3	6.9
•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	085	2.3	2.7	3.0	3.3	3.6	3.8	4.3	5.2	6.0	6.7	7.4
•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	09	2.5	2.9	3.2	3.5	3.8	4.0	4.5	5.5	6.4	7.1	7.8
•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	095	2.6	3.0	3.4	3.7	4.0	4.2	4.8	5.8	6.7	7.5	8.2
•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	10	2.7	3.2	3.5	3.9	4.2	4.5	5.0	6.1	7.1	7.9	8.7
•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	11	3.0	3.5	3.9	4.3	4.6	4.9	5.5	6.7	7.8	8.7	9.5
•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	115	3.1	3.6	4.1	4.5	4.8	5.1	5.8	7.0	8.1	9.1	10.0
•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	12	3.3	3.8	4.2	4.6	5.0	5.4	6.0	7.3	8.5	9.5	10.4
•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	125	3.4	4.0	4.4	4.8	5.2	5.6	6.3	7.7	8.8	9.9	10.8
•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	13	3.6	4.1	4.6	5.0	5.4	5.8	6.5	8.0	9.2	10.3	11.3
•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	14	3.8	4.4	4.9	5.4	5.9	6.3	7.0	8.6	9.9	11.1	12.1
•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	15	4.1	4.7	5.3	5.8	6.3	6.7	7.5	9.2	10.6	11.9	13.0
•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	16	4.4	5.1	5.7	6.2	6.7	7.2	8.0	9.8	11.3	12.6	13.9
•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	18	4.9	5.7	6.4	7.0	7.5	8.0	9.0	11.0	12.7	14.2	15.6
•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	20	5.5	6.3	7.1	7.7	8.4	8.9	10.0	12.3	14.1	15.8	17.3
•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	25	6.9	7.9	8.9	9.7	10.5	11.2	12.5	15.3	17.7	19.8	22
•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	30	8.2	9.5	10.6	11.6	12.5	13.4	15.0	18.4	21	24	26
•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	35	9.6	11.1	12.4	13.6	14.6	15.7	17.5	21	25	28	30
•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	40	11.0	12.6	14.1	15.5	16.7	17.9	20	24	28	32	35
•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	50	13.7	15.8	17.7	19.4	21	22	25	31	35	40	43
•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	60	16.4	19	21	23	25	27	30	37	42	47	52
•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	70	19.2	22	25	27	29	31	35	43	49	55	61
•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	80	22	25	28	31	33	36	40	49	57	63	69
•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	90	25	28	32	35	38	40	45	55	64	71	78

Tabla 4.4. *Especificaciones técnicas de la boquilla. Fuente: Spraying Systems de Venezuela. Ver Apéndice 3.*

Marca	Wahjet	Tamaño	065
Modelo	1/4 MEG 25065	Caudal	0,18 $\frac{lbs}{seg}$
Tipo de Boquilla	MEG	Presión	5,51 MPa
Diámetro	6,35 mm.	Precio (Bs.)	68.895,00
Ángulo de Aspersión	25°		

La válvula de bola es de un cuarto (1/4) de vuelta. Las principales ventajas de estas válvulas es que son muy útiles cuando se requiere apertura rápida, son de bajo costo, necesitan poco mantenimiento, no requieren lubricación, y cierran fácilmente con poco torque. Las especificaciones técnicas de esta válvula se muestran a continuación:

Tabla 4.5. Especificaciones técnicas de la válvula de bola. Fuente: Suministros Industriales Mont. Ver Apéndice 4.

Marca	Swagelok	Válvula	2 Vías
Modelo	SS-44F4	Presión	13,8 MPa
Conexión	6,35 mm.	Precio (Bs.)	439.000,00
Material	Acero Inoxidable		

Vale resaltar que el precio obtenido para el hidrojet diseñado es mucho menor al precio de un hidrojet comercial, con lo que se cumple con uno de los requisitos exigidos por la empresa, tal como se muestra a continuación:

Tabla 4.6. Lista de partes del hidrojet.

Cantidad	Nombre	Material	Precio (Bs.)	Total (Bs.)	Fuente
0,845 m	Tubería	Acero Inoxidable	18.300,00	15.463,50	Vencraft
01	Válvula de Bola	Acero Inoxidable	439.000,00	439.000,00	Swagelok
01	Boquilla	Acero Inoxidable	68.895,00	68.895,00	Spraying Systems de Venezuela
TOTAL				523.358,50	

Tabla 4.7. Especificaciones técnicas de un hidrojet comercial. Fuente Master Industrial C.A. Ver Apéndice 2.

Conexión	1,27 cm.	Temperatura	100 °C
Marca	Pumas	Presión	50 MPa
Diámetro de la Lanza	6,35 mm.	Peso	2,54 Kg.
Longitud	0,4 m	Dimensiones	216 x 610 mm.
Caudal	0,13 $\frac{lbs}{seg}$	Precio (Bs.)	2.716.809,00

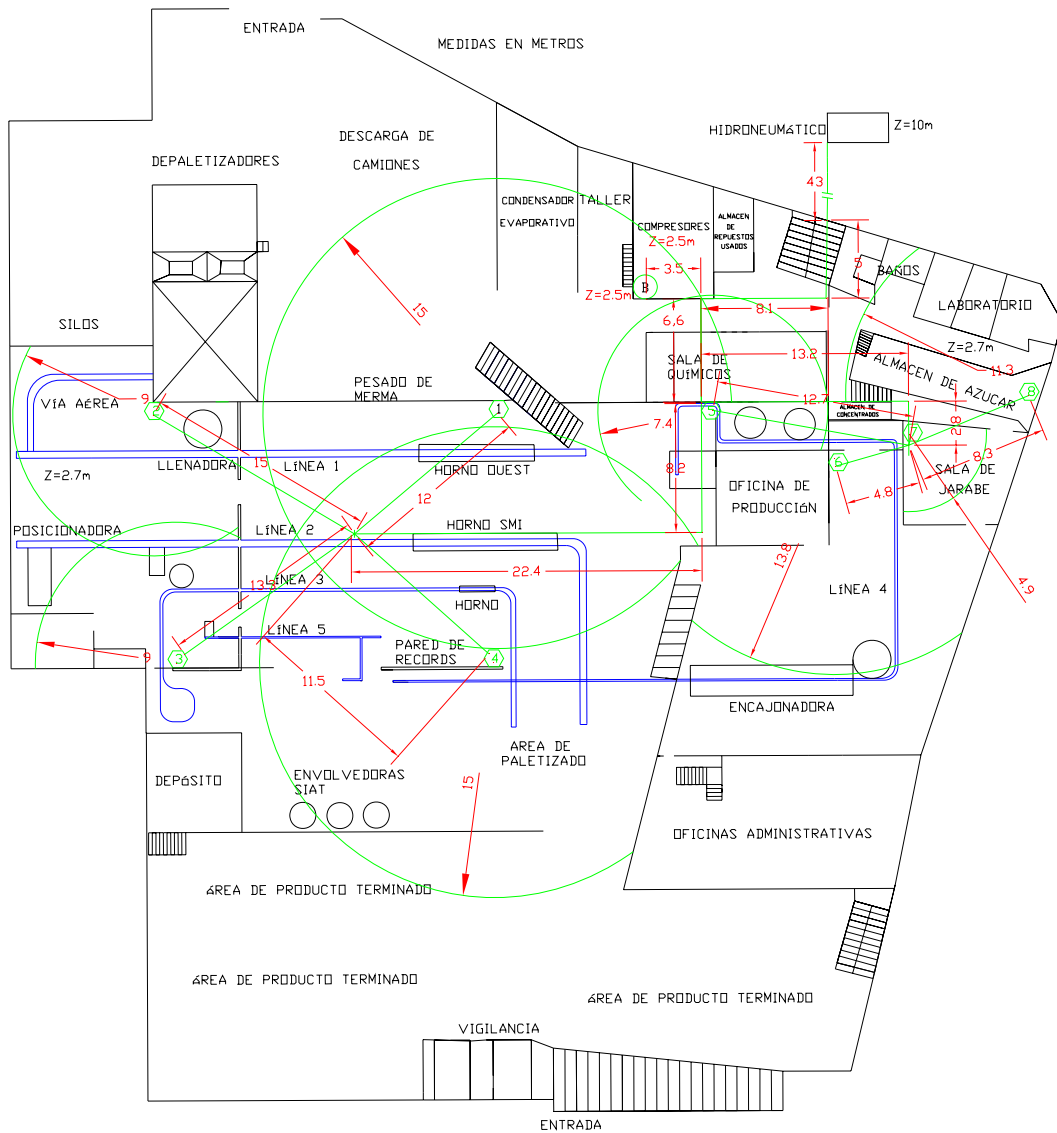
Figura 4.20. Hidrojet comercial. Fuente Master Industrial C.A.



Se ha propuesto que se coloquen ocho puntos de aspersión, cada uno con su hidrojet, estratégicamente ubicados de acuerdo a las necesidades de la empresa, de manera tal de mejorar en gran medida la limpieza actual, incluso llegando a limpiar en lugares donde anteriormente no se realizaba. El siguiente diagrama de planta

muestra con un círculo verde la bomba, con un hexágono verde numerado la localización de los hidrojets, las líneas verdes representan las tuberías y mangueras de alta presión, y las líneas azules las líneas de producción:

Figura 4.21. *Plano de la Planta San Pedro con la ubicación que tendrá la bomba, los hidrojets, y la longitud de sus mangueras. Fuente: Propia.*



Dicha localización fue propuesta en conjunto con el especialista de procesos de la planta, el departamento de control de calidad y los operadores. A continuación se muestra una tabla con los lugares que limpiará cada hidrojete:

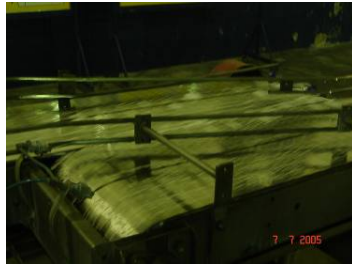
Tabla 4.8. *Lugares que limpiará cada hidrojet. Fuente: Pepsi-Cola de Venezuela. Planta San Pedro*

Hidrojet	Lugares a Limpiar
1	Área externa (horno de L1 y L2 (ver figuras 4.22 y 4.23), cinta transportadora de llenos de L1 y L2 (ver figuras 4.24 y 4.25), depaletizador de L4, cortinas (ver figuras 4.26 y 4.27), ventanas (ver figuras 4.28, 4.29 y 4.30), pisos (ver figuras 4.31 y 4.32), paredes (ver figuras 4.33 y 4.34)) y el área de merma.
2	Área interna o de llenado (vía aérea de L1, posicionadora de L1 y L2, llenadora de L1 y L2, cinta transportadora de vacíos de L1 y L2, cortinas, ventanas, pisos, paredes y techo).
3	Área interna o de llenado (posicionadora de L2 y L3, llenadora de L2, L3 y L5, cinta transportadora de vacíos de L2, L3 y L5, depaletizador de L3, cortinas, ventanas, pisos, paredes y techo).
4	Área externa (horno de L2 y L3, cinta transportadora de llenos de L2, L3 y L5, cortinas, ventanas, pisos y paredes), el área de paletizado y de las envolvedoras.
5	Área interna o de llenado (posicionadora de L4, llenadora de L4, cinta transportadora de vacío de L4, rinser, carbo-cooler, cortinas, ventanas, pisos, paredes y techo), y la sala de productos químicos.
6	Área externa (horno de L4, cinta transportadora de llenos de L4, encajonadora de L4, cortinas, ventanas, pisos y paredes).
7	Sala de jarabe y almacén de concentrados
8	Almacén de azúcar y los pasillos del laboratorio.

Figuras 4.22 y 4.23. *Limpieza del horno.*



Figuras 4.24 y 4.25. *Limpieza de las cintas transportadoras*



Figuras 4.26 y 4.27. *Limpieza de las cortinas*



Figuras 4.28, 4.29 y 4.30. *Limpieza de las ventanas*



Figuras 4.31 y 4.32. *Limpieza del Piso*



Figuras 4.33 y 4.34. *Limpieza de las Paredes*



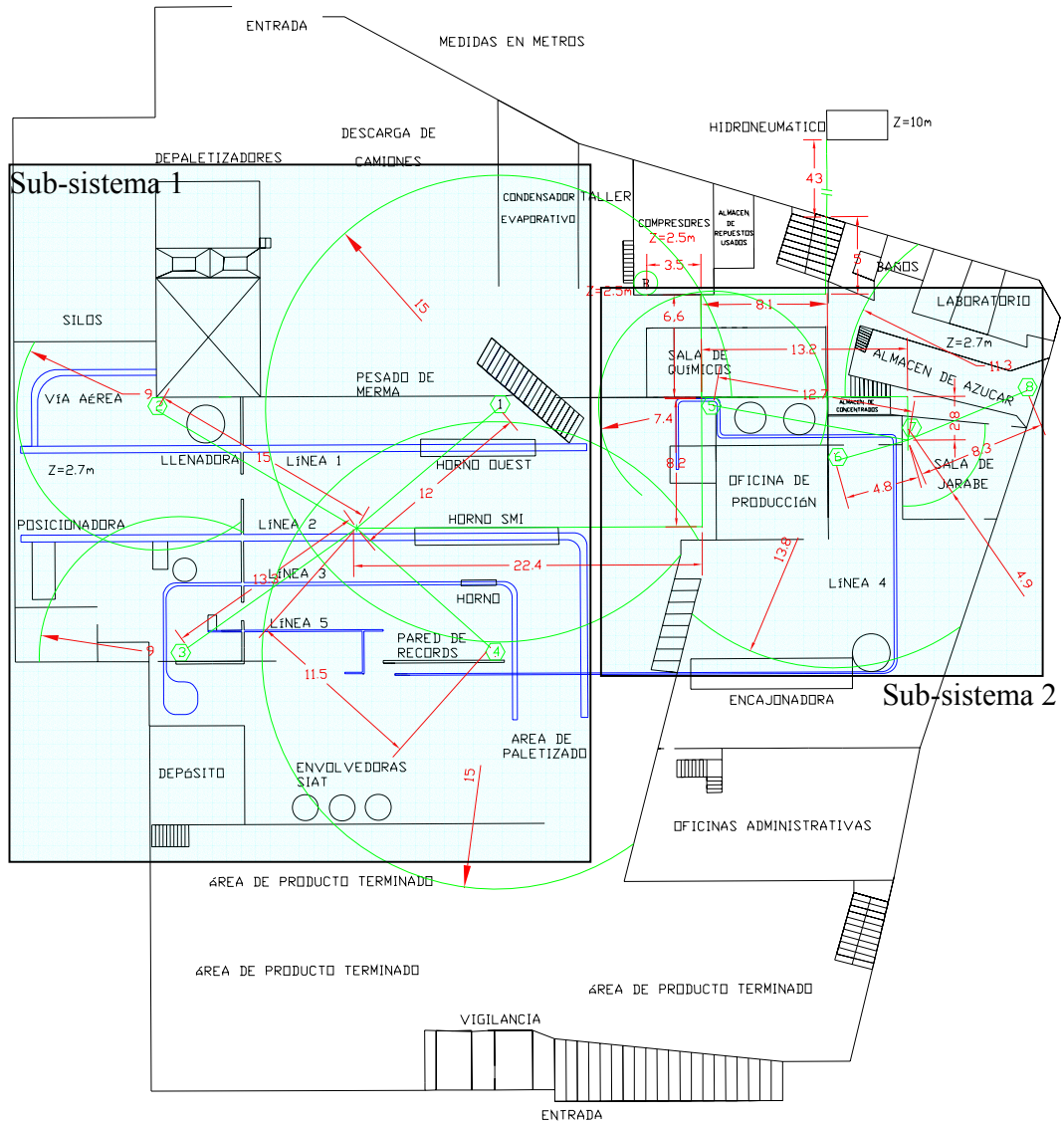
Los hidrojets se encontrarán uniformemente distribuidos en las líneas de producción para realizar una limpieza más completa, rápida y efectiva. De acuerdo a las exigencias realizadas por el departamento de control de calidad, cada hidrojete y manguera que se encuentre ubicada en el área interna de llenado no deberá salir hacia el área externa, y viceversa. Vale la pena comentar que el sistema se dividirá en dos sub-sistemas, los cuales se describen a continuación:

- Sub-sistema 1: Se encontrará compuesto por los hidrojets 1, 2, 3 y 4, los cuales limpiarán todas las líneas de producción, con excepción de línea 4. Se pondrá en funcionamiento al momento de realizar la limpieza larga o corta, es decir, todos los días en el tercer turno, y en cualquier otro momento que sea necesario.
- Sub-sistema 2: Se encontrará formado por los hidrojets 5, 6, 7 y 8, los cuales limpiarán la línea 4, sala de productos químicos, sala de jarabe, almacén de concentrados y de azúcar, y los pasillos del laboratorio. Este sub-sistema se pondrá en funcionamiento todos los lunes en el primer turno, y en cualquier otro momento que sea necesario. Es importante comentar que ambos sub-sistemas no pueden funcionar simultáneamente.

Al realizar la división en dos sub-sistemas, la ubicación de los hidrojets en la planta se puede representar de la siguiente manera:

Figura 4.35. Plano de la Planta San Pedro con la ubicación que tendrá cada hidrojete, de acuerdo a ambos subsistemas.

Fuente: Propia.



4.6- Proceso de Selección

4.6.1- Bomba

Se examinaron las bombas centrífugas y las de desplazamiento positivo. Se escogió la segunda opción porque se necesita una bomba de alta presión y de bajo caudal. Entre las bombas reciprocantes se excluyen las de diafragma y las de

émbolos, debido a que según Karassik I. (1.966), “Los émbolos sólo se utilizan para presiones de 7 a 200 MPa aproximadamente” (p. 3-1); por lo que conjuntamente con el gerente de operaciones y el jefe de producción y mantenimiento, se seleccionó una bomba recíprocante de pistones. Las principales ventajas de las bombas de potencia son: facilidad en la adquisición (en comparación con el resto de las bombas de desplazamiento positivo), adecuadas para caudales limitados (como nuestro caso), alta eficiencia, autocebantes, no es cinética, no requiere velocidad para producir presión, costo total (costos de energía, costos de mantenimiento y costos perdidos por tiempos de parada) relativamente económico.

La bomba funcionará a través de un motor asíncrono de jaula de ardilla (4,5 kw, 1800 rpm, y 4 polos); el cual será suministrado por la empresa, y transmitirá su potencia a través de una banda o correa para aumentar la durabilidad y eficiencia. La base donde se ubicará la bomba debe poseer elastómeros entre sus placas y en los tornillos para evitar las vibraciones, y también debe tener suficiente espacio para alojar dos bombas de pistones, y de esta manera poder tener siempre una bomba de repuesto. La bomba más económica que cumplió con los requisitos exigidos por la planta (5 MPa y $0,8 \frac{lt}{seg}$ aproximadamente) fue presupuestada por la empresa

Hidrojet C.A., y posee las siguientes características:

Figura 4.36. *Bomba de tres pistones verticales. Fuente: Hidrojet C.A.*

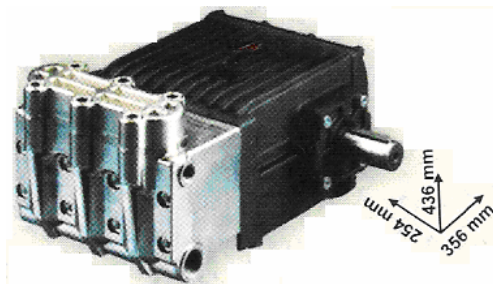


Tabla 4.9. *Especificaciones técnicas de la bomba. Fuente: Hidrojet C.A. Ver Apéndice 5.*

Marca	Interpump General Hawk	Diámetro de Entrada	1,9 cm.
Modelo	W4 – T44	Diámetro de Salida	1,27 cm.
Potencia	4,5 kw	Diámetro del Pistón	36 mm.
Caudal	$0,8 \frac{lbs}{seg}$	Carrera del Pistón	24 mm.
Presión	5 MPa	Número de Pistones	3
rpm	600	Precio (Bs.)	5.068.000,00

Dicha bomba posee pistones verticales de cerámica para mayor durabilidad, válvulas de aspiración y descarga de acero inoxidable, cuerpo de duraluminio tratado, partes mecánicas con lubricación en baño de aceite, cigüeñal de acero tratado montado sobre rodamientos, biela de duraluminio especial antifricción, y vástagos del pistón de acero tratado. El extremo de potencia se encuentra totalmente cerrado y autolubricado, protegidos en forma eficaz contra infiltración de fluido bombeado o la entrada de polvo de la atmósfera circundante. La bomba se encontrará ubicada en la sala de compresores (ver figuras 4.37 y 4.38), debido a que es un lugar de rápido acceso para los operadores y es seguro para la bomba.

Figuras 4.37 y 4.38. *Sala de compresores, lugar de colocación de la bomba.*



Figuras 4.39 y 4.40. *Tubería de Succión de la bomba.*



4.6.2- Tuberías

Se utilizarán para transportar el agua desde la salida de la bomba hasta las mangueras de alta presión. El material de la tubería es de acero inoxidable debido a que es un material higiénico, resistente a la corrosión, altamente resistente a la oxidación y al desgaste, dúctil, relativamente económico y no cambia sus propiedades con el tiempo. Además la mayoría de las tuberías que existen en la Planta San Pedro son de acero inoxidable, por lo que se debe mantener la estética y uniformidad de la empresa. Dicha tubería se conectará mediante bridas P de acero inoxidable (ver figura 4.41); las cuales son económicas y fáciles de instalar en la pared, ya que sólo necesitan un tornillo o perno. Según la empresa Swagelok, las bridas deben estar instaladas cada 1,5 metros. La tubería de 19,05 mm. se instalará en la succión y descarga de la bomba, y la tubería de 6,35 mm. se utilizará para construir los hidrojets. Además se utilizará una tubería de 52,5 mm de diámetro para construir dos manifolds de 60 cm cada uno, los cuales poseerán roscas en sus extremos para insertarles tapones.

Figura 4.41. *Brida P. Fuente: Swagelok*



Tabla 4.10. *Especificaciones técnicas de las tuberías. Fuente: Vencraft. Ver Apéndice 6.*

Parámetro	Diámetro [mm]			Parámetro	Diámetro [mm]		
	6,35	19,05	50,80		6,35	19,05	50,80
Material	304L			Espesor de Pared	2,23 mm	2,87 mm	3,91 mm
Tipo	Sin Costura			Diámetro Interior	9,25 mm	20,93 mm	52,5 mm
Schedule	40			Peso	$0,63 \frac{kg}{m}$	$1,68 \frac{kg}{m}$	$5,44 \frac{kg}{m}$
Longitud	6 m			Precio (Bs.)	18.300,00	24.300,00	45.700,00
Presión	13,8 MPa						

4.6.3- Mangueras

Se utilizará para transportar el agua desde la tubería de alta presión hasta el hidrojet. Posee una malla interna de acero para conservar la flexibilidad y la dureza. Es ligera para que el operador la pueda trasladar sin ningún tipo de inconveniente. No posee conexiones entre sí y es resistente a pisadas o aplastamientos por parte del operador u objetos. También se utilizará una manguera en el By-Pass para recircular el fluido, esta manguera conectará la tubería de descarga con la de succión. Según Cat Pumps, la manguera de recirculación debe cumplir las siguientes condiciones:

- Manejar un caudal mínimo del 5% del flujo total de la bomba, es decir, $0,04 \frac{lbs}{seg}$.
- Se debe conectar a la bomba con un ángulo menor a 45°.
- La distancia entre la bomba y la entrada del by-pass en la succión debe ser igual a 10 veces el diámetro de entrada de la bomba, es decir, $10 \times 1,9 \text{ cm.} = 19 \text{ cm.}$

Figura 4.42. Manguera de alta presión con malla interna. Fuente: Swagelok



Tabla 4.11. Especificaciones técnicas de las mangueras. Fuente: Centro ferretero El Pico.

Parámetro	Diámetro [mm.]		Parámetro	Diámetro [mm.]	
	6,35	19,05		6,35	19,05
Marca	Swagelok		Radio de Curva Mínimo	5,72 cm.	15,2 cm.
Mallas Internas	1		Presión Máxima	21,4 MPa	10,3 MPa
Material de la Malla	Acero Inoxidable		Presión de Explosión	85,5 MPa	41,4 MPa
Temperatura	-20 a 454 °C		Precio (Bs.)	13.760,00 Bs.	28.750,00 Bs.
Longitud	1 m				

4.6.4- Válvulas

4.6.4.1- Válvula de Alivio o de Seguridad

Se coloca en la tubería de descarga lo más cerca posible de la bomba, posee una entrada de agua, una salida y otro orificio de salida por el que expulsan el agua necesaria para la regulación de la bomba. Este último se denomina retorno y suele enviar el agua sobrante a la entrada de la bomba (recirculación). Su función es limitar la presión máxima del circuito para proteger a los elementos de la instalación.

Figura 4.43. *Válvula de alivio o seguridad*

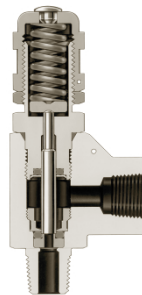


Tabla 4.12. *Especificaciones técnicas de la válvula de alivio o seguridad. Fuente: Hidrojet C.A. Ver Apéndice 7.*

Modelo	7534	Diámetro Entrada	1,27 cm.
Material	Acero Inoxidable	Diámetro Descarga	1,27 cm.
Flujo	$0,8 \frac{lt}{seg}$	Diámetro By-Pass	1,27 cm.
Presión	15,2 MPa	Precio (Bs.)	606.200,00

4.6.4.2- Válvula de Compuerta

Su función es permitir el paso del flujo hacia una dirección. Se colocará en la descarga de la bomba para dirigir el fluido hacia el Sub-sistema que se desee que funcione. Dicha válvula es de vueltas múltiples, en la cual se cierra el orificio con un disco vertical de cara plana que se desliza en ángulos rectos sobre el asiento. Es ideal para bajo caudal.

Figuras 4.44 y 4.45. Válvulas de compuerta



Tabla 4.13. Especificaciones técnicas de la válvula de compuerta. Fuente: Suministros Industriales Mont. Ver Apéndice 4.

Marca	Swagelok	Presión	13,8 MPa
Modelo	SS-8C4-1	Conexión	19,05 mm.
Material	Acero Inoxidable	Precio (Bs.)	515.000,00
Flujo	1 $\frac{lbs}{seg}$		

4.6.5- Amortiguador de Pulsaciones

Disminuye de una manera significativa las pulsaciones, induce un flujo uniforme en las tuberías de succión y descarga, y reduce el ruido y el daño que le puede causar a la bomba el golpe de ariete. El amortiguador se sitúa junto al cuerpo de bomba, formando una sola pieza con el cuerpo de la bomba. Este dispositivo disminuye las pulsaciones en un 97% aproximadamente, y de esta manera prolonga la vida de la bomba y de los componentes del sistema. Se encuentra reforzado de una vejiga interna para mayor durabilidad. Está precargado de nitrógeno para eliminar la humedad y el deterioro de la vejiga. Para seleccionar este dispositivo se presentó la limitación de que el distribuidor solamente poseía 3 modelos, de los cuales se escogió aquel que se acercase más al valor de presión requerido.

Figuras 4.46 y 4.47. Amortiguador de pulsaciones. Fuente: Cat Pumps

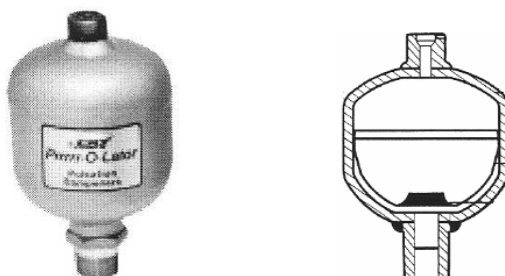


Tabla 4.14. *Especificaciones Técnicas del Amortiguador de Pulsaciones. Fuente: Master Industrial C.A. Ver Apéndice 2.*

Marca	Cat Pumps	Volumen	750 cm ³
Modelo	6010	Factor de Seguridad	4
Caudal	2,5 $\frac{lbs}{seg}$	Conexión	25,4 mm.
Presión	20,7 MPa	Peso	3,3 kg.
Temperatura	82 °C	Precio (Bs.)	1.493.208,00

4.6.6- Otros

Además de los dispositivos seleccionados anteriormente, se escogieron los siguientes instrumentos que también son necesarios para el correcto funcionamiento del sistema de limpieza a alta presión:

4.6.6.1- Manómetro

Es de acero inoxidable 304L, se encuentra herméticamente sellado para eliminar los riesgos de corrosión, y presencia de líquidos o humedad en su interior. Se instala en la descarga para monitorear el comportamiento de la bomba y la seguridad del sistema. Se selecciona el manómetro que exceda en un mínimo de 25% la presión máxima del sistema. Se coloca entre la bomba y el by-pass. Está lleno de glicerina para lecturas exactas y para protegerlo contra golpes y pulsaciones.

Figura 4.48. *Manómetro*

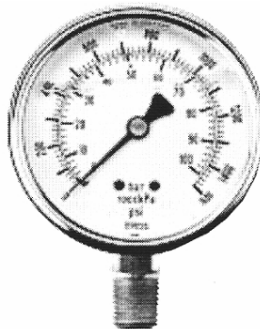


Tabla 4.15. *Especificaciones técnicas del manómetro. Fuente: Hidrojet C.A. Ver Apéndice 7.*

Diámetro	50 mm.	Presión	0 – 10,3 MPa
Profundidad	28,4 mm.	Temperatura	20 – 70 °C
Peso	0,19 kg.	Exactitud	± 1,3 %
Altura	88,9 mm.	Material	Acero Inoxidable
Profundidad	28,4 mm.	Precio (Bs.)	102.900,00
Conexión	6,35 mm.		

4.6.6.2- Regulador de Presión

Se coloca en la succión de la bomba, justo donde se encuentra el by-pass. Su función es evitar presiones excesivas en la entrada de la bomba. Convierte una presión de entrada variable en una presión de salida fija, cualesquiera que sean los cambios de presión del sistema. El regulador toma la energía necesaria del medio circulante. En caso de existir una diferencia entre la magnitud regulada y el punto de consigna (punto de consigna \neq valor de la medida) la fuerza liberada mueve el accionamiento.

Figura 4.49. *Regulador de presión*



Tabla 4.16. *Especificaciones técnicas del regulador de presión. Fuente: Suministros Industriales Mont. Ver Apéndice 4.*

Modelo	VB 60/150	Salida	1,27 cm.
Caudal	$1 \frac{lbs}{seg}$	Retorno	1,27 cm.
Presión	15 MPa	Precio (Bs.)	159.315,00
Entrada	1,27 cm.		

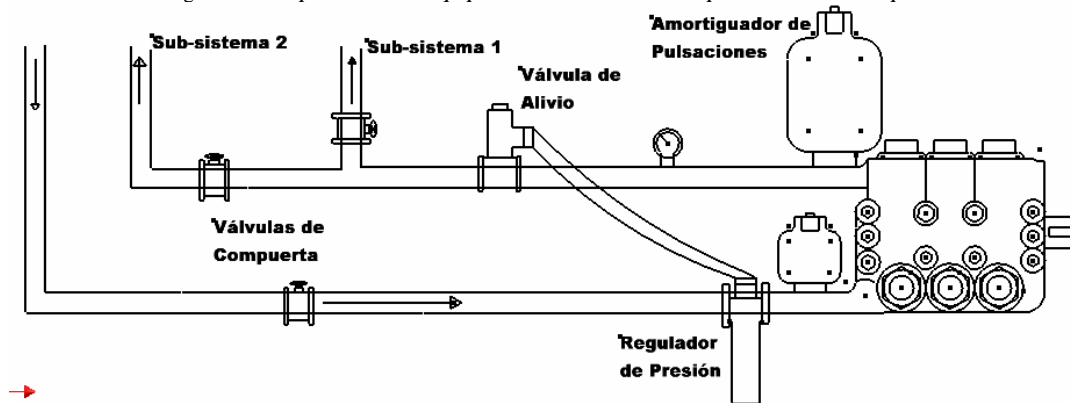
4.6.6.3- Codos y Tee

Tabla 4.17. Especificaciones técnicas de los codos y tees. Fuente: Vencraft. Ver Apéndice 6.

Accesorio	Codo	Accesorio	Tee
Modelo	42410014	Modelo	42414014
Material	Acero Inoxidable	Material	Acero Inoxidable
Shedulle	40	Shedulle	40
Conexión	19,05 mm.	Conexión	19,05 mm.
Presión	13,8 MPa	Presión	13,8 MPa
Precio (Bs.)	8.500,00	Precio (Bs.)	10.200,00

La ubicación final que tendrán algunos de los dispositivos nombrados anteriormente será la siguiente:

Figura 4.50. Disposición de los equipos cercanos a la bomba de pistones. Fuente: Propia.



El costo total aproximado del sistema de limpieza a alta presión será el siguiente:

Tabla 4.18. Costo total aproximado del sistema de limpieza a alta presión

Dispositivo	Precio Bs.	Cantidad	Total Bs.
Hidrojet	518.326,00	8	4.146.608,00
Bomba	5.068.000,00	2	10.136.000,00
Tubería (6,35 mm)	24.300,00	32 (189,3 m)	777.600,00
Tubería (52,50 mm)	45.700,00	1 (1,2 m)	45.700,00
Manguera (6,35 mm)	13.760,00	85,4 m	1.175.104,00
Manguera (19,05 mm)	28.750,00	1 m	28.750,00
Válvula de Seguridad	606.200,00	1	606.200,00
Amortiguador de Pulsaciones	1.493.208,00	2	2.986.416,00
Manómetro	102.900,00	1	102.900,00
Regulador de Presión	159.315,00	1	159.315,00
Válvula de Compuerta (19,05 mm)	515.000,00	13	6.695.000,00
Codo (19,05 mm)	8500,00	17	144.500,00
Tee (52,50 mm)	10200,00	1	10.200,00
		Sub-Total	27.014.293,00
		I.V.A. (14%)	3.782.001,02
		Total	30.796.294,02

A continuación se muestra una cotización realizada por la empresa Hidrojet C.A., la misma compañía que cotizó la bomba de pistones, en la que aparece presupuestado una hidrolimpiadora, con lo que se pueden comparar los precios de ambos sistemas de limpieza. Vale resaltar que esta hidrolimpiadora funciona sólo para limpiar un lugar a la vez:

Tabla 4.19. Presupuesto de una hidrolimpiadora. Fuente: Hidrojet C.A. Ver Apéndice 8.

Modelo	1301 HJf-850TR	Presión	5,5 MPa
Potencia	4,5 kw	Tipo de Agua	Fría
Caudal	0,8 $\frac{Its}{seg}$	Precio (Bs.)	10.621.975,00

Figura 4.51. Hidrolimpiadora. Fuente: Hidrojet C.A.



Todas las selecciones de productos, se ejecutaron en conjunto con el supervisor de servicio de planta, el jefe de producción y mantenimiento y con el gerente de operaciones de la Planta San Pedro, teniendo principalmente en cuenta las empresas que poseen relaciones comerciales con Pepsi-Cola de Venezuela C.A. Todos los precios obtenidos se rigieron por las siguientes cláusulas cambiarias:

Tabla 4.20. Cláusulas cambiarias que se utilizaron en todos los presupuestos.

Dólar (\$)	Bolívares (Bs.)	Euro (€)
1,00	2.150,00	0,78

4.7- Proceso de Estimaciones

4.7.1- Estimación de un cambio en la Cantidad de Agua utilizada durante el proceso de Limpieza

A continuación se presenta una tabla comparativa entre la limpieza actual de la Planta San Pedro y el sistema diseñado en el presente Trabajo Especial de Grado, donde se muestra la disminución en el volumen de agua utilizado por cada punto de aspersión:

Tabla 4.21. Comparación entre la limpieza actual de la Planta San Pedro, y el sistema de limpieza propuesto. Fuente: Propia.

Sistema de Limpieza	Caudal $\left[\frac{Lts}{seg} \right]$	Presión [MPa]	Cantidad de Mangueras
Actual	1	0,4	4
Diseñado	0,8	5	8

Claramente se observa como el sistema de limpieza propuesto disminuye en 17% aproximadamente la cantidad de agua utilizada. Y aumenta la presión y los lugares a limpiar, los cuales se han duplicado.

4.7.2- Estimación de un cambio en la Cantidad de Productos Químicos utilizados durante el proceso de Limpieza Mecánica

De acuerdo al resto de las plantas de Empresas Polar que poseen un sistema de limpieza a alta presión, al departamento de control de calidad de Planta San Pedro, a numerosas empresas encargadas de este tipo de limpieza, por ejemplo: Alkota Cleaning Systems, Bosch-Aquatak, Flowiberica, Hidrojet C.A., Karcher, Nilgrup, Senavin, Skako Apollo, etc, siempre que se utilice un sistema de limpieza a alta presión se reduce la cantidad de productos químicos utilizados aproximadamente en un 80%.

Vale resaltar que al disminuir la cantidad de productos químicos a utilizar también se disminuye el impacto ambiental causado por estos productos, por esta razón organismos preservadores del ecosistema como la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (U.S. EPA) apoya y promueve la utilización de sistemas de limpieza a alta presión. A continuación se muestra una tabla con la cantidad de productos químicos utilizados en la limpieza mecánica de la Planta San Pedro:

Tabla 4.22. *Cantidad de productos químicos utilizados actualmente en la limpieza mecánica de la Planta San Pedro. Fuente: Departamento de Calidad, Planta San Pedro*

PRODUCTO QUIMICO	Presentación [kg/Tambor]	Consumo de Químicos		Comprar cada [Meses]
		Diario [kg]	Mensual [kg]	
P3 -Topax 68	200	3	30	6,7
P3 -141	200	15	150	1,3
P3 - Trimeta Sauer	250	15	150	1,7
Oasis - 144	9,5	2	20	0,5
Etanol 70%	200	4	40	5,0
Lift II - 58	200	4	40	5,0

Los productos químicos que aparecen en el cuadro anterior, se usan alternándose diariamente, utilizándose de dos en dos; por esta razón, en un mes (30 días) cada

pareja de productos se utiliza en diez ocasiones. A continuación se muestra como quedaría la tabla anterior con la implementación del sistema de limpieza a alta presión, el cual reduciría la cantidad de productos químicos utilizados en un 80% aproximadamente:

Tabla 4.23. *Cantidad de productos químicos estimados para la limpieza mecánica de la Planta San Pedro al implementar el sistema de limpieza de alta presión. Fuente: Propia.*

PRODUCTO QUIMICO	Presentación [kg/Tambor]	Consumo de Quimicos		Comprar cada [Meses]
		Diario [kg]	Mensual [kg]	
P3 -Topax 68	200	0,6	6	33,3
P3 -141	200	3,0	30	6,7
P3 - Trimeta Sauer	250	3,0	30	8,3
Oasis - 144	9,5	0,4	4	2,4
Etanol 70%	200	0,8	8	25,0
Lift II - 58	200	0,8	8	25,0

Sí se comparan ambas tablas, se observa claramente como disminuye el consumo de productos químicos a utilizar en la limpieza mecánica, aumenta el tiempo de duración de los productos químicos, aumenta el tiempo de pedido de cada producto y disminuyen considerablemente los costos por motivo de detergentes para la limpieza.

4.7.3- Estimación de un cambio en los Tiempos de Parada de las líneas de producción por motivo de la Limpieza

Para realizar dicha estimación, nuevamente se hace referencia al resto de las plantas de Empresas Polar que poseen un sistema de limpieza a alta presión, a numerosas empresas encargadas de este tipo de limpieza, por ejemplo: A.I.M.M. Technologies, Alkota Cleaning Systems, Bosch-Aquatak, Briggs & Stratton, Flowiberica, Hidrojet C.A., Karcher, Lowe's, Nilgrup, Senavin, Skako Apollo, etc. y a empresas encargadas de distribuir bombas de alta presión, como Cat Pumps, Speck Pumps; los cuales aseguran que al instalar un sistema de limpieza a alta presión siempre se disminuye el tiempo de limpieza en un 50% aproximadamente. Un ejemplo de esto es lo siguiente:

Figura 4.52. Comparación de tres tipos de limpieza de alta presión. Fuente: Skako Apollo

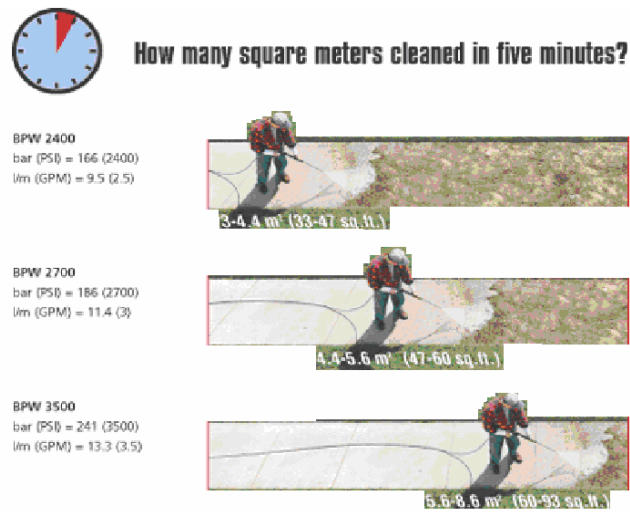


Tabla 4.24. Comparación de tres tipos de limpieza, con diferentes valores de caudal y presión. Fuente: Skako Apollo

Equipo	Tiempo de Limpieza	Presión [MPa]	Caudal $\left[\frac{lbs}{seg} \right]$	Área Limpiada
A	5 Minutos	16,5	0,16	4,4 m ²
B	5 Minutos	18,6	0,19	5,6 m ²
C	5 Minutos	24,1	0,22	8,6 m ²

En la tabla se muestran tres equipos con diferentes valores de presión y caudal, los cuales tardan el mismo tiempo de limpieza (5 minutos) en limpiar una determinada área. Y se nota claramente que el equipo que limpia la mayor cantidad de superficie es aquel que posee la mayor presión. A continuación se muestra una tabla similar a la anterior:

Tabla 4.25. Comparación de tres tipos de Limpieza, con diferentes valores de caudal y presión, para la misma cantidad de área limpiada. Fuente: Skako Apollo

Equipo	Tiempo de Limpieza	Presión [MPa]	Caudal $\left[\frac{lbs}{seg} \right]$	Área Limpiada
A	11,4 Minutos	16,5	0,16	10 m ²
B	8,9 Minutos	18,6	0,19	10 m ²
C	5,8 Minutos	24,1	0,22	10 m ²

Donde se muestran los mismos tres equipos, con la misma cantidad de área limpiada (10 m²), pero con la diferencia en el tiempo de ejecución de la actividad. Y nuevamente que el equipo que realiza la limpieza en el menor tiempo es aquel que posee la mayor presión. De acuerdo a lo dicho anteriormente se puede estimar que con el sistema de limpieza a alta presión diseñado en el presente Trabajo Especial de Grado se disminuirían los tiempos de limpieza mecánica de las líneas de producción de la Planta San Pedro en un 50%, lo que produciría que la limpieza corta total disminuya de 90 a 60 minutos, como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 4.26. *Tiempo actual y estimado de la limpieza corta de la Planta San Pedro.*

LIMPIEZA CORTA	LIMPIEZA QUÍMICA		LIMPIEZA MECÁNICA		TOTAL [min]
	INICIO	FIN	INICIO	FIN	
TIEMPO ACTUAL [min]	12:00 a.m.	01:00 a.m.	12:30 a.m.	01:30 a.m.	90
	60		60		
TIEMPO ESTIMADO [min]	12:00 a.m.	01:00 a.m.	12:30 a.m.	01:00 a.m.	60
	60		30		
REDUCCIÓN (%)	0		50		33,33

Ahora se muestra la limpieza larga, donde la limpieza mecánica disminuiría de 120 a 60 minutos, y la limpieza total de 150 a 90 minutos:

Tabla 4.27. *Tiempo actual y estimado de la limpieza larga de la Planta San Pedro*

LIMPIEZA LARGA	LIMPIEZA QUÍMICA		LIMPIEZA MECÁNICA		TOTAL [min]
	INICIO	FIN	INICIO	FIN	
TIEMPO ACTUAL [min]	12:00 a.m.	01:30 a.m.	12:30 a.m.	02:30 a.m.	150
	90		120		
TIEMPO ESTIMADO [min]	12:00 a.m.	01:30 a.m.	12:30 a.m.	01:30 a.m.	90
	90		60		
REDUCCIÓN (%)	0		50		40

Y por último se muestra la reducción en el tiempo de la limpieza mecánica de línea 4; la cual disminuiría de 240 a 120 minutos.

Tabla 4.28. *Tiempo actual y estimado de la limpieza de la línea 4 de la Planta San Pedro*

LIMPIEZA LÍNEA 4	LIMPIEZA QUÍMICA		LIMPIEZA MECÁNICA		TOTAL [min]
	INICIO	FIN	INICIO	FIN	
TIEMPO ACTUAL [min]	06:00 a.m.	10:00 a.m.	06:00 a.m.	10:00 a.m.	240
	240		240		
TIEMPO ESTIMADO [min]	06:00 a.m.	10:00 a.m.	06:00 a.m.	08:00 a.m.	240
	240		120		
REDUCCIÓN (%)	0		50		0

A pesar que el tiempo total de limpieza de línea 4 no disminuye, igualmente es importante la disminución en el tiempo de la limpieza mecánica; debido a que en ese tiempo sobrante los operadores pueden realizar cualquier otra actividad. Lo más relevante de la disminución en el tiempo de las limpiezas cortas y largas, es que el tiempo que se ahorra en limpieza se utilizará para el proceso de producción.

4.7.4- Estimación de un Cambio en la Productividad de la Planta

A continuación se muestra una tabla que indica la cantidad de cajas extras que se estima que produzca cada línea de producción, con el tiempo ganado de la limpieza:

Tabla 4.29. Cajas extras estimadas en cada limpieza por la implementación del Sistema de Limpieza a Alta Presión

Limpieza	Línea	bpm	Tiempo Ganado [h]	%	Cajas Extras
Corta	1	222	0,5	64,74	180
	2	135		57,00	96
	3	22		55,98	185
	5	84		57,64	61
Larga	1	222	1	64,74	359
	2	135		57,00	192
	3	22		55,98	369
	5	84		57,64	121
Línea 4	4	220	0	33,84	0

$$CajasExtras = \frac{\frac{Bot}{min} \times \frac{60 \text{ min}}{1 \text{ Hora}} \times Horasganadas}{\frac{NúmerodeBotellas}{Caja}} \times \frac{Productividad}{100}$$

Obviamente al aumentar la cantidad cajas sacadas, se incrementa el valor de productividad. En la siguiente tabla se muestra una estimación de la productividad mensual de las líneas de producción y de la planta:

Tabla 4.30. Valores de productividad estimados para cada línea de producción por la implementación del sistema de limpieza a alta presión

Línea	Cajas Posibles	Valores Actuales por Mes			Valores Estimados	
		Días Promedio	Cajas Promedio	%	Cajas	%
1	399600	16	258701	64,74	263013	65,82
2	243000	24	138510	57,00	141966	58,42
3	475200	10	266017	55,98	268787	56,56
4	396000	4	134006	33,84	134006	33,84
5	151200	8	87152	57,64	87880	58,12
Planta	1665000		884386	53,12	895652	53,79

Para todas las Líneas de Producción con excepción de Línea 4:

$$CajasEst = Cajas Pr om + \left(\frac{Días Pr om}{2} \right) \times (CajasExtrasLimpC + CajasExtrasLimpL)$$

El valor de “Días Promedio”, corresponde al promedio en el año 2.005 de la cantidad de días mensuales en que la línea produce en el tercer turno de trabajo. Y El valor de “Cajas Promedio”, corresponde al promedio en el año 2.005 de la cantidad de cajas mensuales que la línea produce en el tercer turno. A continuación se muestra una tabla que indica el precio de cada caja producida en Planta San Pedro y la ganancia que se obtendría al implementar el sistema de limpieza a alta presión:

Tabla 4.31. Ganancia estimada por cada línea de producción después de implementar el sistema de limpieza a alta presión

Línea	Precio(Bs.)/Caja	Cajas Mensuales Extras	Ganancia (Bs.)
1	5663,32	4.312	24.420.235,84
2	9335,42	3.456	32.263.211,52
3	2031,08	2.770	5.626.091,60
4	5055,75	0	0,00
5	3878,45	728	2.823.511,60
		TOTAL	65.133.050,56

$$CajasMensualesExtras = CajasEstimadas - Cajas Pr omedio$$

$$GananciaMensual(Bs.) = \frac{Pr ecio(Bs.)}{Cajas} \times CajasMensualesExtras$$

Dicha ganancia comprende todos los costos fijos de la planta, es decir, costos de personal y gastos generales dentro de la planta.

4.8- Cálculos Realizados

Datos:

Tabla 4.32. *Datos*

Dp	36 mm.	Zd	0 m.	A'	1,5 cm.
S	24 mm.	N	600 rpm	St	545 MPa (Ver Apéndice 12)
Ds	20,93 mm.	L_s	62 m	DR	1
Dd	20,93 mm.	L_d	88,3 m	C	0,066
Ps	413,6 kPa	ρ	$998,2 \frac{kg}{m^3}$ (Ver Apéndice 9)	K'	1,4
Pd	5 MPa	g	$9,80665 \frac{m}{seg^2}$	Pv	2,34 kPa (Ver Apéndice 9)
Qs	$0,8 \frac{lbs}{seg}$	μ	$1,005 \times 10^{-3} Pa \times seg$ (Ver Apéndice 9)	K (Codo) (20,93 mm)	0,75 (Ver Apéndice 13)
Qd	$0,8 \frac{lbs}{seg}$	Sp	115,11 MPa (Ver Apéndice 10)	K (Válvula Compuerta) (20,93 mm)	0,2 (Ver Apéndice 13)
Pot_s	4.474,2 kw	E	1,1	K (Tee) (52,5 mm)	1,14 (Ver Apéndice 13)
Zs	10 m.	y	0,4 (Ver Apéndice 11)	e	$4,57 \times 10^{-5}$

Área del Pistón

$$A_p = \frac{\pi \times D_p^2}{4}$$

$$A_p = \frac{\pi \times (36mm)^2}{4}$$

$$A_p = 1.017,88mm^2 = 10,18cm^2$$

Área de la Tubería de Succión y de Descarga

$$A_s = A_d = \frac{\pi \times D_s^2}{4} = \frac{\pi \times D_d^2}{4}$$

$$A_s = A_d = \frac{\pi \times (20,93mm)^2}{4}$$

$$A_s = A_d = 344,05mm^2 = 3,44cm^2$$

Velocidad del Fluido en la Tubería de Succión y de Descarga

$$V_s = V_d = \frac{Q_s}{A_s} = \frac{Q_d}{A_d}$$

$$V_s = V_d = \frac{0,8 \frac{lt}{seg}}{3,44cm^2}$$

$$V_s = V_d = 242,15 \frac{cm}{seg} = 2,42 \frac{m}{seg}$$

Velocidad Angular del Cigüeñal

$$w = \frac{2 \times \pi \times N}{60}$$

$$w = \frac{2 \times \pi \times 600rpm}{60}$$

$$w = 62,83 \frac{rad}{seg}$$

Volumen Desplazado en cada Carrera

$$Vol = A_p \times S$$

$$Vol = 10,18cm^2 \times 24mm$$

$$Vol = 24,43cm^3$$

Fuerza Aplicada Sobre el Pistón

$$F = A_p \times P_d$$

$$F = 10,18\text{cm}^2 \times 5\text{MPa}$$

$$F = 5.090\text{N}$$

Número de Reynolds

$$\text{Re} = \frac{V \times D \times \rho}{\mu}$$

$$\text{Re} = \frac{2,42 \frac{\text{m}}{\text{seg}} \times 20,93\text{mm} \times 998,2 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}{1,005 \times 10^{-3} \text{Pa} \times \text{seg}}$$

$$\text{Re} = 50.307,89$$

Número Schedule de la Tubería

$$\text{Schedule} = \frac{1000 \times P_d}{S_p \times E}$$

$$\text{Schedule} = \frac{1000 \times 5\text{MPa}}{115,11\text{MPa} \times 1,1}$$

$$\text{Schedule} = 39,49 \Rightarrow 40$$

Espesor de Pared de la Tubería (D = 20,93 mm)

$$t_m = \frac{P_d \times D_d}{2 \times (S_p \times E + P_d \times y)} + A'$$

$$t_m = \frac{5\text{MPa} \times 20,93\text{mm}}{2 \times (115,11\text{MPa} \times 1,1 + 5\text{MPa} \times 0,4)} + 1,27\text{mm}$$

$$t_m = 1,68\text{mm}$$

Espesor de Pared de la Tubería (D = 9,25 mm)

$$t_m = \frac{P_d \times D_d}{2 \times (S_p \times E + P_d \times y)} + A'$$
$$t_m = \frac{5MPa \times 9,25mm}{2 \times (115,11MPa \times 1,1 + 5MPa \times 0,4)} + 1,27mm$$
$$t_m = 1,45mm$$

Presión de Rompimiento de la Tubería

$$P_R = \frac{2 \times t_m \times S_t}{D_d}$$
$$P_R = \frac{2 \times 1,72mm \times 545MPa}{20,93mm}$$
$$P_R = 89,57MPa$$

Eficiencia Mecánica de la Bomba

$$\eta_m = 100 \times \frac{Q_d \times (P_d - P_s)}{Pot_s}$$
$$\eta_m = 100 \times \frac{0,8 \frac{lbs}{seg} \times (5 \times 10^3 - 413,58) kPa}{4.474,2w}$$
$$\eta_m = 85,46\%$$

Carga de la Bomba

$$H_p = \frac{Pot_s \times \eta_m}{\gamma \times Q_d}$$
$$H_p = \frac{4.474,2w \times \frac{85,46}{100}}{9.792 \frac{N}{m^3} \times 0,8 \frac{lbs}{seg}}$$
$$H_p = 468,59m$$

Carga de Aceleración

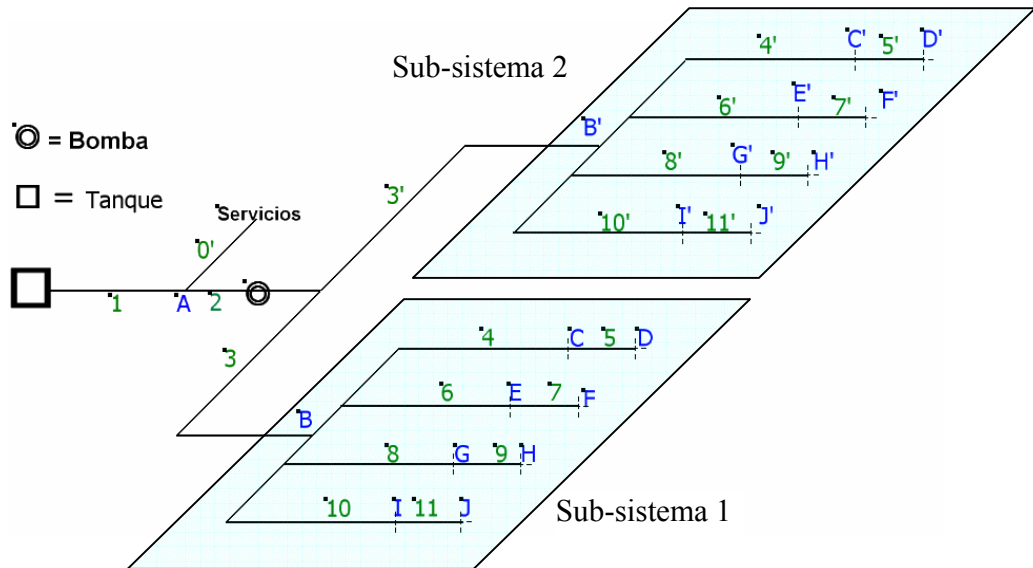
$$h_a = \frac{L_s \times V_s \times N \times C \times DR}{2,31 \times K' \times g}$$

$$h_a = \frac{62m \times 2,42 \frac{m}{seg} \times 600rpm \times 0,066 \times 1}{2,31 \times 1,5 \times 9,81 \frac{m}{seg^2}}$$

$$h_a = 2,91m$$

Cálculo del Caudal y Presión para cada Hidrojet

Figura 4.53. Diagrama de distribución de los hidrojets. Fuente: Propia.



Cálculo de la Carga Total en el Tanque de Alimentación de la Bomba

$$H_{Tanque} = \frac{P_{Tanque}}{\gamma} + Z_{Tanque} + \frac{V_{Tanque}^2}{2 \times g}$$

$$H_{Tanque} = \frac{413,58kPa}{9.792 \frac{N}{m^3}} + 10m$$

$$H_{Tanque} = 52,24m$$

Cálculo del Área de la Tubería 1

$$A_1 = \frac{\pi}{4} \times D_1^2$$

$$A_1 = \frac{\pi}{4} \times (5,25 \times 10^{-2} m)$$

$$A_1 = 2,16 \times 10^{-3} m^2$$

Cálculo de la Velocidad del fluido en la Tubería 1

$$V_1 = \frac{Q_1}{A_1}$$

$$V_1 = \frac{1 \times 10^{-3} \frac{m^3}{seg}}{2,16 \times 10^{-3} m^2}$$

$$V_1 = 0,46 \frac{m}{seg}$$

Cálculo del Número de Reynolds en la Tubería 1

$$Re_1 = \frac{V_1 \times D_1 \times \rho}{\mu}$$

$$Re_1 = \frac{0,46 \frac{m}{seg} \times 5,25 \times 10^{-2} m \times 998,21 \frac{kg}{m^3}}{1,01 \times 10^{-3} Pa \times seg}$$

$$Re_1 = 2,41 \times 10^4$$

Cálculo del Coeficiente K para la Tubería 1

$$\sum K_1 = 0,78 + K_{Tee}$$

$$\sum K_1 = 0,78 + 1,14$$

$$\sum K_1 = 1,92$$

Cálculo del Factor de Fricción para la Tubería 1

$$\frac{1}{\sqrt{f_1}} = -2 \times \log \left(\frac{\varepsilon}{3,7 \times D_1} + \frac{2,51}{\text{Re}_1 \times \sqrt{f_1}} \right)$$
$$\frac{1}{\sqrt{f_1}} = -2 \times \log \left(\frac{4,57 \times 10^{-5} m}{3,7 \times (5,25 \times 10^{-2} m)} + \frac{2,51}{2,41 \times 10^4 \times \sqrt{f_1}} \right)$$
$$f_1 = 2,67 \times 10^{-2}$$

Cálculo de la Longitud Equivalente para la Tubería 1

$$Le_1 = \frac{D_1 \times \sum K_1}{f_1}$$
$$Le_1 = \frac{5,25 \times 10^{-2} m \times 1,92}{2,67 \times 10^{-2}}$$
$$Le_1 = 3,77 m$$

Cálculo del Coeficiente de Resistencia Modificado para la Tubería 1

$$R'_1 = \frac{8 \times f_1 (L_1 + Le_1)}{g \times \pi^2 \times D_1^5}$$
$$R'_1 = \frac{8 \times (2,67 \times 10^{-2}) \times (48 + 3,77) m}{9,80665 \frac{m}{seg^2} \times \pi^2 \times (5,25 \times 10^{-2} m)^5}$$
$$R'_1 = 2,87 \times 10^5 \frac{seg^2}{m^5}$$

Cálculo de la Carga Total en el Punto A

$$H_A = H_{Tanque} - R'_1 \times Q_1^2$$
$$H_A = 52,24 m - \left(2,87 \times 10^5 \frac{seg^2}{m^5} \right) \times \left(1 \times 10^{-3} \frac{m^3}{seg} \right)^2$$
$$H_A = 51,95 m$$

Cálculo del Área de la Tubería 2

$$A_2 = \frac{\pi}{4} \times D_2^2$$

$$A_2 = \frac{\pi}{4} \times (2,09 \times 10^{-2} m)^2$$

$$A_2 = 3,43 \times 10^{-4} m^2$$

Cálculo de la Velocidad del fluido en la Tubería 2

$$V_2 = \frac{Q_2}{A_2}$$

$$V_2 = \frac{8,33 \times 10^{-4} \frac{m^3}{seg}}{3,43 \times 10^{-4} m^2}$$

$$V_2 = 2,43 \frac{m}{seg}$$

Cálculo del Número de Reynolds en la Tubería 2

$$Re_2 = \frac{V_2 \times D_2 \times \rho}{\mu}$$

$$Re_2 = \frac{2,43 \frac{m}{seg} \times 2,09 \times 10^{-2} m \times 998,21 \frac{kg}{m^3}}{1,01 \times 10^{-3} Pa \times seg}$$

$$Re_2 = 5,04 \times 10^4$$

Cálculo del Coeficiente K para la Tubería 2

$$\sum K_2 = K_{Contracción} + 2 \times K_{Codo} + K_{Compuerta}$$

$$\sum K_2 = 0,5 \left(1 - \frac{(20,93mm)^2}{(52,5mm)^2} \right) + 2(0,75) + 0,2$$

$$\sum K_2 = 2,12$$

Cálculo del Factor de Fricción para la Tubería 2

$$\frac{1}{\sqrt{f_2}} = -2 \times \log \left(\frac{\varepsilon}{3,7 \times D_2} + \frac{2,51}{\text{Re}_2 \times \sqrt{f_2}} \right)$$

$$\frac{1}{\sqrt{f_2}} = -2 \times \log \left(\frac{4,57 \times 10^{-5} \text{ m}}{3,7 \times (2,09 \times 10^{-2} \text{ m})} + \frac{2,51}{5,04 \times 10^4 \times \sqrt{f_2}} \right)$$

$$f_2 = 2,69 \times 10^{-2}$$

Cálculo de la Longitud Equivalente para la Tubería 2

$$Le_2 = \frac{D_2 \times \sum K_2}{f_2}$$

$$Le_2 = \frac{2,09 \times 10^{-2} \text{ m} \times 2,12}{2,69 \times 10^{-2}}$$

$$Le_2 = 1,65 \text{ m}$$

Cálculo del Coeficiente de Resistencia Modificado para la Tubería 2

$$R'_2 = \frac{8 \times f_2 (L_2 + Le_2)}{g \times \pi^2 \times D_2^5}$$

$$R'_2 = \frac{8 \times (2,69 \times 10^{-2}) \times (14,1 + 1,65) \text{ m}}{9,80665 \frac{\text{m}}{\text{seg}^2} \times \pi^2 \times (2,09 \times 10^{-2} \text{ m})^5}$$

$$R'_2 = 8,72 \times 10^6 \frac{\text{seg}^2}{\text{m}^5}$$

Cálculo del Coeficiente K para la Tubería 3 del Sub-sistema 1

$$\sum K_3 = K_{\text{Expansión}} + 3 \times K_{\text{Codo}} + K_{\text{Compuerta}} + 0,78$$

$$\sum K_3 = \left(1 - \left(\frac{15,8 \text{ mm}}{20,93 \text{ mm}} \right)^2 \right)^2 + 3 \times (0,75) + 0,2 + 0,78$$

$$\sum K_3 = 3,41$$

Cálculo de la Longitud Equivalente para la Tubería 3 del Sub-sistema 1

$$Le_3 = \frac{D_3 \times \sum K_3}{f_3}$$

$$Le_3 = \frac{2,09 \times 10^{-2} m \times 3,41}{2,69 \times 10^{-2}}$$

$$Le_3 = 2,65m$$

Cálculo del Coeficiente de Resistencia Modificado para la Tubería 3 del Sub-sistema 1

$$R'_3 = \frac{8 \times f_3 (L_3 + Le_3)}{g \times \pi^2 \times D_3^5}$$

$$R'_3 = \frac{8 \times (2,69 \times 10^{-2}) \times (41,7 + 2,65m)}{9,80665 \frac{m}{seg^2} \times \pi^2 \times (2,09 \times 10^{-2} m)^5}$$

$$R'_3 = 2,46 \times 10^7 \frac{seg^2}{m^5}$$

Cálculo de la Carga Total en el Punto B

$$H_B = H_A + H_P - R'_2 \times Q_2^2 - R'_3 \times Q_3^2$$

$$H_B = 51,95m + 468,58m - \left(8,33 \times 10^{-4} \frac{m^3}{seg} \right)^2 \times (8,72 \times 10^6 + 2,46 \times 10^7) \frac{seg^2}{m^5}$$

$$H_B = 497,41m$$

Cálculo de la Velocidad del fluido en la Tubería 4

$$V_4 = \frac{Q_4}{A_4}$$

$$V_4 = \frac{1,73 \times 10^{-4} \frac{m^3}{seg}}{3,44 \times 10^{-4} m^2}$$

$$V_4 = 0,5 \frac{m}{seg}$$

Cálculo del Número de Reynolds en la Tubería 4

$$\begin{aligned} \text{Re}_4 &= \frac{V_4 \times D_4 \times \rho}{\mu} \\ \text{Re}_4 &= \frac{0,5 \frac{m}{seg} \times 2,09 \times 10^{-2} m \times 998,21 \frac{kg}{m^3}}{1,01 \times 10^{-3} Pa \times seg} \\ \text{Re}_4 &= 1,05 \times 10^4 \end{aligned}$$

Cálculo del Coeficiente K para la Tubería 4

$$\begin{aligned} \sum K_4 &= K_{Codo} + K_{Compuerta} + 1 \\ \sum K_4 &= 0,75 + 0,2 + 1 \\ \sum K_4 &= 1,95 \end{aligned}$$

Cálculo del Factor de Fricción para la Tubería 4

$$\begin{aligned} \frac{1}{\sqrt{f_4}} &= -2 \times \log \left(\frac{\varepsilon}{3,7 \times D_4} + \frac{2,51}{\text{Re}_4 \times \sqrt{f_4}} \right) \\ \frac{1}{\sqrt{f_4}} &= -2 \times \log \left(\frac{4,57 \times 10^{-5} m}{3,7 \times (2,09 \times 10^{-2} m)} + \frac{2,51}{5,04 \times 10^4 \times \sqrt{f_4}} \right) \\ f_4 &= 3,28 \times 10^{-2} \end{aligned}$$

Cálculo de la Longitud Equivalente para la Tubería 4

$$\begin{aligned} Le_4 &= \frac{D_4 \times \sum K_4}{f_4} \\ Le_4 &= \frac{2,09 \times 10^{-2} m \times 1,95}{3,28 \times 10^{-2}} \\ Le_4 &= 1,24 m \end{aligned}$$

Cálculo del Coeficiente de Resistencia Modificado para la Tubería 4

$$R'_4 = \frac{8 \times f_4 (L_4 + Le_4)}{g \times \pi^2 \times D_4^5}$$
$$R'_4 = \frac{8 \times (3,28 \times 10^{-2}) \times (32 + 1,24)m}{9,80665 \frac{m}{seg^2} \times \pi^2 \times (2,09 \times 10^{-2} m)^5}$$
$$R'_4 = 2,24 \times 10^7 \frac{seg^2}{m^5}$$

Cálculo de la Carga Total en el Punto C

$$H_C = H_B - R'_4 \times Q_4^2$$
$$H_C = 497,43m - \left(2,24 \times 10^7 \frac{seg^2}{m^5} \right) \times \left(1,73 \times 10^{-4} \frac{m^3}{seg} \right)^2$$
$$H_C = 496,76m$$

Cálculo del Área de la Tubería 5

$$A_5 = \frac{\pi}{4} \times D_5^2$$
$$A_5 = \frac{\pi}{4} \times (9,25 \times 10^{-3} m)^2$$
$$A_5 = 6,72 \times 10^{-5} m^2$$

Cálculo de la Velocidad del fluido en la Tubería 5

$$V_5 = \frac{Q_5}{A_5}$$
$$V_5 = \frac{1,73 \times 10^{-4} \frac{m^3}{seg}}{6,71 \times 10^{-5} m^2}$$
$$V_5 = 2,58 \frac{m}{seg}$$

Cálculo del Número de Reynolds en la Tubería 5

$$\begin{aligned} \text{Re}_5 &= \frac{V_5 \times D_5 \times \rho}{\mu} \\ \text{Re}_5 &= \frac{2,58 \frac{m}{seg} \times 9,25 \times 10^{-3} m \times 998,21 \frac{kg}{m^3}}{1,01 \times 10^{-3} Pa \times seg} \\ \text{Re}_5 &= 2,37 \times 10^4 \end{aligned}$$

Cálculo del Coeficiente K para la Tubería 5

$$\begin{aligned} \sum K_5 &= K_{Bola} + K_{Contracció} \\ \sum K_5 &= 0,08 + 0,5 \times \left(1 - \left(\frac{1,50mm}{9,25mm} \right)^2 \right) \\ \sum K_5 &= 0,57 \end{aligned}$$

Cálculo del Factor de Fricción para la Tubería 5

$$\begin{aligned} \frac{1}{\sqrt{f_5}} &= -2 \times \log \left(\frac{\varepsilon}{3,7 \times D_5} + \frac{2,51}{\text{Re}_5 \times \sqrt{f_5}} \right) \\ \frac{1}{\sqrt{f_5}} &= -2 \times \log \left(\frac{4,57 \times 10^{-5} m}{3,7 \times (9,25 \times 10^{-3} m)} + \frac{2,51}{2,37 \times 10^4 \times \sqrt{f_5}} \right) \\ f_5 &= 3,38 \times 10^{-2} \end{aligned}$$

Cálculo de la Longitud Equivalente para la Tubería 5

$$\begin{aligned} L_{e_5} &= \frac{D_5 \times \sum K_5}{f_5} \\ L_{e_5} &= \frac{9,25 \times 10^{-3} m \times 0,57}{3,38 \times 10^{-2}} \\ L_{e_5} &= 0,16m \end{aligned}$$

Cálculo del Coeficiente de Resistencia Modificado para la Tubería 5

$$R'_5 = \frac{8 \times f_5 (L_5 + Le_5)}{g \times \pi^2 \times D_5^5}$$

$$R'_5 = \frac{8 \times (3,38 \times 10^{-2}) \times (0,52 + 0,16)m}{9,80665 \frac{m}{seg^2} \times \pi^2 \times (9,25 \times 10^{-3} m)^5}$$

$$R'_5 = 2,79 \times 10^7 \frac{seg^2}{m^5}$$

Cálculo de la Carga Total en el Punto D

$$H_D = H_C - R'_5 \times Q_5^2$$

$$H_D = 496,75m - \left(2,79 \times 10^7 \frac{seg^2}{m^5} \right) \times \left(1,73 \times 10^{-4} \frac{m^3}{seg} \right)^2$$

$$H_D = 495,91m$$

Para calcular la carga total en el resto de los nodos, se procede de una manera similar, a continuación se muestran dichos resultados:

Tabla 4.33. Cálculo del caudal y la velocidad del fluido en cada segmento de tubería del Sub-sistema 1. Fuente: Propia

Tubería	L (m)	f	ΣK	Accesorios				R(s ² /m ⁵)	R'(s ² /m ⁵)	Re	Q(m ³ /s)	V (m/s)	hf(m)
				C	T	VC	VB						
1	48,0	2,67E-2	1,92	0	1	0	0	2,66E+5	2,87E+5	2,41E+4	1,00E-3	0,46	0,29
2	14,1	2,69E-2	2,12	2	0	1	0	7,81E+6	8,72E+6	5,04E+4	8,33E-4	2,42	6,06
3	41,7	2,69E-2	3,42	3	0	1	0	2,31E+7	2,46E+7	5,04E+4	8,33E-4	2,42	17,05
4	32,0	3,28E-2	1,95	1	0	1	0	2,16E+7	2,24E+7	1,05E+4	1,73E-4	0,50	0,68
5	0,52	3,38E-2	0,57	0	0	0	1	2,15E+7	2,79E+7	2,37E+4	1,73E-4	2,58	0,84
6	29,0	3,28E-2	1,95	1	0	1	0	1,96E+7	2,04E+7	1,05E+4	1,73E-4	0,50	0,61
7	0,52	3,38E-2	0,57	0	0	0	1	2,15E+7	2,79E+7	2,37E+4	1,73E-4	2,58	0,84
8	27,3	3,28E-2	1,95	1	0	1	0	1,84E+7	1,93E+7	1,05E+4	1,73E-4	0,50	0,58
9	0,52	3,38E-2	0,57	0	0	0	1	2,15E+7	2,79E+7	2,37E+4	1,73E-4	2,58	0,84
10	31,5	3,28E-2	1,95	1	0	1	0	2,13E+7	2,21E+7	1,05E+4	1,73E-4	0,50	0,67
11	0,52	3,38E-2	0,57	0	0	0	1	2,15E+7	2,79E+7	2,37E+4	1,73E-4	2,58	0,84

Tabla 4.34. Cálculo de la presión y la carga total para cada nodo del Sub-sistema 1. Fuente: Propia

NODO	P (kPa)	V ² /(2g)(m)	Z (m)	H(m)
Tanque	413,58	0	10	52,24
A	459,63	0,01	5	51,95
B	4818,90	0,30	5	497,43
C	4849,36	0,01	1,5	496,75
D	98	484,40	1,5	495,91
E	4849,95	0,01	1,5	496,81
F	98	484,46	1,5	495,97
G	4850,29	0,01	1,5	496,85
H	98	484,50	1,5	496,00
I	4849,46	0,01	1,5	496,76
J	98	484,41	1,5	495,92

Tabla 4.35. Cálculo del caudal y la velocidad del fluido en cada segmento de tubería del Sub-sistema 2. Fuente: Propia

Tubería	L (m)	f	ΣK	Accesorios				R(s ² /m ⁵)	R'(s ² /m ⁵)	Re	Q(m ³ /s)	V (m/s)	hf(m)
				C	T	VC	VB						
1	48,0	2,67E-2	1,92	0	1	0	0	2,66E+5	2,87E+5	2,41E+4	1,00E-3	0,46	0,29
2	14,1	2,69E-2	2,12	2	0	1	0	7,81E+6	8,72E+6	5,04E+4	8,33E-4	2,42	6,06
3'	27,6	2,69E-2	4,17	4	0	1	0	1,53E+7	1,71E+7	5,04E+4	8,33E-4	2,42	11,86
4'	22,8	3,28E-2	1,95	1	0	1	0	1,54E+7	1,62E+7	1,05E+4	1,73E-4	0,50	0,49
5'	0,52	3,38E-2	0,57	0	0	0	1	2,15E+7	2,79E+7	2,37E+4	1,73E-4	2,58	0,84
6'	21,3	3,28E-2	1,95	1	0	1	0	1,44E+7	1,52E+7	1,05E+4	1,73E-4	0,50	0,46
7'	0,52	3,38E-2	0,57	0	0	0	1	2,15E+7	2,79E+7	2,37E+4	1,73E-4	2,58	0,84
8'	7,6	3,28E-2	1,95	1	0	1	0	5,13E+6	5,97E+6	1,05E+4	1,73E-4	0,50	0,18
9'	0,52	3,38E-2	0,57	0	0	0	1	2,15E+7	2,79E+7	2,37E+4	1,73E-4	2,58	0,84
10'	22,3	3,28E-2	1,95	1	0	1	0	1,51E+7	1,59E+7	1,05E+4	1,73E-4	0,50	0,48
11'	0,52	3,38E-2	0,57	0	0	0	1	2,15E+7	2,79E+7	2,37E+4	1,73E-4	2,58	0,84

Tabla 4.36. Cálculo de la presión y la carga total para cada nodo del Sub-sistema 2. Fuente: Propia

NODO	P (kPa)	V ² /(2g)(m)	Z (m)	H(m)
Tanque	413,58	0	10	52,24
A	459,63	0,01	5	51,95
B'	4869,78	0,30	5	502,62
C'	4902,07	0,01	1,5	502,13
D'	98	489,78	1,5	501,29
E'	4902,37	0,01	1,5	502,16
F'	98	489,81	1,5	501,32
G'	4905,10	0,01	1,5	502,44
H'	98	490,09	1,5	501,60
I'	4902,17	0,01	1,5	502,14
J'	98	489,79	1,5	501,30

Pérdidas en la Tubería de Succión

Tabla 4.37. *Pérdidas en la tubería de succión de la bomba. Fuente: Propia*

Tubería	L (m)	ΣK	Accesorios				R'(s ² /m ⁵)	Q(m ³ /s)	hf(m)	
			C	T	VC	VB				
1	48,0	1,92	0	1	0	0	2,87E+5	1,00E-3	0,29	
2	14,1	2,12	2	0	1	0	8,72E+6	8,33E-4	6,06	
									hfs(m)	6,34

Pérdidas en la Tubería de Descarga para el Sub-sistema 1

Tabla 4.38. *Pérdidas en la tubería de descarga de la bomba para el Sub-sistema 1. Fuente: Propia*

Tubería	L (m)	ΣK	Accesorios				R'(s ² /m ⁵)	Q(m ³ /s)	hf(m)	
			C	T	VC	VB				
3	41,7	3,42	3	0	1	0	2,46E+7	8,33E-4	17,05	
4	32,0	1,95	1	0	1	0	2,24E+7	1,73E-4	0,68	
5	0,52	0,57	0	0	0	1	2,79E+7	1,73E-4	0,84	
6	29,0	1,95	1	0	1	0	2,04E+7	1,73E-4	0,61	
7	0,52	0,57	0	0	0	1	2,79E+7	1,73E-4	0,84	
8	27,3	1,95	1	0	1	0	1,93E+7	1,73E-4	0,58	
9	0,52	0,57	0	0	0	1	2,79E+7	1,73E-4	0,84	
10	31,5	1,95	1	0	1	0	2,21E+7	1,73E-4	0,67	
11	0,52	0,57	0	0	0	1	2,79E+7	1,73E-4	0,84	
									hfd1(m)	22,95

Pérdidas en la Tubería de Descarga para el Sub-sistema 2

Tabla 4.39. *Pérdidas en la tubería de descarga de la bomba para el Sub-sistema 2. Fuente: Propia*

Tubería	L (m)	ΣK	Accesorios				R'(s ² /m ⁵)	Q(m ³ /s)	hf(m)	
			C	T	VC	VB				
1	48,0	1,92	0	1	0	0	2,87E+5	1,00E-3	0,29	
2	14,1	2,12	2	0	1	0	8,72E+6	8,33E-4	6,06	
3'	27,6	4,17	4	0	1	0	1,71E+7	8,33E-4	11,86	
4'	22,8	1,95	1	0	1	0	1,62E+7	1,73E-4	0,49	
5'	0,52	0,57	0	0	0	1	2,79E+7	1,73E-4	0,84	
6'	21,3	1,95	1	0	1	0	1,52E+7	1,73E-4	0,46	
7'	0,52	0,57	0	0	0	1	2,79E+7	1,73E-4	0,84	
8'	7,6	1,95	1	0	1	0	5,97E+6	1,73E-4	0,18	
9'	0,52	0,57	0	0	0	1	2,79E+7	1,73E-4	0,84	
10'	22,3	1,95	1	0	1	0	1,59E+7	1,73E-4	0,48	
11'	0,52	0,57	0	0	0	1	2,79E+7	1,73E-4	0,84	
									hfd2(m)	16,82

Altura Neta de Aspiración de la Bomba para el Sub-sistema 1:

$$H1 = \frac{P_d - P_s}{\gamma} + \frac{V_d^2 - V_s^2}{2 \times g} + (Z_d - Z_s) + hf_s + hf_d1$$

$$H1 = \frac{(5 \times 10^3 - 413,58) \text{ kPa}}{9.792 \frac{\text{N}}{\text{m}^3}} + \frac{\left(97,5 \frac{\text{m}}{\text{seg}}\right)^2}{2 \times 9,80665 \frac{\text{m}}{\text{seg}^2}} + (0 - 10) \text{ m} + 6,34 \text{ m} + 22,95 \text{ m}$$

$$H1 = 972,36 \text{ m}$$

Altura Neta de Aspiración de la Bomba para el Sub-sistema 2:

$$H2 = \frac{P_d - P_s}{\gamma} + \frac{V_d^2 - V_s^2}{2 \times g} + (Z_d - Z_s) + hf_s + hf_d2$$

$$H2 = \frac{(5 \times 10^3 - 413,58) \text{ kPa}}{9.792 \frac{\text{N}}{\text{m}^3}} + \frac{\left(98,04 \frac{\text{m}}{\text{seg}}\right)^2}{2 \times 9,80665 \frac{\text{m}}{\text{seg}^2}} + (0 - 10) \text{ m} + 6,34 \text{ m} + 16,82 \text{ m}$$

$$H2 = 971,61 \text{ m}$$

Altura Neta Positiva de Succión Disponible (NPSH)_D

$$(NPSH)_D = \frac{P_I - P_v}{\gamma} - (Z_E - Z_I) - hf_s$$

$$(NPSH)_D = \frac{(413,58 - 2,34) \text{ kPa}}{9.792 \frac{\text{N}}{\text{m}^3}} - (2,5 - 10) \text{ m} - 6,34 \text{ m}$$

$$(NPSH)_D = 43,16 \text{ m}$$

Presión a la Entrada del Pistón

$$\frac{P_{EP}}{\gamma} = \frac{P_I}{\gamma} + (Z_I - Z_{EP}) - \frac{V_{EP}^2}{2 \times g} - h_a - h_{f_{I-EP}} > \frac{P_v}{\gamma}$$

$$\frac{P_{EP}}{\gamma} = \frac{413,58kPa}{9.792 \frac{N}{m^3}} + (10 - 2,5)m - \frac{\left(2,42 \frac{m}{seg}\right)^2}{2 \times 9,80665 \frac{m}{seg^2}} - 3,12m - 6,34m$$

$$\frac{P_{EP}}{\gamma} = 40,57m$$

Demostración de que la bomba no cavitará

$$\frac{P_{EP}}{\gamma} > \frac{P_v}{\gamma}$$

$$40,57m > \frac{2,34kPa}{9.792 \frac{N}{m^3}}$$

$$40,57m > 0,24m \Leftrightarrow \text{La _bomba _no _cavitará}$$

Cantidad Fluctuante de Agua en el Amortiguador de Pulsaciones

$$U = 0,009 \times A_p \times S$$

$$U = 0,009 \times 10,18cm^2 \times 24mm$$

$$U = 0,22cm^3 = 2,2 \times 10^{-4}lts$$

Volumen de Aire del Amortiguador de Pulsaciones en la Tubería de Succión

$$Vm_s = \frac{U}{\delta_p} + \frac{1}{n^2 \times w^2} \times \frac{H \times A_s \times g}{L_s}$$

$$Vm_s = \frac{0,22cm^3}{0,05} + \frac{1}{(2)^2 \times \left(62,83 \frac{rad}{seg}\right)^2} \times \frac{972,36m \times 3,44cm^2 \times 9,80665 \frac{m}{seg^2}}{62,1m}$$

$$Vm_s = 7,74cm^3 = 7,74 \times 10^{-3}lts$$

Cálculo de 'q' para la Tubería de Succión

$$q_s = \frac{1}{n \times w} \times \sqrt{\frac{H \times A_s \times g}{L_s \times Vm_s}}$$

$$q_s = \frac{1}{2 \times 62,83 \frac{\text{rad}}{\text{seg}}} \times \sqrt{\frac{972,36\text{m} \times 3,44\text{cm}^2 \times 9,80665 \frac{\text{m}}{\text{seg}^2}}{62,1\text{m} \times 7,74\text{cm}^3}}$$

$$q_s = 0,66 < \frac{1}{\sqrt{2}} \Leftrightarrow \text{Es necesario el uso de un Amortiguador de Pulsaciones en la Succión de la Bomba.}$$

Volumen de Aire del Amortiguador de Pulsaciones en la Tubería de Descarga

$$Vm_d = \frac{U}{\delta_p} + \frac{1}{n^2 \times w^2} \times \frac{H \times A_d \times g}{L_d}$$

$$Vm_d = \frac{0,22\text{cm}^3}{0,01} + \frac{1}{(2)^2 \times \left(62,83 \frac{\text{rad}}{\text{seg}}\right)^2} \times \frac{972,36\text{m} \times 3,44\text{cm}^2 \times 9,80665 \frac{\text{m}}{\text{seg}^2}}{74,22\text{m}}$$

$$Vm_d = 24,8\text{cm}^3 = 2,5 \times 10^{-2} \text{ lts}$$

Cálculo de 'q' para la Tubería de Descarga

$$q_d = \frac{1}{n \times w} \times \sqrt{\frac{H \times A_d \times g}{L_d \times Vm_d}}$$

$$q_d = \frac{1}{2 \times 62,83 \frac{\text{rad}}{\text{seg}}} \times \sqrt{\frac{972,36\text{m} \times 3,44\text{cm}^2 \times 9,80665 \frac{\text{m}}{\text{seg}^2}}{88,3\text{m} \times 24,8\text{cm}^3}}$$

$$q_d = 0,31 < \frac{1}{\sqrt{2}} \Leftrightarrow \text{Es necesario el uso de un Amortiguador de Pulsaciones en la Succión de la Bomba.}$$

4.9- Limitaciones

La elaboración del diseño del sistema de limpieza a alta presión para la Empresa Pepsi-Cola de Venezuela C.A. Planta San Pedro, se concentra en la selección de los componentes del sistema y en el diseño del hidrojet realizando un análisis de las actividades que ejecutan los operadores de dicha planta en el proceso de saneamiento, los instrumentos que utilizan, y la frecuencias de ejecución. No comprende la construcción del sistema, ni la adquisición de los equipos seleccionados. Entre los principales obstáculos que se presentan para la elaboración del presente trabajo se encuentran:

- Limitada bibliografía existente de las bombas de desplazamiento positivo, en comparación con las bombas centrífugas.
- Parte de la bibliografía encontrada se encuentran en el idioma inglés, alemán e italiano.
- Escasa cantidad de fábricas, representantes, y/o distribuidores de bombas de desplazamiento positivo y de amortiguadores de pulsaciones existentes en el país.
- La negativa de parte de algunas empresas o compañías de otorgar presupuestos.
- La planta no posee un plano con todas sus medidas, por lo que fue necesario hacerlo.

CAPÍTULO V: ASPECTOS ADMINISTRATIVOS

5.1- Recursos Disponibles

5.1.1- Recursos Humanos

Para la elaboración del presente Trabajo Especial de Grado afortunadamente se contará con el apoyo del gerente de operaciones, jefe de producción y mantenimiento, jefe de control de calidad, supervisores de producción, supervisor de mantenimiento, supervisor de servicio de planta, analistas de control de calidad, operadores, y pasantes que laboran en Pepsi-Cola de Venezuela C.A. Planta San Pedro; así como también de las contratistas que trabajan para Pepsi-Cola (J.M. Castillo, Sodexo, Monser, Oropeza), de algunas empresas que poseen estrecha relación con la planta (Distribuidora Numara, Alkota Cleaning Systems, Vencraft C.A.), y de otras compañías (Centro Ferretero El Pico, Hidrojet C.A., Skako Apollo, Suministros Industriales Mont, Swagelok).

5.1.2- Recursos Materiales

Los recursos materiales (computadora, cámara fotográfica, cámara de video, programas de computación, hojas blancas, impresoras, fotocopidora, y cualquier otro tipo de material de oficina), instrumento de trabajo (cinta métrica, vernier, etc.) y el equipo de protección personal (lentes, botas de seguridad, gorros, guantes, tapabocas y tapaoídos) serán otorgados por la Empresa Pepsi-Cola de Venezuela C.A. Planta San Pedro.

5.1.3- Recursos Financieros

Todos los recursos financieros serán presupuestados por la Empresa Pepsi-Cola de Venezuela C.A. Planta San Pedro. Además de cualquier viaje o visita que se deba realizar a otras plantas de Empresas Polar u otras compañías

5.1.4- Recursos Bibliográficos

Los recursos bibliográficos serán las bibliotecas de la Universidad Central de Venezuela (Biblioteca Central, Biblioteca de la Escuela de Ingeniería Mecánica y la Biblioteca de la Escuela Básica de Ingeniería), internet, libros, revistas especializadas, folletos, manuales, etc. algunos de estos recursos bibliográficos serán aportados por la Empresa Pepsi-Cola de Venezuela C.A. Planta San Pedro y otros por el autor.

5.2- Cronograma de Actividades

Tabla 5.1. Diagrama de Gantt. Fuente: Propia

DIAGRAMA DE GANTT		QUINCENAS																
FECHAS (2005)		15-Mar	29-Mar	12-Abr	26-Abr	10-May	24-May	07-Jun	21-Jun	05-Jul	19-Jul	02-Ago	16-Ago	30-Ago	13-Sep	27-Sep	11-Oct	25-Oct
ACTIVIDADES		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1	Revisión Bibliográfica																	
2	Análisis de las Condiciones de la Limpieza Actual																	
3	Identificación de las Necesidades de la Planta																	
4	Identificación de los dispositivos a Utilizar																	
5	Ubicación de los Puntos de Aspersión																	
6	Ubicación de la Bomba en la Planta																	
7	Ubicación de la Tubería en la Planta																	
8	Esquemmas y Cálculos del Sistema a Implantar																	
9	Selección de la Bomba																	
10	Selección de la Tubería																	
11	Diseño del Hidrojiet																	
12	Selección de algunos componentes del Hidrojiet																	
13	Modificaciones y Ajustes del Sistema																	
14	Análisis de Costo del Sistema																	
15	Elaboración del Trabajo																	

CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1- Conclusiones

- Se diseñó un sistema de limpieza a alta presión para la Empresa Pepsi-Cola de Venezuela C.A. Planta San Pedro, de acuerdo a sus exigencias y requisitos.
- Se diseñó el hidrojete para el sistema de limpieza a alta presión, seleccionando algunos de sus componentes, de acuerdo a las exigencias y requisitos de la empresa.
- Se elaboraron los planos del hidrojete.
- Se seleccionaron las bombas, tuberías, válvulas, mangueras y acumulador de pulsaciones a utilizar.
- Se estimó disminuir 50% los tiempos de paradas de todas las líneas de producción por motivo de la limpieza mecánica.
- Se estimó disminuir 17% aproximadamente la cantidad de agua utilizada para la limpieza de las líneas de producción.
- Se estimó disminuir 80% la cantidad de productos químicos (detergentes) utilizados para la limpieza de las líneas de producción.
- Se estimó disminuir la frecuencia con que se compran o adquieren los productos químicos utilizados como detergentes en la limpieza.
- Se estima disminuir el tiempo de exposición que tienen los operadores ante los productos químicos.

- Se estimó un aumento de cajas producidas y de productividad en todas las líneas de producción

- Se estimó un aumento de productividad de la Planta San Pedro de la Empresa Pepsi-Cola de Venezuela C.A.

6.2- Recomendaciones

- Construir, los hidrojets diseñados para poner en funcionamiento el sistema de limpieza de alta presión.
- Adquirir, los dispositivos seleccionados (bombas, tuberías, válvulas, amortiguador de pulsaciones, boquillas) para poner en funcionamiento el sistema de limpieza de alta presión.
- Crear un programa de instalación, mantenimiento y operación para el sistema de limpieza a alta presión.
- Construir la base para las bombas.
- Construir bases o soportes para ubicar las mangueras cuando no se encuentren en funcionamiento.
- Utilizar siempre los equipos de protección personal adecuados (guantes, tapaoído, tapaboca, botas de seguridad o plásticas, lentes de seguridad), al momento de usar el sistema de limpieza a alta presión.
- Crear un programa de capacitación para todos los operadores de la planta que incluya adiestramiento en la ejecución de la limpieza.
- Realizar esfuerzos continuos para el mejoramiento, simplificación y modernización de los procedimientos de limpieza.

6.3- Apéndices

Apéndice 1. Figura 6.1. *Constancia de realización de pasantía en la Empresa Pepsi-Cola de Venezuela C.A. Planta San*

Pedro



CONSTANCIA DE PASANTIAS

Por medio de la presente hacemos constar que el Bachiller, GUZMAN GUILLEN JOSE RAFAEL, portador de la cédula de identidad No. V-15.634.320, realizó sus Pasantías para nuestra empresa PEPSI-COLA, C.A. – PLANTA SAN PEDRO referido por el CONVENIO FUNDEI, durante el período 15/03/2005 hasta 30/07/2005, en el área de Mantenimiento Mecánico. Presentando en todo momento una excelente constancia y dedicación.

Constancia que expedimos en San Pedro de los Altos, a los 30 días del mes de Julio del 2005.

Atentamente,

Lic. Carmen López
Gerente de Relaciones Industriales


PEPSI-COLA VENEZUELA C.A.
PLANTA SAN PEDRO

2da. Av. de los Cortijos e Lourdes.
Edificio Centro Empresarial Polar. PH
Caracas Venezuela
Telf.: (0212) 202.3111 (master)
Fax: (0212) 202.8349

EMPRESAS POLAR

6.3.2- Presupuestos Recibidos

Apéndice 2. Figura 6.2. Cotización del amortiguador de pulsaciones y el hidrojet. Fuente: Master Industrial C.A.

 MASTER INDUSTRIAL C.A.	Av. 164-130, Urb. Mañongo, C.C. Mañongo 2, Local 03. Teléfax: (0241) 843.00.46, Celular: (0414)340.40.71 Email info@masterindustrial.com, Valencia - Venezuela SOLUCIONES INTEGRALES EN EL TRANSPORTE, MEDICION Y CONTROL DE FLUIDOS
	Señores: MINALBA Atn: José Guzmán Teléfono: Fax: (0212) 378.07.72 Email: jose_r_guzman1@yahoo.es

a presente tiene por finalidad presentarle nuestra mejor oferta en:

Item	Req	Nro. Parte	Descripción:	Cant	Precio Unit	Total
		6010	PRRRRR-O-LATOR, 45CU. IN. [40GPM, 3000PSI SYSTEM] 25GPM, 3000PSI (450 PSI PRECHARGE) 1" NPTM <i>MARCA: CAT PUMPS</i>	01	1.493.208,00	1.493.208,00
		31250	GUN AND LANCE ASSY (20/7250)(1/2" NPTFX400MM) <i>MARCA: CAT PUMPS</i>	01	2.716.809,00	2.716.809,00

Plazo de entrega: 4 a 6 semanas Forma de Pago: 50% OC, resto 30 días Validez de la oferta: 15 Días Nota: Este precio no incluye el IVA	CLÁUSULA CAMBIARIA: 2150 Bs/US\$ Si a la fecha de pago existiese una variación mayor igual al 5%, se cobrará el diferencial cambiario a la tasa del día de pago. La asignación de Orden de Compra a favor de MASTER INDUSTRIAL, C. A. significa la aceptación de esta cláusula
---	--

Atentamente:

_____ Ing. Luis Casaverde	Ing. Luis Casaverde
------------------------------	---------------------

Apéndice 3. Figura 6.3. Cotización de las boquillas. Fuente: Spraying Systems de Venezuela.

FROM : GRUPO NUMARA C.A.

FAX NO. : 552 7518579

Aug. 23 2005 03:10PM P1



SPRAYING SYSTEMS VENEZUELA

DIVISION DE
COMERCIAL NUMARA C.A.

MSG Nº 05098 PAG. 1/1 FAX Nº 3735189 FECHA/DATE 23-08-05

Señores:
PEPSI COLA VENEZUELA, C.A.
San Pedro de Los Altos
Estado Miranda

Atn. José R. Guzman

Ref:

Estimados señores

Nos place cotizarles nuestras Boquillas Spraying Systems, así:

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	PRECIO/UNID
10 PZAS	1/4"MEG 25075	Bs. 68,895,00 C/L
10 "	1/4" MEG 2507	Bs. 68,895,00 C/L

ENTREGA: 4 a 6 SEMANAS O ANTES **MAS I.V.A.**
PRECIO Y ENTREGA: Neto por unidad FOB nuestras Oficinas de Caracas.
PAGO: Neto de contado, en cheque "**NO ENDOSABLE**" a DISTRIBUIDORA NUMARA, C.A. con su Orden de Compra.
DESPACHO: De nuestro almacén, en U.S.A. 96 horas hábiles después de recibir su Orden de Compra por escrito en nuestras Oficinas de Caracas, **SALVO PREVIA VENTA.** El cliente acepta recibir y pagar los despachos parciales.
VALIDEZ: Hasta el 02-09-05
PRECIO: BASADO A LA TASA DE Bs. 2.150,00 **POR US\$. EL PAGO SERÁ A LA COTIZACIÓN DEL MOMENTO FINALIZACION ENTREGA DEL PRODUCTO.**
ADVERTENCIA: PARA ENTREGAS DISTINTAS AL COTIZADO, (FOB N/OFICINAS CCS), LA MERCANCIA VIAJA POR CUENTA Y RIESGO DEL COMPRADOR. **DISTRIBUIDORA NUMARA, C.A. PRESTARÁ LA MÁXIMA COLABORACION PARA FACILITAR LOS RECAUDOS PERTINENTES AL DESPACHO. LAS CONDICIONES AQUÍ ESTABLECIDAS PREVALECE EN SOBRE CUALQUIER ESTIPULACION DISTINTA EN SU ORDEN DE COMPRA.**

Atentamente,

JULIO C. NUNEZ
 SUPERVISOR GENERAL

VENTAS Y SERVICIO

DISTRIBUIDORA NUMARA C.A.
 Avenida Leonardo Da Vinci, Edificio Pigalle, No. 31, Colinas de Belle Monte - Cables: NUMARA, CARACAS
 Apdo. 60182 - Caracas 1066 • Telex 24183 DISNU VC • Teléfonos: 782.18.23 • 782.30.64 - 781.38.20

Apéndice 4. Figura 6.4. Cotización de la válvula de compuerta, válvula de bola y regulador de presión. Fuente:
Suministros Industriales Mont.



Swagelok

**COTIZACIÓN N° SW- PEPSI-COLA DE VENEZUELA C.A.-1049
REQ. S/N**

04 de Agosto de 2004

Señores: **PEPSI-COLA DE VENEZUELA C.A.**
Ciudad: **Caracas**

Atn.: Sr. José Guzmán

Por medio de la presente les cotizamos el suministro del siguiente material:

POS	CANT	DESCRIPCIÓN	P/UNIT Bs.	TIEMPOS ENTREGA
1	1	VÁLVULA DE BOLA SERIE 40, 1/4" NPTF, SS-316, MARCA SWAGELOK, MODELO SS-44F4	439.000,00	2 Semanas
2	1	VALVULA DE COMPUERTA SERIE C, 3/4" NPTF, SS-316, MARCA SWAGELOK, MODELO SS-8C4-1	515.000,00	2 Semanas
3	1	REGULADOR DE PRESIÓN MARCA SWAGELOK MODELO VB 60/150	159.315,00	2 Semanas

Esta Cotización contiene el IVA (14%).

VALIDEZ DE LA OFERTA : 15 días
TIEMPO DE ENTREGA : Ver columna 4
LUGAR DE ENTREGA : Sus Oficinas en Caracas
FORMA DE PAGO : Contado, contra entrega de los materiales
CUENTA CORRIENTE : BBV Banco Provincial N° 0108 0002 12 0100009685
Banco Mercantil N° 0105 289 69 1289001758

Esperando que la presente sea de su aceptación, quedamos de ustedes

Muy atentamente,

Leonardo Montes Rodríguez


Apéndice 5. Figura 6.5. Cotización de la bomba. Fuente: Hidrojet C.A.

FROM : FAX NO. : Jun. 17 2005 09:05AM P1

HIDROJET C.A.
 DPT. Fiscal: Zona Ind. II, Carr. 3 / calle 4 y 2 Barquisimeto, Venezuela Equipos y Sistemas de Limpieza Industrial
 Sup. Caracas: Av. Venezuela con Corani, Nello Monte, Edif. El Paraíso PB
 Telfs: 0212-9224157 Fax: 0212-9524157
 RIF: J-26624491-5 Nit: 40002054992

Con: 0000760 PRESUPUESTO
 Cliente: REPUBLICA VENEZUELA, C.A.
 Dirección: CUARTA TRANSVERSAL DE LOS CURTIOS DE LOS GUERREROS DEFENSIVA POLAR, CARACAS \$ 00000195
 Atencion: CANTARO
 Telefonos: Ofic: 0212-9224157 Cel: 04123760772 Fecha: 15/05/2005
 Alf: 0-5012-01-9 Nit: 0047887534
 Vendedor: 0000 DEFENSA

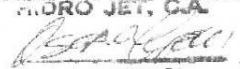
Código	Descripción	Cantidad	Precio	Total
IP 17000-CL	BOMBA 10-144 50/ 10-400 4HP CILINDRO 50.0x114 FRENO 7.5 PSI 4HP 60 RPM MANEJO FISICO 200 CUBIERTA FISICA 200 ENTRADA 3/4" SALIDA 1/2"	1.00	5,068,000.00	5,068,000.00


Atenc. Sr. JOSE GUZMAN.

PLAZA VALER REFERENCIA A ESTE PRESUPUESTO AL EMITIR SU ORDEN DE COMPRA

Total Factura	5,068,000.00	TOTAL BRUTO	5,068,000.00
Descuento	0.00	I.V.A.	760,200.00 15.00%
Otro Facto	0.00	TOTAL NETO	5,828,200.00

CON: CADA VEZ QUE SE PAGAN LOS PAGOS VINCULADO DEL DOCUMENTO CON 00/100
 VALIDEZ: 05 DIAS
 TIEMPO DE ENTREGA:
 FORMA DE PAGO: CASH
 EL MONTO TOTAL EN LAS DESCRIPCIONES, DEBE ENTENDERSE COMO DISTINGUO.

HIDROJET, C.A.

 FIRMA AUTORIZADA
 Por: HIDROJET, C.A. Recibido: Caracas

Apéndice 6. Figura 6.6. Cotización de la Tubería, Codo y Tee. Fuente: Vencraft

OM 11/ENCRAFT UTS 016 FAX NO. 00212 8010048 Sep. 09 2005 05:59PM F1

Vencraft
 SUCURSAL VALENZIA
 Av. Francisco de Oropesa, Zona Ind. La Guayana, C.A. 14
 Telf: 00212 8010048-8320047
 Fax: 00212 8010048-8320047
 E-mail: venci@vencraft.com
 Av. Francisco de Oropesa, Zon. Ind. La Guayana, P.O. Box 4
 Valenzia, 7521 801 0048 Fax: 00212 8010048
 00212-VENCRAFT-800-8320047

COTIZACION
 No. 11000000000000000000
 Fecha 09.09.2005
 Pagina 1 de 1

CLIENTES / CORPORAÇÃO Empresa: SEPRY-COLA VENEZUELA, S.A. 4TA. TRANSVERSAL LOS COSTILLOS DE LOS RIOS, EDP CENTRO VALER SARIAL POLAR, S.A. Telf.: 0246000000 Fax: 02421100 Email:	TRANSPORTE: Modo de Envío: Puerto de 30 días sin reducción	CONDICIONES DE PAGO: VALIDA HASTA: 09.09.2005 PRECIO EN: US\$ (Dólar) REQUISICIÓN: 1-0205			
VENDEDOR / CORPORAÇÃO COMPLEJO CUBA 13	DIRECCION ENTREGA: SEPRY-COLA VENEZUELA, S.A. 4TA. TRANSVERSAL LOS COSTILLOS DE LOS RIOS, EDP CENTRO VALER SARIAL POLAR, S.A. VENEZUELA	FECHA ENTREGA: SOLICITADO:			
CONSERVACIONES: ENTRADA DEPOSITADA VALOR 50.000.000 ATENCION: COME DATOS CORRIAN					
CODIGO	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNID.	PRECIO	MONTO
42400034	1000 3047L SCH 40 0/2 3/4	25	H	34.590,00	864.750,00
42400014	Tubo 3047L SCH 40 0/2 3/4	75	H	18.300,00	1.372.500,00
42414034	CODO 304L SCH 40 2000 PSI 3/4		H	8.500,00	8.500,00
42414034	TEE 304L SCH 40 2000 PSI 3/4		H	10.200,00	10.200,00
				SUB-TOTAL	61.390,00
				I.V.A. 15,00 %	9.195,00
				TOTAL	70.585,00
COTIZADO POR: NOMBRE: REPRESENTANTE DE VENTA FIRMA:	APROBADO POR: NOMBRE: FIRMA:				

FO 796-01-A REVISED 0

Apéndice 7. Figura 6.7. Cotización de la válvula de seguridad y el manómetro. Fuente: Hidrojet C.A.

H I D R O J E T C.A.
 Oficinas: Zona Sur, Edif. 3 / Calle 4 y 2 Barquisimeto, Venezuela
 Suc. Caracas: Av. Venezuela con Caponi, Bello Monte, Edif. El País #8
 Teléf. 0212-954150 Fax: 0212-954157
 RIF: J-00000000-9 RIF: 00002056992
 Equipos y Sistemas de Limpieza Industrial

Código: 00000000
 Cliente: PENSILVA VENEZUELA, C.A.
 Dirección: CARRETA TRANSVERSAL DE LOS CORTIJOS DE LUJAN, CARRERA PENINSULAR, PLAZA CARRON
 Atención: Sr. José Guzmán
 Teléfono: 0212-4
 RIF: J-00000000-9 RIF: 00000000-0
 WebSite: 00000000
P R E S U P U E S T O
 N° 00000000
 CONTRATO
 Fecha: 19/05/2005

CODIGO	DESCRIPCION	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL
10000000	VÁLVULA AUTOMÁTICA VENTIL. 1/2" 300PSI 3000 PSI 3000 PSI	1.00	606.250,00	606.250,00
10000000	MANÓMETRO 1/2" 100 PSI 300 PSI 300 PSI	1.00	192.500,00	192.500,00

FAVOR REFERENCIAR A ESTE PRESUPUESTO AL OTORGAR SU ORDEN DE COMPRA

TOTAL BRUTO	:	798.750,00
I.V.A.	:	99.277,43
TOTAL IMPORTE	:	898.027,43

HIDROJET, C.A.

 FIRMA AUTORIZADA

Apéndice 8. Figura 6.8. Cotización de la máquina hidrolimpiadora. Fuente: Hidrojet C.A.

HIDROJET C.A.
 Av. Fiscal: Pda 1 d. II, Carr. 3/7 calle 4 y 2 Barquisimeto, Venezuela
 Suc. Caracas: Av. Venezuela con Caroni, Bellio Monte, Edif. El Faico PB
 Telf: 0212-934157 Fax: 0212-9334157
 Rif: J 05828997-5 Nit: 50002058992

Equipos y Sistemas de Limpieza Industrial

Cod: 000000
 Cliente: AROSA VENEZUELA, S.A.
 Dirección: CARTA INGENIERAL DE LOS CORTINOS DE
 LUGAR: LINDERO EMPRESARIAL POLAR, CARACAS
 Atención: Sr. JOSE GUERRA
 Teléfono: 0416-878455 0416-878453
 Ref: J-ALD-03-9 Nit: 0047887534
 Vendedor: Sr. OFICINA

P R E S U P U E S T O
 N° 00000182
 CONTADO
 Fecha: 01/04/2005

Código	Descripción	Cantidad	Precio	Total
EQ041689078	HIDROLIPIADORA 1501 HJ-850TR, FRÍA INDUSTRIAL, ACELAD.A TERN FUERZA TRACTOR 5 HP 600 PSI 50 L/m Nota: INDICADA PARA TRABAJAR CON MOTOR ELECT. TRIVOLTAJIO SIN TOMA FUERZA DE TRACTOR	1.00	9,235,500.00	9,235,500.00

Equipo Completo.

FAVOR HACER REFERENCIA A ESTE PRESUPUESTO AL EMITIR SU ORDEN DE COMPRA

Total Factura :	9,235,500.00	TOTAL BRUTO :	9,235,500.00
Descuento :	0.00	I.V.A. :	1,380,475.00 15.00%
Otro Desc. :	0.00	TOTAL NETO :	10,621,975.00

SEM : DIEZ MILLORES DE DOLARES VEINTIUN MIL SEISCIENTOS SETENTA Y CINCO CON 00/100
 VALIDEZ OFERTA : 9 DIAS
 TIEMPO DE ENTREGA:
 FORMA DE PAGO: CONTADO
 EL VALOR TOTAL DE LAS REPARACIONES, DEBE ENTENDERSE COMO ESTIMADO

HIDROJET, CA
[Firma]
 FIRMA AUTORIZADA

Recibido Conforme

6.3.2- Tablas Utilizadas

Apéndice 9. Tabla 6.1. *Propiedades del agua. Fuente: Potter, M. Mecánica de Fluidos*

Temperatura, (°C)	Densidad ρ_r (kg/m ³)	Peso especifico γ_r (N/m ³)	Viscosidad μ_r (N · s/m ²)	Viscosidad cinemática ν_r (m ² /s)	Módulo de volumen B_r (Pa)	Tensión superficial σ_r (N/m)	Presión de vapor, (kPa)
0	999.9	9809	1.792×10^{-3}	1.792×10^{-6}	204×10^7	7.62×10^{-2}	0.610
5	1000.0	9810	1.519	1.519	206	7.54	0.872
10	999.7	9807	1.308	1.308	211	7.48	1.13
15	999.1	9801	1.140	1.141	214	7.41	1.60
20	998.2	9792	1.005	1.007	220	7.36	2.34
30	995.7	9768	0.801	0.804	223	7.18	4.24
40	992.2	9733	0.656	0.661	227	7.01	7.38
50	988.1	9693	0.549	0.556	230	6.82	12.3
60	983.2	9645	0.469	0.477	228	6.68	19.9
70	977.8	9592	0.406	0.415	225	6.50	31.2
80	971.8	9533	0.357	0.367	221	6.30	47.3
90	965.3	9470	0.317	0.328	216	6.12	70.1
100	958.4	9402	0.284×10^{-3}	0.296×10^{-6}	207×10^7	5.94×10^{-2}	101.3

Apéndice 10. Tabla 6.2. *Esfuerzos básicos permisibles a la tracción para metales. Fuente: Avallone E. Manual del*

Ingeniero Mecánico

Material	no.	(5)	Grado	Temp. mín. a 100	psi x 1000									
					200	400	600	800	1000	1200	1400	1500		
Acero inoxidable (4) (40)														
Tubos comunes y especiales														
18Cr-8Ni tubo común	A 312	8	TP304L	16.7	16.7	15.8	14.0	13.0	7.8	3.2	1.1	0.9		
Tipo 304L A 240	A 358	8	304L	16.7	16.7	15.8	14.0	13.0	7.8	3.2	1.1	0.9		
16Cr-12Ni-2Mo tubo común	A 312	8	TP316L	18.7	16.7	15.5	13.5	12.4	11.2	6.4	1.8	1.0		
23Cr-13Ni	A 451	8	CPH8	18.7	18	18.7	18.0	16.3	10.4	3.7	1.3	0.8		
18Cr-Ti tubo especial	A 268	7	TP430TI	20.0	20.0									
16Cr-8Ni-2Mo tubo común	A 376	8	16-8-2H	20.0	20.0									
12Cr-Al tubo especial	A 268	7	TP405	20.0	18.4	17.4	16.8	11.1	4.0					
16Cr tubo especial	A 268	7	TP430	20.0	20.0	19.2	18.5	11.1	6.5	1.7				
Tipo 310S A 240	A 358	8	310S	20.0	20.0	20.0	19.2	17.5	11.0	2.5	0.4	0.2		
18Cr-10Ni-Ti	A 312	8	TP321	20.0	20.0	18.6	16.4	15.5	13.8	3.6	0.8	0.3		
Tipo 321 A 240	A 358	8	321	20.0	20.0	18.6	16.4	15.5	13.8	3.6	0.8	0.3		
Tipo 309S A 240	A 358	8	309S	20.0	20.0	20.0	19.2	17.5	10.5	3.8	1.3	0.7		
18Cr-8Ni	A 451	8	CPF8	20.0	20.0	17.5	15.7	14.8	10.8	4.4	1.3	0.8		
Tipo 347 A 240	A 358	8	347	20.0	20.0	20.0	19.3	18.3	14.0	4.4	1.2	0.8		
Tipo 348 A 240	A 358	8	348	20.0	20.0	20.0	19.3	18.3	14.0	4.4	1.2	0.8		
18Cr-10Ni-Cb tubo común	A 409	8	TP348	20.0	20.0									
Tipo 310S A 240	A 358	8	310S	20.0	20.0	20.0	19.2	17.5	11.0	6.0	1.6	0.8		
18Cr-10Ni-Ti tubo común	A 312	8	TP321H	20.0	20.0	18.6	16.4	15.5	14.0	5.4	1.9	1.1		
Tipo 316 A 240	A 358	8	316	20.0	20.0									
16Cr-12Ni-2Mo tubo común	A 376	8	TP316	20.0	20.0	19.3	17.0	15.9	15.3	7.4	2.3	1.3		
18Cr-13Ni-3Mo tubo común	A 312	8	TP317	20.0	20.0									
16Cr-12Ni-2Mo tubo común	A 430	8	FP316H	20.0	20.0									
16Cr-12Ni-2Mo tubo común	A 312	8	TP316H	20.0	20.0	19.3	17.0	15.9	15.3	7.4	2.3	1.3		
18Cr-10Ni-Cb tubo común	A 430	8	FP347H	20.0	20.0	19.2	18.3	18.2	18.0	7.9	2.5	1.3		
18Cr-10Ni-Cb tubo común	A 312	8	TP348H	20.0	20.0	20.0	19.3	18.3	18.0	7.9	2.5	1.3		
18Cr-8Ni tubo común	A 430	8	FP304	20.0	20.0									
Tipo 304 A 240	A 358	8	304	20.0	20.0	18.7	16.4	15.2	13.8	6.0	2.3	1.4		
18Cr-8Ni tubo común	A 312	8	TP304H	20.0	20.0	18.7	16.4	15.2	13.8	6.0	2.3	1.4		
18Cr-8Ni	A 452	8	TP304H	20.0	20.0	18.7	16.5	15.1	13.8	6.0	2.2	1.4		

Apéndice 11. Tabla 6.3. Valores de y . Fuente: Avallone E. Manual del Ingeniero Mecánico

	Temperatura, °F (°C)					
	900 (482) y menos	950 (510)	1000 (538)	1050 (566)	1100 (593)	1150 (621) y más
Aceros ferríticos	0.4	0.5	0.7	0.7	0.7	0.7
Aceros austeníticos	0.4	0.4	0.4	0.4	0.5	0.7

Apéndice 12. Tabla 6.4. Propiedades mecánicas nominales de aceros inoxidable AISI. Fuente: Avallone E. Manual del Ingeniero Mecánico

No. AISI	Forma probada ^a	Condición	Resistencia a la tracción		Resistencia de fluencia, 0.2%		Alargamiento en 50 mm (2 pulg), %	Reducción de área, %	Dureza	
			MPa	1000 lb/pulg ²	MPa	1000 lb/pulg ²			Rockwell	Brinell
Aceros austeníticos										
201	L	Recocido	793	115	379	55	55			B90
	L	½ duro	862 ^a	125 ^a	517 ^a	75 ^a	20 ^a			C25
	L	½ duro	1034 ^a	150 ^a	758 ^a	110 ^a	10 ^a			C32
	L	¾ duro	1207 ^a	175 ^a	931 ^a	135 ^a	5 ^a			C37
	L	Duro	1276 ^a	185 ^a	966 ^a	140 ^a	4 ^a			C41
202	L	Recocido	724	105	379	55	55			B90
	L	½ duro	862 ^a	125 ^a	517 ^a	75 ^a	12 ^a			C27
301	L	Recocido	758	110	276	40	60			B85
	L	½ duro	862 ^a	125 ^a	517 ^a	75 ^a	25 ^a			C25
	L	½ duro	1034 ^a	150 ^a	758 ^a	110 ^a	15 ^a			C32
	L	¾ duro	1207 ^a	175 ^a	931 ^a	135 ^a	12 ^a			C37
	L	Duro	1276 ^a	185 ^a	966 ^a	140 ^a	8 ^a			C41
302	L	Recocido	621	90	276	40	50			B85
	L	½ duro	862 ^a	125 ^a	517 ^a	75 ^a	12 ^a			C25
	B,W	Estirado en frío ^b hasta	2413	350						
302B	L	Recocido	655	95	276	40	55			B85
303, 303(Se)	B	Recocido	621	90	241	35	50	55		B76 145
304	B	Recocido	586	85	241	35	60	65		B80 150
304L	A	Recocido	545	79	228	33	60	65		B79 143
305	L	Recocido	586	85	262	38	50			B82
308	L	Recocido	586	85	241	35	50			B80
309, 309S	L	Recocido	621	90	310	45	45			B85
310, 310S	L	Recocido	655	95	310	45	45			B85
314	B,P	Recocido	689	100	345	50	45	60		B87 170
316	B,W	Recocido	552	80	207	30	60	65		B78 142
		Estirado en frío ^b hasta	2413	350						
316L	L	Recocido	558	81	290	42	50			B79
317	B,P	Recocido	586	85	276	40	50	60		B84 160
321	A	Recocido	586	85	207	30	55	65		B85 165
347, 348	B,P	Recocido	621	90	241	35	50	65		B84 160

Apéndice 13. Tabla 6.5. Valores de K. Fuente: Pietersz F. Pérdidas por Fricción en Tuberías debido a la Resistencia del Flujo de Líquidos.

DISPOSITIVO	L/D	DIAMETRO NOMINAL DE LA TUBERIA											
		1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2	3	4	6	8-10	12-16
		VALORES DE "K"											
VALVULAS DE COMPUERTA	8	0,22	0,2	0,18	0,18	0,15	0,15	0,14	0,14	0,14	0,12	0,11	0,10
VALVULAS DE GLOBO	340	9,2	8,5	7,8	7,5	7,1	6,5	6,1	6,1	5,8	5,1	4,8	4,4
VALVULAS DE BOLA	3	0,08	0,08	0,07	0,07	0,06	0,06	0,05	0,05	0,05	0,05	0,04	0,04
VALVULAS MARIPOSA							0,86	0,81	0,81	0,77	0,68	0,63	0,35
VALVULAS DE RETENCION (CHECK) Tipo oscilante (swing)	100	2,7	2,5	2,3	2,2	2,1	1,9	1,8	1,8	1,7	1,5	1,4	1,3
	50	1,4	1,3	1,2	1,1	1,1	1,0	0,9	0,9	0,9	0,75	0,70	0,65
VALVULAS DE RETENCION (CHECK) Tipo obturador ascendente (lift)	600	16,2	15	13,8	13,2	12,6	11,4	10,8	10,8	10,2	9	8,4	7,8
	55	1,5	1,4	1,3	1,2	1,2	1,1	1	1	0,94	0,83	0,77	0,72
VALVULAS DE RETENCION (CHECK) Tipo de Disco Inclinado	5 grd.						0,76	0,72	0,72	0,68	0,6	0,56	0,39
	15 grd.						2,3	2,2	2,2	2	1,8	1,7	1,2
"T" ESTANDAR (flujo directo)	20	0,54	0,50	0,46	0,44	0,42	0,38	0,36	0,36	0,34	0,30	0,28	0,26
-(flujo a través del brazo de intercepción)	60	1,62	1,50	1,38	1,32	1,26	1,14	1,08	1,08	1,02	0,90	0,84	0,78
CODO ESTANDAR: de 90 grd.	30	0,81	0,75	0,69	0,66	0,63	0,57	0,54	0,54	0,51	0,45	0,42	0,39
	de 45 grd.	16	0,43	0,40	0,37	0,35	0,34	0,3	0,29	0,29	0,27	0,24	0,22
	de radio largo, de 90 grd.	16	0,43	0,4	0,37	0,35	0,34	0,3	0,29	0,29	0,27	0,24	0,22

COEFICIENTE DE RESISTENCIA ("K") PARA ENTRADA Y SALIDA DEL FLUIDO EN TUBERIAS

ENTRADA DE LIQUIDO EN TUBERIAS :

ENTRADA EN TUBERIA PROYECTADA DENTRO DEL TANQUE **K=0,78**

ENTRADA EN TUBERIAS A RAS (nivelada):
 Filo agudo: K=0,60
 r/d= 0,02 K=0,28
 r/d= 0,04 K=0,24
 r/d= 0,06 K=0,15
 r/d= 0,10 K=0,09
 r/d> 0,15 K=0,04

SALIDA DE LIQUIDO DE LA TUBERIA, BAJO EL NIVEL DE AGUAS (ej. HACIA UN TANQUE): K=1

6.3.3- Guía de Entrevista

1. ¿Qué es lo que más le gusta de la limpieza actual?
2. ¿Se siente usted cómodo con la limpieza actual?
3. ¿Cuáles son las cosas que no les gusta de la limpieza actual?
4. ¿Qué le mejoraría a la limpieza actual?
5. ¿Estaría dispuesto a trabajar con otro tipo de limpieza?
6. ¿Qué sistema propondría para trabajar la limpieza?
7. ¿Se sentiría cómodo trabajando con un hidrojet?
8. ¿Estaría dispuesto a seguir las medidas de seguridad al trabajar con un hidrojet?

6.3.4- Productos Químicos Utilizados en la Limpieza y Desinfección

Los productos químicos utilizados en las operaciones de limpieza y desinfección de la Planta San Pedro son los recomendados por ECOLAB, las especificaciones que se nombran a continuación son las suministradas por dicha compañía.

Etanol: Alcohol no tóxico utilizado en el consumo humano, de propiedad desinfectante y bacteriostática para uso mecánico o manual.

Hipoclorito de Sodio (Cloro): Desinfectante que tiene la propiedad de desodorizar, se degrada fácilmente por lo cual se utiliza a altas concentraciones.

Lift-II: Producto levemente alcalino formulado con una mezcla especial de solventes diseñado para efectuar limpieza manual o por espuma de pisos, paredes, cintas transportadoras y superficies externas de equipos. Se emplea en industrias alimenticias, de bebidas y cervecerías.

Oasis-144: Desinfectante cuaternario acuoso, se utiliza para limpiar superficies de forma mecánica.

P3-141: Producto alcalino de triple acción. Limpia, desinfecta y desodoriza simultáneamente. Su gran poder microbicida es debido a su contenido en cloro activo. Una disolución al 1% contiene 400 ppm de cloro activo. No ataca a los materiales como el acero inoxidable, hierro, esmalte, plástico y superficies de aluminio. Es utilizado para la limpieza y desinfección simultánea, manual o automática de tanques, circuitos, llenadoras, filtros, bombas centrífugas, barriles de acero, aluminio, madera, utensilios etc. Se emplea en las industrias lácteas, cerveceras, vinícolas, y de bebidas en general. Se emplea con concentraciones comprendidas entre el 0,5 y el 3%. Antes y después de la aplicación de P3-141 deben efectuarse enjuagues con agua.

P3-Manuvo V1: Detergente líquido biodegradable utilizado en la limpieza de manos. Contiene sustancias de limpieza altamente activas, que disuelven la suciedad y ataca los gérmenes.

P3-Oxonia Activo: Desinfectante de acción directa, biodegradable y no espumante, a base de una combinación de peróxido de hidrógeno y ácido peracético.

P3 Topax 68: Es un detergente espumante líquido, fuertemente alcalino y clorado con agentes especiales para ser usado en metales ligeros. Optimo para la limpieza exterior de tanques, máquinas Llenadoras, transportadores, paredes, pisos y todo tipo de equipos y superficies en la industria alimenticia, avícola, procesadora de frutas, bebidas y cerveceras. Posee las siguientes propiedades:

- Completamente enjuagable.
- Contiene desinfectante que elimina todo tipo de microorganismos en un solo paso.
- Efectivo cuando es usado con equipos limpiadores de alta Presión o limpieza manual.
- Elimina las marcas de caucho.
- Espuma limpiadora alcalina y desinfectante.
- Fuertes propiedades espumantes, produce una delgada y estable capa de espuma, la cual se adhiere a las superficies suministrando una efectiva acción limpiadora.
- No ataca los aceros, cromo, níquel, plásticos. Inhibidores especiales permiten su aplicación en superficies de latón, aluminio, cobre y sus aleaciones.
- No es corrosivo.
- Su densidad es $1.260 \frac{kg}{m^3}$. Y su pH es de 1,8.
- Rompe y limpia sucios de proteína y grasa.

P3 Trimeta Sauer: Es un limpiador a base de ácido fosfórico, agentes tenso activos e inhibidores de espuma. No ataca los materiales de acero, cromo-níquel, aluminio revestido con plásticos. El producto es de fácil enjuague. Es utilizado para la limpieza de tanques de fermentación, tanques cilindro-cónicos. Es empleado de preferencia en cervecerías, y en bebidas en general. Se aplica después de un enjuague en un rango de concentración de 1,2 a 1,4% en peso.

P3-Triquant 100: Desinfectante líquido, a base de compuestos de amonio cuaternario. Su gran poder microbicida está reforzado por una fuerte reducción de la tensión superficial conseguida por su contenido en componentes tenso activos, que facilitan la eliminación del producto en el enjuague posterior a la desinfección. No ataca ningún metal, ni otros componentes, como por ejemplo, goma, plásticos, cerámica y cristal. Se emplea para trabajos de desinfección posteriores a la limpieza en todas las industrias alimenticias.

6.4- Abreviaturas y Símbolos

A' = Factor de manufactura de la tubería.

A_d = Área de descarga de la bomba.

A_i = Área de la tubería i , ($i = 0, 1, \dots, 10, 11, 2', 3', \dots, 10', 11'$).

A_p = Área transversal del pistón.

A_s = Área de succión de la bomba.

C = Constante que depende del tipo de bomba.

D_i = Diámetro de la tubería i , ($i = 0, 1, \dots, 10, 11, 2', 3', \dots, 10', 11'$).

D_d = Diámetro de la tubería de descarga.

D_p = Diámetro del pistón.

DR = Densidad relativa del fluido.

D_s = Diámetro de la tubería de succión.

E = Factor de calidad.

$\frac{e}{D}$ = Aspereza relativa.

f_i = Factor de fricción en la tubería i , ($i = 0, 1, \dots, 10, 11, 2', 3', \dots, 10', 11'$).

F = Fuerza aplicada sobre el pistón.

g = Constante de gravedad.

H = Altura dinámica total de la bomba.

H_i = Carga Total del Nodo i ($i = \text{Tanque, A, B, } \dots, \text{I, J, A', B', } \dots, \text{I', J'}$).

H_1 = Altura dinámica total de la bomba para el Sub-sistema 1.

H_2 = Altura dinámica total de la bomba para el Sub-sistema 2.

η_m = Eficiencia Mecánica de la bomba.

h_a = Carga de aceleración.

h_{fi} = Pérdidas en la tubería i , ($i = 0, 1, \dots, 10, 11, 2', 3', \dots, 10', 11'$).

h_{fd1} = Pérdidas en la tubería de descarga de la bomba para el Sub-sistema 1.

h_{fd2} = Pérdidas en la tubería de descarga de la bomba para el Sub-sistema 2.

h_{fs} = Pérdidas en la tubería de succión de la bomba.

H_p = Carga de la bomba.

K_i = Coeficiente de pérdida en la tubería i , ($i = 0, 1, \dots, 10, 11, 2', 3', \dots, 10', 11'$).
 K' = Constante que depende de la compresibilidad del líquido.
 l = distancia recorrida por el pistón.
 L = Longitud de la tubería.
 L_{ei} = Longitud equivalente de la tubería i , ($i = 0, 1, \dots, 10, 11, 2', 3', \dots, 10', 11'$).
 L_S = Longitud de succión de la tubería.
 L_d = Longitud de descarga de la tubería.
 n = Números de carreras de aspiración o de impulsión por revolución.
 N = Velocidad del cigüeñal (rpm).
 $(NPSH)_d$ = Carga neta positiva de succión disponible.
 $(NPSH)_R$ = Carga neta positiva de succión requerida
 P_i = Presión del fluido en el Nodo i , ($i = \text{Tanque, A, B, } \dots, \text{I, J, A', B', } \dots, \text{I', J'}$).
 P_d = Presión de descarga del fluido.
 P_{EP} = Presión en la entrada del elemento impulsor de la bomba.
 P_I = Presión del líquido en el tanque de succión
 Pot = Potencia.
 Pot_d = Potencia de descarga de la bomba.
 Pot_S = Potencia de succión de la bomba.
 P_R = Presión de rotura de la tubería.
 P_S = Presión de succión del fluido.
 P_V = Presión de vapor del fluido.
 Q = Caudal de la bomba.
 q = Número propio de oscilaciones de la columna de agua, dividido entre el número de impulsos de la bomba en el mismo intervalo de tiempo.
 Q_d = Caudal de descarga de la bomba.
 Q_i = Caudal de la tubería i , ($i = 0, 1, \dots, 10, 11, 2', 3', \dots, 10', 11'$).
 Q_R = Caudal real de la bomba.
 Q_S = Caudal de succión de la bomba.
 R = Coeficiente de resistencia de la tubería.

R'_i = Coeficiente de resistencia modificado de la tubería i , ($i = 0, 1, \dots, 10, 11, 2', 3', \dots, 10', 11'$).

Re_i = Número de Reynolds en la tubería i , ($i = 0, 1, \dots, 10, 11, 2', 3', \dots, 10', 11'$).

S = Carrera del pistón.

S_p = Esfuerzo permisible de la tubería.

S_t = Esfuerzo de tracción de la tubería.

T = Temperatura del fluido.

t = Tiempo.

t_m = Espesor de la pared de la tubería.

U = Cantidad fluctuante de agua en el amortiguador de pulsaciones.

V_d = Velocidad del fluido en la tubería de descarga.

V_{EP} = Velocidad del fluido en la entrada del elemento impulsor de la bomba.

V_i = Velocidad a la que se desplaza el fluido en la tubería i , ($i = 0, 1, \dots, 10, 11, 2', 3', \dots, 10', 11'$).

V_m = Volumen medio de aire en el amortiguador de pulsaciones.

V_{mS} = Volumen medio de aire en el amortiguador de pulsaciones de la tubería de succión.

V_{md} = Volumen medio de aire en el amortiguador de pulsaciones de la tubería de descarga.

Vol = Volumen producido por la bomba en cada carrera.

V_p = Velocidad uniforme a la que se desplaza el pistón.

V_s = Velocidad del fluido en la tubería de succión.

w = Velocidad angular del cigüeñal.

y = Coeficiente.

Z_d = Cota de descarga de la bomba.

Z_E = Cota de entrada a la bomba.

Z_{EP} = Cota del elemento impulsor de la bomba.

Z_i = Cota del Nodo i , ($i = \text{Tanque, A, B, } \dots, \text{I, J, A', B', } \dots, \text{I', J'}$).

Z_I = Cota del nivel del líquido en el tanque de succión de la bomba.

Z_p = Pérdidas internas de la bomba.

Z_S = Cota de succión de la bomba.

$h_{f_{I-EP}}$ = Pérdidas en la tubería de succión desde el tanque de alimentación hasta el elemento impulsor

γ = Peso específico del fluido.

μ = Viscosidad absoluta del fluido.

ν = Viscosidad cinemática del fluido.

δ_p = Grado dinámico de irregularidad.

ρ = Densidad del fluido.

6.5- Glosario de Términos

Agua Mineral: Proviene de aguas de origen profundo sin contaminación que broten naturalmente o se obtengan por perforación y cumplan con los requisitos establecidos en la Norma Venezolana COVENIN 1431-82.

Bajante de Tapas: Dispositivo por donde bajan las tapas desde el distribuidor hacia los cabezales de la tapadora.

Brix: Porcentaje en peso de los sólidos de sacarosa disueltos. Relaciona el dulzor del producto con la sensación en la boca.

Cabezales de la Tapadora: Parte de la máquina tapadora que realiza la operación de tapado de las botellas.

Calderín: Tanque de acero cuya función es almacenar el agua que utilizará esta llenadora.

Cortinas: Cintas colgantes de plástico utilizadas para cubrir las puertas y entradas de las áreas de envasado.

Desinfección: Procedimiento sanitario que elimina la causa de infección al destruir los gérmenes nocivos o evitar el desarrollo de estos.

Desinfectante: Producto que destruye todas las formas vegetativas de bacterias pero no es particularmente efectivo contra esporas bacterianas.

Detergente: Se refiere a cualquier agente que pueda remover una sustancia indeseable de otra.

Filtro: Equipo cuya misión es retirar de la superficie o del seno de la masa filtrante, las partículas sólidas que contiene el líquido.

Filtro de Carbón: Filtro que sirve para eliminar el olor, el color, el sabor, el cloro y cualquier material orgánico que contenga el líquido.

Filtro Pulidor: Filtro que elimina una amplia variedad de microorganismos y partículas, dependiendo del tamaño del poro del elemento filtrante.

Filtro UV: Filtro que utiliza una luz ultravioleta (UV), la cual se irradia de una lámpara para eliminar las bacterias que contenga el fluido que pasa a través de ella.

Posicionadora: Máquina que coloca las botellas en la posición correcta para entrar en la cadena transportadora y puedan ser tomadas por la Llenadora.

Silo: Depósito que se carga por arriba y se vacía por abajo destinado al almacenamiento temporal de los envases antes de su llegada a la máquina Posicionadora.

T Jr. Foamer: Equipo presurizado para la preparación y aplicación de la solución de limpieza. Su capacidad es de 60 litros.

Tolva de la Tapadora: Depósito que se carga por arriba y se vacía por abajo destinado al almacenamiento temporal de las tapas antes de su llegada a la tapadora.

6.6- Bibliografía

- *Aceros*. [Página Web en Línea]. Disponible: http://www.infoacero.cl/acero/que_es.htm [Consulta: 2.005, Julio 04].
- *Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (U.S. EPA)*. [Página Web en Línea]. Disponible: <http://www.epa.gov/opptintr/p2home/ppicdist.htm> [Consulta: 2.005, Julio 06].
- Alkota Cleaning Systems (s.f.). *There is a Name for Efficient, Economical, Quality Clearing Systems*. Alcester, South Dakota 57001. Revista de Investigación.
- Avallone, E. y Baumeister III T. (1.998). *Manual del Ingeniero Mecánico*. (9º ed.) McGraw-Hill. Colombia.
- Barajas, O. *El Proceso de Diseño en Proyectos de Ingeniería*. [Libro en Línea]. Disponible: <http://www.oscarbarajas.com/design.html> [Consulta: 2.005, Julio 04].
- Belestrini, M. (1998). *Como se elabora el Proyecto de Investigación*. BL Consultores Asociados, Servicio Editorial. Caracas.
- Cameron. (1.988). *Hydraulic Data. A Handy Reference on the Subject of Hydraulics, and Steam*. (17º ed.). C.C. Heald. Estados Unidos.
- COVENIN 1431-82. *Requisitos del Agua Potable Envasada*.
- COVENIN 2237-89. *Ropa, Equipos y Dispositivos de Protección Personal. Selección de acuerdo al Riesgo Ocupacional*.

- Cross, N. (2.002). *Métodos de Diseño. Estrategias para el Diseño de Productos*. 2° ed. Limusa Wiley. México D.F.
- Fídias, A. (2.004). *El Proyecto de Investigación, Guía para su Elaboración*. (4° ed.) Episteme. Caracas.
- Fuchslocher, S. (1.964). *Bombas, Funcionamiento, Cálculo y Construcción*. (10° ed.) Labor S.A. España.
- Giacosa D. (1.986). *Motores Endotérmicos* (3° ed.). Dossat, S.A. Milán, Italia:
- *Grupo de Distribuidores de Productos de Limpieza Profesional*. [Página Web en Línea]. Disponible: <http://www.nilgrup.com> [Consulta: 2.005, Marzo 25].
- Guzmán, J. y Otros. (1.999). *Actividad Biodegradante o Bioremediante de las Bacterias Patógenas sobre los Crudos de Petróleo*. Trabajo Especial de Grado, U. E. “Luís Eduardo Egui Arocha”, San Antonio de los Altos, Edo. Miranda.
- Hicks, T. (1.960). *Bombas su selección y aplicación*. Continental S.A. México.
- Karassik, I. (1.966). *Bombas Centrífugas, Selección, Operación y Mantenimiento*. Continental. México.
- *Manual de Mecánica Industrial*. (1.999). Cultural S.A. España. Tomo II.
- McNaughton, K. (1.989). *Bombas, Selección, Uso y Mantenimiento*. Mc Graw Hill. México.

- Miller, J. E. (1.964). *Experimental Investigation of Plunger Pump Suction Conditions*, Paper 64-PET-14, ASME, New York.
- Moody, D. W. (1.982). *Introduction to the Asme Code for Pressure Piping (ANSI / ASME b31)*. Houston, Texas.
- Mott, Robert. (1.992). *Diseño de Elementos de Máquinas*. (2° ed.) Prentice Hall Hispanoamericana. México.
- Peñalosa, X. (2.004). *Manual de Procedimientos de Limpieza y Desinfección de las Líneas de Producción de Pepsi-Cola de Venezuela C.A. Planta San Pedro*. Trabajo Especial de Grado, UNEXPO, Ingeniería Industrial, Caracas.
- Pepsi-Cola de Venezuela C.A. (2.004). *Manuales de Procedimiento Limpieza y Desinfección*. Revista de Investigación.
- Pepsi-Cola de Venezuela C.A. *Procedimiento de Operaciones*. Revista de Investigación. (Volúmenes I y II).
- Pfleiderer, C. (1.960). *Bombas Centrífugas y Turbocompresores*. Labor S.A. España.
- Pietersz, F. (2.001). *Pérdidas por Fricción en Tuberías debido a la Resistencia del flujo de Líquidos*.
- Pietersz, F. (2.002). *Problemario de Turbomáquinas*.
- *Politécnico Colombiano*. [Página Web en Línea]. Disponible en: <http://www.politecnicovirtual.edu.co> [Consulta: 2.005, Julio 28].

- Potter, M. (1.998). *Mecánica de Fluidos* (2º ed.). Prentice Hall. México.
- Sabino, C. A. (1.987). *Cómo Hacer una Tesis, Guía para Elaborar y Redactar Trabajos Científicos*. Panapo. Caracas.
- Sabino, C. A. (1.992). *El Proceso de Investigación*. Panapo. Caracas.
- *Sistemas de Limpieza*. [Página Web en Línea]. Disponible: <http://www.karcher.es> [Consulta: 2005, Marzo 25].
- *Sistemas de Limpieza de Alta Presión*. [Página Web en Línea]. Disponible: <http://www.senavin.cl> [Consulta: 2.005, Marzo 28].
- *Sistemas de Limpieza de Alta Presión*. [Página Web en Línea]. Disponible: <http://www.angelfire.com/emo/tomaustin/Met/guiatresmarco.HTM> [Consulta: 2.005, Julio 18].
- The Internacional Bottled Water Association. (2.001). *Plan technical reference manual*. Version 5.0. Revista de Investigación.
- Viejo, M., (1.981). *Bombas*. (2º ed.). Limusa. México.
- Zarea, S. (1.991). *Bombas de Pistones Rotativos*. Trabajo Especial de Grado, Universidad Central de Venezuela, Ingeniería Mecánica, Caracas.

6.7- Anexos

Figura 6.9. Criterios para la eficacia de un Limpiador de Alta Presión

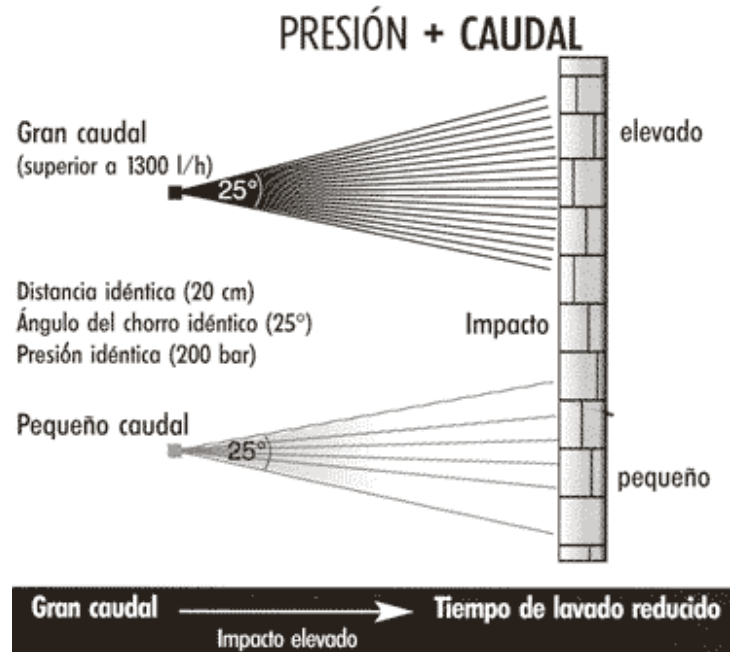


Figura 6.10. Logo de la Empresa Minalba



Figura 6.11. Diversas Presentaciones de los productos creados en la Planta San Pedro



Figuras 6.12 y 6.13. Manguera de Limpieza de la Planta San Pedro



Figuras 6.14, 6.15. Limpieza con Detergente de la Planta San Pedro



Figuras 6.16 y 6.17. Limpieza con Detergente de la Planta San Pedro



Figura 6.18. Limpieza con la Manguera de la Planta San Pedro

