

UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA
TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

PROPUESTA PARA EL APROVECHAMIENTO DEL AGUA EN PLANTA
AJEVEN C.A.

Tutor Académico
Prof. Tony Espinosa

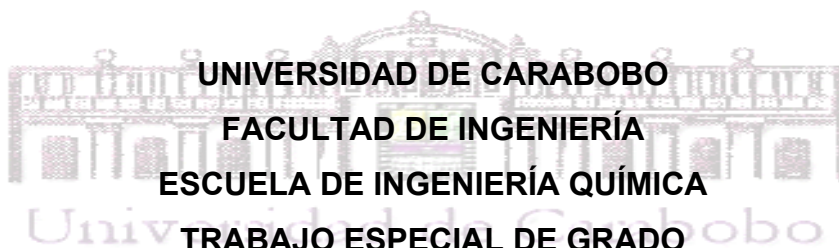
Autor
Leivi Flores

Tutora Industrial
Ing. Maria Sifontes

Autor
Livimar Piñero

Co – Tutor Industrial
Ing. José Miguel Aguilar

Valencia, octubre 2008.



UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA
TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

PROPUESTA PARA EL APROVECHAMIENTO DEL AGUA EN PLANTA
AJEVEN C.A.

Trabajo especial de grado presentado ante la ilustre Universidad de Carabobo como
requisito final para optar al Título de Ingeniero Químico

Tutor Académico
Prof. Tony Espinosa

Autor
Leivi Flores

Tutora Industrial
Ing. Maria Sifontes

Autor
Livimar Piñero

Co – Tutor Industrial
Ing. José Miguel Aguilar

Valencia, octubre 2008.

AGRADECIMIENTOS

LFVJMAR

Como entender que con un poco de paciencia se pueden obtener las cosas más preciadas de la vida, cuando aún no se tienen...

Como explicar que las personas que te rodean contribuyen con el logro de las metas, si aún no se logran...

Como saber que cuando alcanzas lo que quieres la satisfacción de logro es inexplicable, si aún no se alcanzan...

La clave esta en creer en los sueños y luchar incansablemente por hacerlos realidad...

En esta etapa de mi vida he alcanzado uno de tantos sueños, siendo motivo suficiente para dejar plasmado mis más sinceros agradecimientos:

A Dios Todopoderoso y a la Virgen del Valle, por acompañarme en todo momento y recordarme en cada minuto, que la vida tiene magia y que disfrutar de ella queda de parte de nosotros...

A mi madre, has sido el pilar fundamental en toda mi vida, te debo la vida, mi amor, mi respeto, eres un ejemplo de madre.... Te Amo y gracias por creer en mi...

A mi abuela Nieves, para mi eres la personita mas especial, has entregado por mi toda tu vida... Gracias por toda tu dedicación. Te amo.

A José Miguel, mi esposo, mi amigo, mi compañero, mi confidente, mi ejemplo a seguir en el campo profesional; fuiste una pieza fundamental en este logro, con todo tu amor me enseñaste a darle la bienvenida a mi vida, como Ingeniero Químico. Te amo y gracias por tu entrega.

A Nelsy, Lucia y Javier, mis hermanos, fueron un motivo importante en la lucha de este sueño. Me dieron las fuerzas que necesite para levantarme cuando sentí no poder, los amo muchísimo y solo les confirmo que si luchan por sus sueño los van a obtener.

A todas mis tías (Las Corderos), Livia, Eneida, Doris y Edy, con ustedes aprendí que en la unión esta la fuerza más importante del mundo. Las quiero mucho y gracias por haber confiado en el logro de este sueño.

A la Sra. Miriam, Gemelitas, Judith y toda la familia Torrealba, como no agradecer la hospitalidad y confianza brindada. Gracias por haber creído en mi y haberme aceptado como una mas de la familia. Los quiero mucho.

A mis amigas Dayana y Carolyn, gracias por haber compartido conmigo los mejores momentos de la carrera, para mi siempre serán mis goldas, las quiero mucho y les deseo el mejor de los éxitos...

A Leivi, mi amiga, mi compañera de este trabajo especial de grado, mi confidente, gracias por haber aceptado lograr esta meta conmigo. Fuiste una justa e inteligente compañera, te deseo el mejor de los éxitos en el mundo que nos espera y no olvides que siempre te voy a tener presente. Te quiero mucho.

A todos mis compañeros de estudios, Yosmery, Claigdoly, Aldreina, Pedro, Linda, Miguel, Maria Carolina, Roger, Edgar, David, Edenys, Juan Manuel, Nayrí, entre otros, gracias por su linda amistad, fue para mí un placer haber compartido todos estos años con ustedes, los quiero mucho.

A mis tutores industriales: Maria Sifontes y José Miguel Aguilar, gracias por toda la enseñanza brindada, por los consejos profesionales y por la confianza depositada en este trabajo especial de grado.

A mi tutor académico, Tony Espinosa, por haber apoyado y guiado este trabajo especial de grado. Muchas gracias...

A mis profesores, Donato Magarelli, Olga Triny, José Luciano, Adrián Sierra, Miriam Zambrano, Maria Cristina, Doris Briceño, entre otros, muchas gracias por los conocimientos brindados...

A todos Gracias...

LEIVJ

Cada día la vida nos ofrece una página en blanco en el libro de nuestra existencia; el pasado ya está escrito y no se puede corregir; pero hoy, con voluntad y optimismo tengo la oportunidad de escribir una página más en el libro de mi vida.

Todos pasamos por momentos difíciles que se convierten en experiencias... Esas experiencias dejan algo bueno o malo que hay que aprender a interpretar... Junto con ellas vienen personas que dejan algún aprendizaje en nuestras vidas, que sin darnos cuenta nos ayudaron a lograr tan preciada meta, alcanzar el título de Ingeniero Químico. GRACIAS...

A Dios, por no dejarme sola y estar conmigo en todo momento recordándome que a pesar de los momentos difíciles si se puede, todo es cuestión de fe...

A mis tres mamás (Yeli, tía nena y mi abuelita), por ser ese pilar que no se derrumba, por demostrarme que si se puede salir adelante y por ser mi ejemplo a seguir... Las amo, gracias por todo su amor, su apoyo y por confiar en mí...

A mi tío nene, por ser como un padre para mí, por escucharme y darme esas fuerzas para continuar mi camino...

A mi nano, por compartir siempre conmigo, por recordarme que a pesar de las peleas siempre contamos el uno con el otro... Te extraño y te quiero mucho.

A mi tía Chepa, tío papito, tío niño, tía Mary, por apoyarme en este logro y confiar en que si podía lograrlo...

A mi papá, por saber escuchar y apoyar mis decisiones...

A mis primitos, Cesar, nene, Francia, Eduardito, Ángel y Eduardo, por impulsarme a ser mejor por ustedes, y con esto les demuestro que si se puede, así que a estudiar...

A Malila, amiga de toda la vida, y a mi prima Kary, que aunque están lejos supieron brindarme ese apoyo en los momentos difíciles cuando sentía que no podía más... Las quiero.

A Livi, mi amiga, confidente y compañera de este trabajo especial de grado, gracias por confiar en mí y contar con que juntas íbamos a salir adelante... Después de tantos obstáculos, aquí tenemos nuestro logro... Te quiero mucho

A Richard, persona con quien compartí años de mi carrera. Gracias por brindarme tu amistad y apoyo incondicional... Eres símbolo de que cuando se quiere, se puede... Te quiero mucho.

A mi amiga Jesuani, por estar siempre en los momentos en que la necesitaba, de verdad gracias por tu apoyo amita y por ser tan especial, te quiero mucho.

A mis amigos y compañeros de clase, María Alejandra, Ivani, Clay, Yosme, Eudys, Pedrito, Migue, Edenys, Aldreina, entre otros, gracias por todos los momentos vividos y por el apoyo brindado todos estos años, no los olvidaré.

A mi tutor académico, Tony Espinosa, por todo el apoyo brindado y por las palabras de aliento y de ayuda en el momento que lo necesite... Lo aprecio.

A mis tutores empresariales, María Sifontes y José Miguel Aguilar, por el apoyo es este trabajo especial de grado y por la confianza depositada, espero no haberlos defraudado.

A mis profesores, Donato Magarelli, Evelyn Yamal, Iván Parra, Dorys Briceño, entre otros, que con su experiencia y conocimientos me hicieron ser una mejor persona y crecer en el ámbito profesional... Muchas gracias...

Sinceramente Gracias...

RESUMEN

El siguiente trabajo de grado tuvo por objetivo el planteamiento de alternativas para solucionar el problema de las pérdidas de agua en la planta AJEVEN C.A, en la zona industrial El Recreo, en la ciudad de Valencia, estado Carabobo. La investigación realizada fue de tipo experimental, enmarcada en tres etapas fundamentales para la determinación de las oportunidades de mejora, comprendió una fase diagnóstica, basada en la recopilación de información secundaria, que permitió establecer prioridades de acuerdo a las causas que ocasionan la problemática, la cual esta ligada al uso inadecuado del agua dentro de la planta. La segunda fase estuvo orientada, a la observación, medición y evaluación del proceso, con la finalidad de detectar desviaciones en cada equipo para enfocar de esta manera el análisis en los puntos críticos dentro del proceso y establecer en una tercera fase, la propuesta factible a través de un análisis costo – beneficio para garantizar el mejor aprovechamiento del agua además de mejorar la gestión ambiental de la empresa AJEVEN C.A. La investigación permitió determinar un porcentaje de rendimiento de 53,49%, con un porcentaje de pérdida asociado de 46,50%, indicando esto que las pérdidas de agua representan un problema para la empresa. Para conocer el comportamiento de las pérdidas se realizó un análisis por equipo, observando que los retrolavados en los filtros, las purgas de las torres de enfriamiento, las limpiezas externas, y los enjuagadores de botellas, causan la mayor pérdida de agua, enfocándose este trabajo especial en la mejora en cuanto a pérdidas de los enjuagadores de botellas, las limpiezas y los retrolavados de los filtros en cuanto a operatividad, donde el flujo volumétrico total a recuperar es de 9,41 m³/h. Del análisis costo – beneficio, se obtuvo que para la primera propuesta (rediseño de las bandejas de los enjuagadores de botellas y sistema de recuperación) se requiere de una inversión inicial de 20.547,08 \$, con un tiempo de retorno de 12 meses y para la segunda propuesta (Aislamiento de los enjuagadores de botellas, rediseño de bandejas y sistema de recuperación) se requiere de una inversión inicial de 24.780,86 \$ con un tiempo de retorno de 15 meses. La propuesta N° 2, presentó mayores beneficios para el proceso tales como: garantizar la calidad del agua y un ambiente sustentable, además de lograr la disminución de las frecuencias de limpiezas.

Palabras claves: pérdidas, recuperación, rendimiento, agua.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	3
1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	3
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	5
1.2.1 SITUACIÓN ACTUAL.....	5
1.2.2 SITUACIÓN DESEADA.....	6
1.3 OBJETIVOS.....	6
1.3.1 OBJETIVO GENERAL.....	6
1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	6
1.4 JUSTIFICACIÓN.....	7
1.5 LIMITACIONES.....	7
CAPÍTULO II. MARCO REFERENCIAL.....	9
2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	9
2.2 MARCO TEÓRICO.....	13
2.2.1 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS.....	13
2.2.2 ASPECTOS IMPORTANTES DEL MUESTREO.....	14
2.2.2.1 OPERACIONES DE MUESTREO.....	14
2.2.2.2 TIPOS DE MUESTRAS.....	14
2.2.3 CARACTERIZACIÓN DEL AGUA.....	14
2.2.4 INTERCAMBIO IÓNICO.....	16
2.2.4.1 CARACTERÍSTICAS DE UN INTERCAMBIADOR DE IONES.....	16
2.2.4.2 PRINCIPIOS DE LA APLICACIÓN DEL INTERCAMBIO IÓNICO AL TRATAMIENTO DEL AGUA.....	16
2.2.5 MICROBIOLOGÍA DEL AGUA.....	17
2.2.5.1 CARACTERÍSTICAS DE LAS BACTERIAS.....	18
2.2.5.2 CARACTERÍSTICAS DE LAS LEVADURAS.....	18
2.2.5.3 CARACTERÍSTICAS DE LOS MOHOS.....	19
2.2.6 HERRAMIENTAS ESTADÍSTICAS.....	19
2.2.6.1 TORMENTA DE IDEAS (BRAINSTORMING).....	19
2.2.6.2 DIAGRAMA CAUSA-EFECTO (ISHIKAWA).....	20
2.2.6.3 DIAGRAMA DE PARETO.....	21
2.2.6.4 5 COMO + 5 PORQUE.....	21
2.2.6.5 ANÁLISIS DE MODO EFECTO Y FALLA (AMEF).....	22
2.2.6.6 MAPA DE ALTO NIVEL (SIPOC).....	23

	Pág.
2.2.6.7 DISTRIBUCIONES DE FRECUENCIAS:.....	24
2.2.6.7.1 FORMAS DE LAS DISTRIBUCIONES DE FRECUENCIA.....	26
2.2.6.7.2 ANÁLISIS DE LOS PATRONES EN CARTAS DE CONTROL.....	26
2.2.6.7.3 ESTUDIO DE CAPACIDAD DE PROCESOS.....	27
2.2.6.7.4 HISTOGRAMAS DE FRECUENCIA, TEST Y AJUSTE DE NORMALIDAD.....	30
2.2.6.7.5 PRUEBA DE HIPÓTESIS.....	32
CAPÍTULO III. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO.....	33
3.1 PROCESO PRODUCTIVO.....	33
3.2 PREPARACIÓN DE JARABE.....	37
3.3 SISTEMA DE MEZCLADO.....	39
3.4 SISTEMA DE ENFRIAMIENTO.....	40
3.5 SISTEMA DE LLENADO.....	41
CAPÍTULO IV. MARCO METODOLÓGICO.....	43
4.1 DIAGNÓSTICO DEL CONSUMO DE AGUA EN PLANTA AJEVEN C.A. CON EL FIN DE RECONOCER LA SITUACIÓN ACTUAL MEDIANTE UN AMEF DE PROCESO.....	43
4.1.1 RECONOCIMIENTO Y COMPRENSIÓN DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN.....	43
4.1.1.1 DESARROLLO DE LA HERRAMIENTA 5 ¿POR QUÉ? + 2 ¿CÓMO?.....	44
4.1.1.2 CONSTRUCCIÓN DEL MAPA DE ALTO NIVEL.....	44
4.1.1.3 CONSTRUCCIÓN DEL MAPA DE PROCESO DETALLADO.....	45
4.1.2 RECONOCIMIENTO DE LAS POSIBLES CAUSAS DE PÉRDIDAS DE AGUA.....	45
4.1.2.1 DESARROLLO DE LA MATRIZ DE CAUSA – EFECTO.....	45
4.1.2.2 CONSTRUCCIÓN DEL GRÁFICO DE PARETO DE PONDERACIÓN DE LAS ENTRADAS DEL PROCESO ASOCIADAS AL CONSUMO DE AGUA.....	46
4.1.2.3 DESARROLLO DEL ANÁLISIS DEL MODO Y EFECTO DE LA FALLA.....	46
4.1.2.4 ELABORACIÓN DEL DIAGRAMA CAUSA - EFECTO.....	47
4.2 OBTENCIÓN DEL RENDIMIENTO DE AGUA EN PLANTA AJEVEN C.A. A PARTIR DE BALANCES DE MASA CON EL PROPÓSITO DE CONOCER EL PORCENTAJE DE AGUA NO APROVECHADA.....	48
4.2.1 IDENTIFICACIÓN DEL SISTEMA DE EXTRACCIÓN DEL AGUA DEL POZO MEDIANTE LA REVISIÓN DE LOS MANUALES DE OPERACIÓN DEL EQUIPO.....	48
4.2.2 ESTABLECIMIENTO DE LA METODOLOGÍA DE CÁLCULO DEL RENDIMIENTO.....	48
4.2.3 ESTABLECER EL TIEMPO DE ESTUDIO Y EL TAMAÑO DE LA MUESTRA.....	50
4.2.4 MEDICIÓN DE LOS DATOS NECESARIOS PARA LA OBTENCIÓN DEL RENDIMIENTO.....	51
4.2.5 CÁLCULO DEL PORCENTAJE DE RENDIMIENTO.....	51
4.2.6 CÁLCULO DEL PORCENTAJE DE AGUA NO APROVECHADA.....	51

	Pág.
4.3 CUANTIFICACIÓN DE LAS PÉRDIDAS DE AGUA EN PUNTOS CRÍTICOS NO CONTROLADOS A TRAVÉS DE MÉTODOS EXPERIMENTALES CON LA FINALIDAD DE CLASIFICARLAS.....	52
4.3.1 RECONOCIMIENTO DE LOS EQUIPOS DEL PROCESO.....	52
4.3.2 IDENTIFICACIÓN DE EQUIPOS.....	52
4.3.3 CÁLCULO DEL VOLUMEN CONSUMIDO POR EQUIPO.....	53
4.3.4 CÁLCULO DEL PORCENTAJE DE PÉRDIDA.....	53
4.3.5 CLASIFICACIÓN DE LAS PÉRDIDAS.....	53
4.4 CARACTERIZACIÓN DE LOS EFLUENTES POR MEDIOS FISCOQUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS PARA IDENTIFICAR AQUELLOS QUE PUEDAN SER RECUPERADOS.....	54
4.4.1 ESTABLECIMIENTO DE MÉTODOS DE MUESTREO.....	54
4.4.2 PLANIFICACIÓN DEL MUESTREO.....	56
4.4.3 DISEÑO DE LOS INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	57
4.4.4 CÁLCULOS NECESARIOS.....	59
4.4.5 ESTABLECIMIENTO DE EFLUENTE A RECUPERAR.....	60
4.5 ESTABLECIMIENTO DE ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN DE SISTEMAS DE RECUPERACIÓN CON EL OBJETO DE ELIMINAR O DISMINUIR LAS PÉRDIDAS DE AGUA.....	60
4.5.1 PROPUESTA DE ALTERNATIVAS.....	60
4.5.2 IDENTIFICACIÓN DE TECNOLOGÍAS.....	60
4.5.3 DISEÑO DE ALTERNATIVAS.....	60
4.6 SELECCIÓN DE LA ALTERNATIVA FACTIBLE POR MEDIO DE UN ANÁLISIS COSTO-BENEFICIO CON EL FIN DE GARANTIZAR LA GESTIÓN AMBIENTAL DE LA PLANTA AJEVEN C.A.....	60
4.6.1 ANÁLISIS ECONÓMICO.....	60
4.6.2 SELECCIÓN DE ALTERNATIVA.....	61
CAPÍTULO V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	62
5.1 DIAGNÓSTICO DEL CONSUMO DE AGUA EN PLANTA AJEVEN C.A. CON EL FIN DE RECONOCER LA SITUACIÓN ACTUAL MEDIANTE UN AMEF DE PROCESO.....	62
5.1.1 DESARROLLO DE LOS MAPAS DEL PROCESO PRODUCTIVO.....	64
5.1.1.1 MAPA DE PROCESO DE ALTO NIVEL.....	64
5.1.1.2 MAPA DE PROCESO DETALLADO.....	67
5.1.2 MATRIZ DE CAUSA Y EFECTO DEL PROCESO PRODUCTIVO.....	71
5.1.3 ANÁLISIS DEL MODO Y EFECTO DE LA FALLA.....	75

	Pág.
5.2 OBTENCIÓN DEL RENDIMIENTO DE AGUA EN PLANTA AJEVEN C.A. A PARTIR DE BALANCES DE MASA CON EL PROPÓSITO DE CONOCER EL PORCENTAJE DE AGUA NO APROVECHADA.....	84
5.2.1 ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA DEL RENDIMIENTO DE AGUA.....	86
5.2.2 ESTUDIO DE CAPACIDAD DEL PROCESO PARA EL RENDIMIENTO DE AGUA.....	88
5.2.3 ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LAS CAUSAS QUE AFECTAN EL RENDIMIENTO DE AGUA.....	94
5.2.3.1 CORRELACIÓN DEL RENDIMIENTO DE AGUA RESPECTO AL VOLUMEN DE PRODUCCIÓN.....	94
5.2.3.2 PRUEBAS DE HIPÓTESIS PARA ESTABLECER LAS DIFERENCIAS EXISTENTES ENTRE LOS SUBGRUPOS DE LA MAÑANA Y LA TARDE.....	100
5.2.3.2.1 PRUEBA DE HIPÓTESIS “F” PARA ESTABLECER LAS DIFERENCIAS EN LA DISPERSIÓN DE LOS SUBGRUPOS DE LA MAÑANA Y LA TARDE.....	102
5.2.3.2.2 PRUEBA DE HIPÓTESIS “T-STUDENT” PARA ESTABLECER LAS DIFERENCIAS EN LAS MEDIAS OBTENIDAS DE LOS SUBGRUPOS DE LA MAÑANA Y LA TARDE.....	103
5.3 CUANTIFICACIÓN DE LAS PÉRDIDAS DE AGUA EN PUNTOS CRÍTICOS NO CONTROLADOS A TRAVÉS DE MÉTODOS EXPERIMENTALES CON LA FINALIDAD DE CLASIFICARLAS.....	105
5.4 CARACTERIZACIÓN DE LOS EFLUENTES POR MEDIOS FISICOQUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS PARA IDENTIFICAR AQUELLOS QUE PUEDAN SER RECUPERADOS.....	114
5.4.1 CARACTERIZACIÓN FISICOQUÍMICA DE LAS AGUAS EMPLEADAS EN LOS ENJUAGADORES DE BOTELLAS.....	115
5.4.2 ESTUDIO DE CAPACIDAD DE PROCESOS DE LOS PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS.....	118
5.4.3 ANÁLISIS GRÁFICO DE LOS FACTORES QUE INTERVIENEN EN EL COMPORTAMIENTO DE LOS PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS.....	122
5.4.4 CARACTERIZACIÓN MICROBIOLÓGICOS DE LAS AGUAS EMPLEADAS EN LOS ENJUAGADORES DE BOTELLAS.....	124
5.5 ESTABLECER ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN DE SISTEMAS DE RECUPERACIÓN CON EL OBJETO DE ELIMINAR O DISMINUIR LAS PÉRDIDAS DE AGUA.....	129

	Pág.
5.5.1 PROPUESTA DE DISMINUCIÓN DE PÉRDIDAS DE AGUA EN LOS RETROLAVADOS DE LOS FILTROS (DESDE EL PUNTO DE VISTA OPERACIONAL) Y LIMPIEZAS EXTERNAS.....	130
5.5.2 PRIMERA PROPUESTA DEL SISTEMAS DE RECUPERACIÓN DEL AGUA PROVENIENTE DE LOS ENJUAGADORES DE BOTELLAS DEL ÁREA DE LLENADO.....	136
5.5.3 SEGUNDA PROPUESTA DEL SISTEMA DE RECUPERACIÓN DE AGUA Y AISLAMIENTO DEL ÁREA DE ENJUAGUE DE BOTELLAS.....	145
5.6 SELECCIÓN DE LA ALTERNATIVA FACTIBLE POR MEDIO DE UN ANÁLISIS COSTO-BENEFICIO CON EL FIN DE GARANTIZAR LA GESTIÓN AMBIENTAL DE LA PLANTA AJEVEN C.A.....	150
5.6.1 EVALUACIÓN DE COSTOS DE LA PROPUESTA DE RECUPERACIÓN DEL AGUA PROVENIENTE DE LOS ENJUAGADORES DE BOTELLAS DEL ÁREA DE LLENADO.....	152
5.6.2 COSTO DEL AISLAMIENTO DEL ÁREA DE ENJUAGUE DE BOTELLAS, ADICIONAL EL REDISEÑO DE LAS BANDEJAS Y EL SISTEMA DE RECUPERACIÓN. (PROPUESTA N° 2).....	154
5.6.3 TIEMPO DE RETORNO DE LA INVERSIÓN.....	154
5.6.4 SELECCIÓN DE LA PROPUESTA A PARTIR DEL ANÁLISIS COSTO - BENEFICIO.....	155
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	158
CONCLUSIONES.....	158
RECOMENDACIONES.....	160
REFERENCIAS.....	161
APÉNDICES.....	163
APÉNDICE A. DATOS DEL PROCESO.....	163
APÉNDICE B. RESULTADOS ESTADÍSTICOS DEL PROCESO.....	206
APÉNDICE C. CÁLCULOS TÍPICOS.....	240
APÉNDICE D. PROCEDIMIENTOS.....	253
ANEXOS.....	259

ÍNDICE DE TABLAS

		Pág.
TABLA 2.1	CONTENIDO DE SALES EN EL AGUA DE ACUERDO A LA RELACIÓN ENTRE LA ALCALINIDAD PARCIAL Y TOTAL.....	15
TABLA 4.1	HERRAMIENTA 5 ¿POR QUÉ? + 2 ¿CÓMO? APLICADA AL ÁREA PRODUCTIVA DE LA PLANTA AJEVEN C.A.....	44
TABLA 4.2	MAPA DE PROCESO DE ALTO NIVEL APLICADO A LAS ÁREAS PRODUCTIVAS DE LA PLANTA AJEVEN C.A.....	45
TABLA 4.3	MATRIZ DE CAUSA – EFECTO APLICADO AL ÁREA PRODUCTIVA DE LA PLANTA AJEVEN C.A.....	46
TABLA 4.4	ANÁLISIS DEL MODO Y EFECTO DE LA FALLA APLICADO AL ÁREA PRODUCTIVA DE LA PLANTA AJEVEN C.A.....	47
TABLA 4.5	RESUMEN DE PRODUCCIÓN DE LAS LÍNEAS DE OPERACIÓN DE LA PLANTA AJEVEN C.A.....	50
TABLA 4.6	TIEMPOS DE OPERACIÓN DE LA BOMBA DEL POZO 1 DE LA PLANTA AJEVEN C.A.....	51
TABLA 4.7	CAUDAL DE AGUA UTILIZADO POR EQUIPOS ESPECÍFICOS DE LA PLANTA AJEVEN C.A.....	53
TABLA 4.8	CLASIFICACIÓN DE PÉRDIDAS DE EQUIPOS ESPECÍFICOS DE LA PLANTA AJEVEN C.A.....	54
TABLA 4.9	ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS A APLICARSE.....	55
TABLA 4.10	REQUISITOS PARA CADA PARÁMETRO FÍSICOQUÍMICO A MEDIR...	56
TABLA 4.11	PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS DEL AGUA DE LOS SUAVIZADORES Y ENJUAGADORES DE BOTELLAS.....	57
TABLA 4.12	PARÁMETROS MICROBIOLÓGICO DEL AGUA SUAVIZADA.	58
TABLA 5.1	HERRAMIENTA 5 ¿POR QUÉ? + 2 ¿CÓMO? APLICADA AL ÁREA PRODUCTIVA DE LA PLANTA AJEVEN C.A.....	63
TABLA 5.2	MAPA DE PROCESO DE ALTO NIVEL APLICADO A LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AJEVEN C.A.....	65
TABLA 5.3	MAPA DE PROCESO APLICADO AL ÁREA DE LLENADO DE LA PLANTA AJEVEN C.A.....	66
TABLA 5.4	PONDERACIÓN DADA POR CADA TIPO DE RELACIÓN EN LA MATRIZ CAUSA EFECTO.....	71
TABLA 5.5	MATRIZ DE CAUSA – EFECTO APLICADO AL ÁREA PRODUCTIVA DE LA PLANTA AJEVEN C.A.....	72
TABLA 5.6	RESUMEN DE LAS VARIABLES DE ENTRADA CON MAYOR PUNTUACIÓN OBTENIDA DE LA MATRIZ DE CAUSA – EFECTO.....	74

	Pág.
TABLA 5.7 ANÁLISIS DEL MODO Y EFECTO DE LA FALLA APLICADO AL ÁREA PRODUCTIVA DE LA PLANTA AJEVEN C.A.....	76
TABLA 5.8 PORCENTAJES DE RENDIMIENTO OBTENIDOS POR CONSUMO DE AGUA EN EL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE LA PLANTA AJEVEN C.A.....	86
TABLA 5.9 PORCENTAJES DE RENDIMIENTO DE AGUA ESTABLECIDO EN EL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE LA PLANTA AJEVEN C.A.....	88
TABLA 5.10 RESUMEN DE FALLAS QUE AFECTARON LA PRODUCCIÓN DURANTE EL PERIODO DE ESTUDIO.....	96
TABLA 5.11 PORCENTAJES DE RENDIMIENTO Y PERDIDA DE AGUA DE LA PLANTA AJEVEN C.A.....	105
TABLA 5.12 PERDIDAS POR VOLUMEN CONSUMIDO POR DISTINTOS EQUIPOS PERTENECIENTES AL PROCESO DE BEBIDAS GASEOSAS DE LA PLANTA AJEVEN C.A.....	107
TABLA 5.13 COMPARACIÓN DE LOS TIEMPOS DE RETROLAVADOS DURANTE EL PERIODO DE EVALUACIÓN Y EL ESTABLECIDO POR LA EMPRESA.....	111
TABLA 5.14 PORCENTAJE DE PÉRDIDAS GENERADO POR UN GRUPO DE EQUIPOS DEL PROCESO DE BEBIDAS GASEOSAS EN LA PLANTA AJEVEN C.A.....	113
TABLA 5.15 RESUMEN DE ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS APLICADOS A LAS AGUAS DE LOS ENJUAGADORES DE BOTELLAS.....	115
TABLA 5.16 RESUMEN DE ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS APLICADOS A LAS AGUAS DE LOS ENJUAGADORES DE BOTELLAS.....	125
TABLA 5.17 MATRIZ DE CAUSA – EFECTO DEL EFECTO SOBRE LOS PARAMETROS MICROBIOLÓGICOS DE CADA ENJUAGADOR DE BOTELLAS.....	129
TABLA 5.18 CARACTERÍSTICAS DE LOS CONTROLADORES DE PRESIÓN RECOMENDADOS. PROPUESTA N° 1	131
TABLA 5.19 CARACTERÍSTICAS DE LOS CONTROLADORES DE PRESIÓN RECOMENDADOS. PROPUESTA N° 2.....	132
TABLA 5.20 CARACTERÍSTICAS DE LAS PISTOLAS DE FLUJO RECOMENDADAS EN LA PROPUESTA N° 1.....	134
TABLA 5.21 CARACTERÍSTICAS DE LAS PISTOLAS DE FLUJO RECOMENDADAS EN LA PROPUESTA N° 2.....	
TABLA 5.22 CARACTERÍSTICAS DE LAS MANGUERAS OPTIHOSE -AIRE-AGUA. PROPUESTA N° 1.....	135

	Pág.
TABLA 5.23 CARACTERÍSTICAS DE LAS MANGUERAS KAT-REXON. PROPUESTA N° 2.....	136
TABLA 5.24 CARACTERÍSTICAS DE LOS SENSORES DE NIVEL DE LÍQUIDO.....	141
TABLA 5.25 PARÁMETROS GENERALES PARA LA SELECCIÓN DE LA BOMBA DEL SISTEMA DE RECUPERACIÓN.....	142
TABLA 5.26 RESUMEN DEL DIÁMETRO ECONÓMICO OBTENIDO.....	142
TABLA 5.27 ACCESORIOS NECESARIOS EN EL SISTEMA DE RECUPERACIÓN...	143
TABLA 5.28 CARACTERÍSTICAS DE LAS TUBERÍAS DEL SISTEMA.....	143
TABLA 5.29 ESPECIFICACIONES DE MODELOS DE BOMBAS APV.....	145
TABLA 5.30 CARACTERÍSTICAS DE LOS EQUIPOS NECESARIOS PARA EL REDISEÑO DEL ENJUAGADOR DE BOTELLAS.....	149
TABLA 5.31 COSTO TOTAL DE PÉRDIDAS POR MATERIA PRIMA.....	150
TABLA 5.32 RELACIÓN DE COSTOS DE PÉRDIDAS DE LOS RETROLAVADOS DE FILTROS.....	151
TABLA 5.33 RELACIÓN DE COSTOS DE PÉRDIDAS DE LAS LIMPIEZAS EXTERNAS.....	151
TABLA 5.34 COSTO DE LOS EQUIPOS Y MATERIALES A UTILIZAR PARA LA APLICACIÓN DE LA PROPUESTA N° 1	152
TABLA 5.35 COSTO DE LOS EQUIPOS Y MATERIALES A UTILIZAR PARA LA APLICACIÓN DE LA PROPUESTA N° 2.....	154
TABLA 5.36 MATRIZ DE CAUSA – EFECTO APLICADA A LAS PROPUESTAS DE RECUPERACIÓN DE AGUA.....	156

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1.1 Diagrama de flujo de distribución del agua en planta AJEVEN C.A.....	4
Figura 2.1 Diagrama causa-efecto (<i>DIAGRAMA ISHIKAWA</i>)	20
Figura 2.2 Diagrama de Pareto.....	21
Figura 2.3 Mapa de alto nivel.....	24
Figura 2.4 Curva normal.....	26
Figura 2.5 Patrones de cartas de control.....	27
Figura 2.6 Estudio de capacidad de procesos.....	29
Figura 2.7 Ventanas de opción y representación gráfica de histogramas en MINITAB	30
Figura 2.8 Representación gráfica de la prueba de normalidad resultante al emplear el software MINITAB 14.0.....	31
Figura 3.1 Diagrama de Flujo del Proceso Productivo.....	34
Figura 3.2 Distribución y secuencia del proceso de producción de Bebidas Gaseosas empleado en AJEVEN C.A.....	35
Figura 3.3 Diagrama del Proceso de Tratamiento de Agua. Planta de Agua 1.....	38
Figura 3.4 Sistema De Dosificación Y Bombeo.....	39
Figura 3.5 Sistema De Refrigeración Empleando Amoníaco.....	40
Figura 3.6 Sistema Carbonatador De Bebidas.....	41
Figura 3.7 Ciclo de llenado de Botellas.....	42
Figura 4.1 Comportamiento operativo de una bomba.....	49
Figura 5.1 Mapa de proceso detallado de la planta de tratamiento de agua de AJEVEN C.A. 2008.....	68
Figura 5.2 Mapa de proceso detallado del área de llenado de la planta AJEVEN C.A. .	69
Figura 5.3 Gráfico de pareto. Ponderación de las entradas del proceso asociadas al consumo de agua.....	73
Figura 5.4 Gráfico de Pareto. Número prioritario de riesgo por cada paso del proceso productivo de la planta AJEVEN C.A.....	78
Figura 5.5 Gráfico de Pareto. Número prioritario de riesgo por cada entrada clave del proceso productivo de la planta AJEVEN C.A.....	79
Figura 5.6 Gráfico de Pareto. Número prioritario de riesgo por cada causa potencial de falla del proceso productivo de la planta AJEVEN C.A.....	80
Figura 5.7 Diagrama Causa – Efecto de las pérdidas de agua en planta AJEVEN C.A. 2008.....	83

	Pág.
Figura 5.8 Estadística descriptiva del rendimiento de agua.....	87
Figura 5.9 Análisis grafico de la capacidad del proceso para el rendimiento de agua.....	89
Figura 5.10 Resumen de la capacidad del proceso para el rendimiento de agua.....	92
Figura 5.11 Correlación lineal del rendimiento de agua respecto al volumen de agua producido.....	95
Figura 5.12 Gráfico de Pareto de fallas relevantes durante el periodo de estudio.....	96
Figura 5.13 Gráfico de Pareto. Resumen de las maquinas con el mayor número de incidencia de las fallas durante el periodo de evaluación.....	98
Figura 5.14 Correlación lineal del rendimiento de agua respecto al volumen de agua producido en los subgrupos de la mañana y la tarde.....	99
Figura 5.15 Gráfico de puntos y de caja del rendimiento de agua para los subgrupos de la mañana y la tarde.....	101
Figura 5.16 Prueba estadística “F” para establecer diferencias en el rendimiento de agua, entre los subgrupos de la mañana y la tarde.....	102
Figura 5.17 Resumen de la prueba estadística “t-Student”.....	104
Figura 5.18 Diagrama de Pareto. Equipos que inciden en las pérdidas de agua.....	108
Figura 5.19 Diagrama de Pareto. Equipos que generan las mayores pérdida de agua en la planta AJEVEN C.A.....	113
Figura 5.20 Estadística descriptiva de la dureza total del agua en suavizadores y enjuagadores de botella.....	116
Figura 5.21 Estadística descriptiva de la alcalinidad total del agua en suavizadores y enjuagadores de botella.....	117
Figura 5.22 Estadística descriptiva del pH del agua en suavizadores y enjuagadores de botella.....	117
Figura 5.23 Estudio de capacidad de procesos (SixPack) para la dureza del agua en los suavizadores y enjuagadores de botellas.....	118
Figura 5.24 Estudio de capacidad de procesos (SixPack) para la alcalinidad total del agua en los suavizadores y enjuagadores de botellas.....	120
Figura 5.25 Estudio de capacidad de procesos (Normal) para el pH del agua en los suavizadores y enjuagadores de botellas.....	121
Figura 5.26 Gráfico de cajas de la dureza en los suavizadores y enjuagadores de botella.....	122

	Pág.
Figura 5.27 Gráfico de efectos por cada equipo y periodo de evaluación en la dureza del agua suavizada.....	123
Figura 5.28 Gráfico de control de los parámetros microbiológicos del agua de los suavizadores y enjuagadores de botellas.....	126
Figura 5.29 Gráficos de efectos de cada enjuagador de botellas en los parámetros microbiológicos.....	128
Figura 5.30 Propuesta de rediseño de las bandejas canalizadoras del enjuagador de botellas de la línea de producción N° 1. AJEVEN C.A.....	137
Figura 5.31 Propuesta de rediseño de las bandejas canalizadoras del enjuagador de botellas de la línea de producción N° 2. AJEVEN C.A.....	138
Figura 5.32 Propuesta de rediseño de las bandejas canalizadoras del enjuagador de botellas de la línea de producción N° 3. AJEVEN C.A.....	138
Figura 5.33 Propuesta de rediseño de las bandejas canalizadoras del enjuagador de botellas de la línea de producción N° 4 AJEVEN C.A.	139
Figura 5.34 Propuesta de rediseño de las bandejas canalizadoras del enjuagador de botellas de la línea de producción N° 8 AJEVEN C.A.	139
Figura 5.35 Gráfico esquemático de la ubicación del tanque subterráneo correspondiente a la propuesta del sistema de recuperación AJEVEN C.A...	140
Figura 5.36 Gráfico esquemático de la ubicación de la tubería del sistema de recuperación.....	142
Figura 5.37 Cabezal requerido por el sistema de recuperación propuesto.....	144
Figura 5.38 Enjuagador de botellas de la línea de producción N° 1, 3 y 4, del área de llenado de la planta AJEVEN C.A.....	146
Figura 5.39 Propuesta de aislamiento del enjuagador de botellas de las líneas de producción N° 1, 3 y 4. AJEVEN C.A.....	146
Figura 5.40 Propuesta de aislamiento del enjuagador de botellas de la línea de producción N° 2. AJEVEN C.A.....	147
Figura 5.41 Propuesta de aislamiento del enjuagador de botellas de la línea de producción N° 8. AJEVEN C.A.....	148
Figura 5.42 Comportamiento de la tasa interna de retorno de las propuestas de los sistemas de recuperación de los enjuagadores de botellas.....	155

INTRODUCCIÓN

La empresa AJEVEN C.A. perteneciente al grupo AJEGROUP, expandido por Latinoamérica en Venezuela, Perú (AJEPER), Ecuador (AJECUADOR), Costa Rica (AJECEN) y México (AJEMEX), en más de once plantas procesadoras de bebidas y agua envasada, con las marcas Big Cola, First, KR, Sporade y Agua Cielo, compete en el amplio y diversificado mercado de bebidas con sus variados productos y amplia gama de presentaciones. La organización reconoce la importancia de elaborar productos de calidad a bajo costo, orientada a la mejora continua de sus procesos y gestión de calidad acorde a las exigencias del cliente; por consiguiente al ser detectada cualquier oportunidad de mejora relacionada con la satisfacción del cliente, invierte en el desarrollo de trabajos de investigación como el presente, en beneficio de la relación empresa-universidad y la mejora del proceso productivo.

La investigación planteó como objetivo general, ***proponer alternativas para el aprovechamiento del agua en AJEVEN C.A.***, desarrollando seis objetivos específicos, los cuales comprendieron: en primer lugar, el diagnóstico de la situación actual del proceso empleando información secundaria obtenida de los registros de planta, observación directa y consulta con el personal operativo; seguidamente, el segundo objetivo comprendió la fase de medición y aplicación de balances de masa para obtener el porcentaje de rendimiento en la planta y de esta manera conocer la cantidad de agua no aprovechada en la misma. En el tercer objetivo, se planteó la cuantificación de pérdidas de agua en puntos críticos no controlados y la identificación del tipo de pérdidas (inherentes, crónicas o esporádicas), además de conocer el impacto que tiene cada una sobre el proceso, dando paso de esta manera al objetivo cuatro donde se planteó la caracterización fisicoquímica y microbiológica de las posibles aguas a recuperar, es decir, la de mayor impacto. El quinto objetivo, permitió proponer las alternativas de solución al problema presentado de pérdidas de agua, estableciendo en el objetivo seis la evaluación de cada una de las propuestas que requieren de inversión por parte de la organización, llevando a cabo el análisis costo – beneficio de la implementación de la propuesta.

El trabajo de grado esta dividido en cinco capítulos, en los cuales para el primer capítulo se detalla el planteamiento del problema, comprendiendo desde el origen de la investigación hasta la situación deseada con la ejecución de la misma. El segundo capítulo presenta el soporte teórico y referencial de la investigación, seguido del capítulo III, el cual describe el proceso productivo de la empresa AJEVEN C.A. El capítulo IV establece la estrategia metodológica de la investigación, y por último el capítulo V comprende el análisis de las evaluaciones realizadas. Por último, se presentan las conclusiones y recomendaciones de la investigación.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

A continuación se presenta la problemática que da origen al trabajo especial de grado, formulando la situación actual y la situación deseada que se requiere obtener con la investigación, argumentando los beneficios consecuentes de la misma y las limitantes que surgen durante su ejecución.

1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

La industria de bebidas gaseosas en Venezuela ha crecido y diversificado desde la década pasada hasta nuestros días; actualmente existen en el mercado una gran variedad de productos con una amplia gama de presentaciones, marcas y sabores, de gran demanda y dirigidas a todos los sectores de la población.

La empresa AJEVEN C.A. perteneciente al grupo AJEGROUP, es una de las once plantas procesadoras de bebidas gaseosas ubicada en Venezuela, en la ciudad de Valencia, Urbanización Industrial El Recreo del Estado Carabobo; el resto se encuentran en otros países: México, Ecuador, Costa Rica, Tailandia y Colombia, contando cada país con una planta procesadora de bebidas, y siete plantas distribuidas en el territorio de Perú, país de origen de la organización y de la marca conocida como Kola Real (KR), la cual incursiona en el mercado venezolano con sus productos Kola Real, First y Big Cola en el sector de bebidas gaseosas, la marca Agua Cielo en el mercado de agua natural y la marca Sporade en el mercado de bebidas para deportistas.

El proceso de bebidas gaseosas se inicia con la extracción del agua subterránea la cual es llevada a dos tanques en serie para su posterior tratamiento. El tratamiento aplicado depende del destino del líquido (llenado o equipos auxiliares). El agua de llenado se distribuye en dos unidades de tratamiento primario (reactores), donde se ajusta la alcalinidad y son removidos los sólidos suspendidos y disueltos con la ayuda de reactivos específicos. A la salida de cada reactor, el agua pasa por una batería de filtros, donde se retiene el exceso de reactivos empleados en el tratamiento primario y se ajusta a las especificaciones de la bebida. Luego es destinada a la elaboración del

jarabe terminado, el cual es elaborado a partir de jarabe simple (agua-azúcar), posteriormente se agregan aditivos químicos y saborizantes artificiales dentro de las especificaciones exigidas para la producción de cada bebida. Seguidamente ingresa al área de llenado desde los tanques de alimentación; esta área cuenta con 8 líneas de producción para diferentes formatos y sabores, de acuerdo a la programación establecida.

Por otro lado, el agua destinada a los equipos auxiliares se divide en dos sistemas (abierto y cerrado). Los equipos que engloban el sistema abierto son las torres de enfriamiento, túnel isotónico, limpiezas externas y calderas; los equipos de enfriamiento y el sistema de envasado se ubican en el sistema cerrado (Figura 1.1)

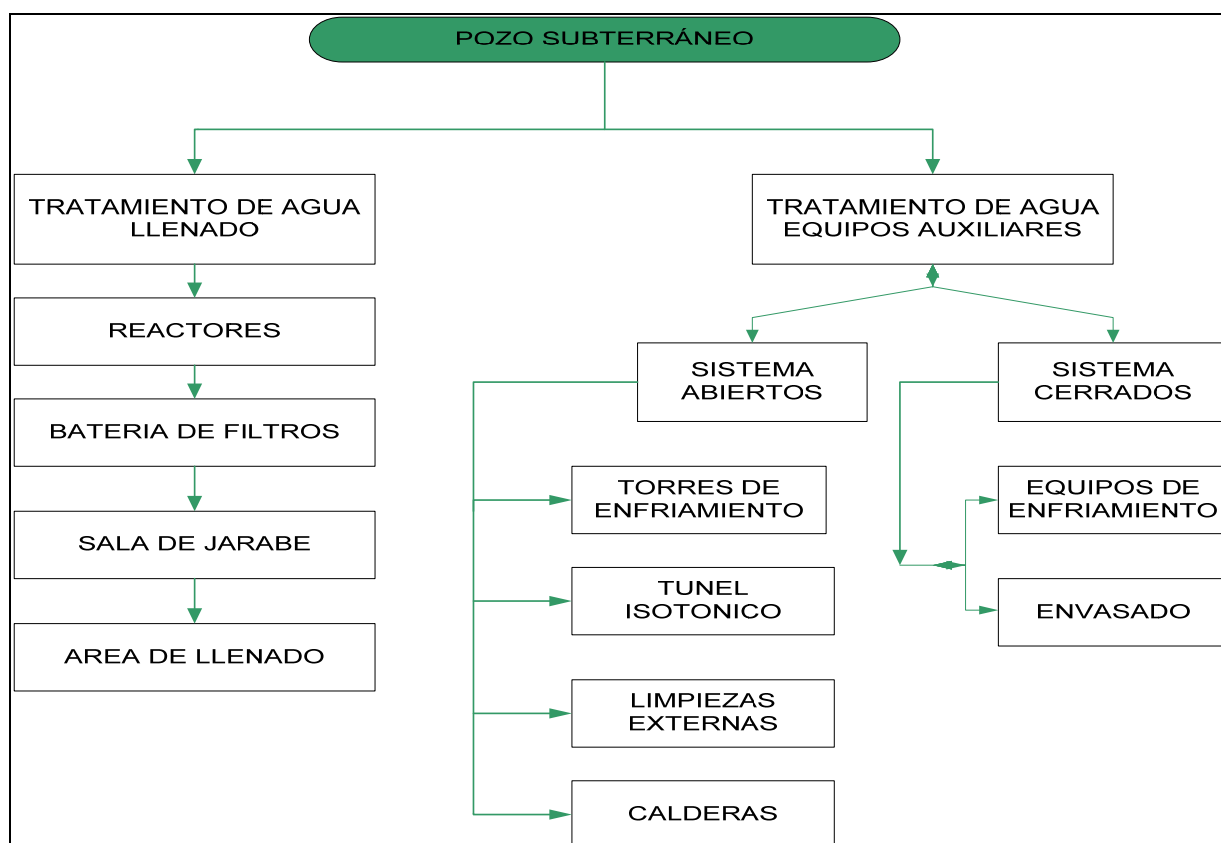


Figura 1.1. Diagrama de flujo de distribución del agua en planta AJEVEN C.A.

La disponibilidad actual de agua en planta AJEVEN C.A. es de (105-110) m³/h, de los cuales 81,0 m³/h son destinados a las líneas de producción y un 29,0 m³/h a los equipos auxiliares. Existen consumos que no están cuantificados, como por ejemplo, el

agua destinada a limpiezas externas, fugas crónicas por válvulas y tuberías en mal estado, retrolavados de los filtros de planta de agua que se lleva acabo a diario, entre otros, que sumados a los consumos descritos anteriormente, representaría un excedente de agua que el pozo no esta dispuesto a suministrar. Para el mes de abril las pérdidas alcanzaban hasta los 50 m³/h. Debido a esto la planta corre el riesgo de desabastecerse del líquido, por lo que es imprescindible que el consumo de agua en planta AJEVEN C.A. sea evaluado, analizado, mejorado y controlado, con un seguimiento continuo, orientado a la disminución o eliminación de las pérdidas de agua.

1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

En la actualidad AJEVEN C.A., invierte grandes cantidades de agua en lo que se refiere a consumo interno dentro de la planta, lo cual puede representar una problemática en un futuro.

Tomando en cuenta esta situación se origina el presente trabajo de investigación con el fin de disminuir pérdidas de agua y así lograr un menor consumo de agua.

1.2.1 Situación Actual

Los desperdicios de agua para el mes de abril del año actual alcanzaban hasta 50 m³/h, siendo constituidos básicamente por la falta de control de los sistemas rutinarios de limpieza externa en el área de llenado (observando mangueras deliberadamente abiertas) lográndose llevar hasta aproximadamente 12 m³/h. Además, se tienen desperdicios de agua en los enjuagadores de botellas debido a que los mismos quedan 100% abiertos, tengan o no tengan botellas, haya o no haya producción; adicionalmente la incorrecta o no canalización del agua utilizada en estos equipos. Si la utilización del agua no se controla en un futuro la producción de bebidas gaseosas se vería afectada por la falta de agua, lo que ocasionaría una disminución de la cantidad de botellas producidas dentro de la planta.

1.2.2 Situación deseada

AJEVEN C.A. requiere disponer de un control rígido de la cantidad de agua utilizada en toda la planta con el propósito de minimizar su consumo y utilizar solo el agua realmente necesaria.

A partir de evaluaciones de consumo de agua en el área de proceso y equipos auxiliares se podrán detectar puntos críticos que deben ser controlados y poder así cuantificar los consumos de agua donde se podrá saber la cantidad perdida, a objeto de proponer alternativas de solución para un mejor aprovechamiento del agua.

En cuanto al alcance, se determinará la mejor alternativa mediante una relación costo – beneficio donde se logre disminuir el consumo de agua para que la empresa logre una mejor gestión ambiental disminuyendo la cantidad de agua que es enviada al ambiente.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 OBJETIVO GENERAL

Evaluar el consumo de agua en planta AJEVEN C.A. con la finalidad de cuantificar las pérdidas y proponer mejoras para un adecuado aprovechamiento.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Diagnosticar el consumo de agua en planta AJEVEN C.A. utilizando un AMEF de proceso, con el fin de reconocer la situación actual.
2. Determinar el rendimiento de agua en planta AJEVEN C.A. a partir de balances de masa con el propósito de conocer el porcentaje de agua no aprovechada.
3. Cuantificar las pérdidas de agua en puntos críticos no controlados a través de métodos experimentales con la finalidad de clasificarlas.
4. Caracterizar los efluentes por medios fisicoquímicos y microbiológicos para identificar aquellos que puedan ser recuperados.
5. Establecer alternativas de solución de sistemas de recuperación con el objeto de eliminar o disminuir las pérdidas de agua.
6. Seleccionar la alternativa factible por medio de un análisis costo-beneficio con el fin de garantizar la gestión ambiental de la planta AJEVEN C.A.

1.4. JUSTIFICACIÓN

Esta investigación tiene gran relevancia a nivel económico y ambiental ya que se estarían disminuyendo los costos de producción para la empresa, además de poder contar con una mejor gestión ambiental en pro de la empresa y la sociedad.

En cuanto a la conveniencia, este proyecto aportará una solución a la reutilización y aprovechamiento del agua utilizada en un proceso de elaboración de bebidas gaseosas, ayudando así a disminuir los costos por consumo de materia prima mal utilizada. Es importante tomar en cuenta que durante la elaboración del presente trabajo de investigación se realizarán evaluaciones experimentales que permitirán reforzar conocimientos y habilidades adquiridas a lo largo de la carrera universitaria, específicamente en el área de fenómenos de transporte, conservación ambiental y producción de alimentos, además de ofrecer una experiencia en el ámbito laboral e industrial que será incorporada como nuevo material de referencia a la Universidad de Carabobo.

Entre las implicaciones prácticas está el hecho de dar una solución ligera pero de gran significado porque va orientada a disminuir el consumo de agua, así como su reutilización para un mejor aprovechamiento dentro de la planta.

De igual forma, esta investigación presenta un aporte metodológico ya que se establecerán maneras de reutilizar el agua, reforzando métodos conocidos y ofreciendo ampliar procesos de recuperación de agua.

Desde el punto de vista teórico es de gran relevancia para la Universidad de Carabobo, ya que permitirá ampliar conocimientos acerca de disminuir las pérdidas de agua en un proceso, así como la reutilización y aprovechamiento de las materias primas, en este caso, el agua; pudiendo resultar interesante esta área para futuras investigaciones a realizarse dentro o fuera de la mencionada casa de estudio.

1.5. LIMITACIONES

En la presente investigación se pudieran presentar múltiples inconvenientes que dificultarían el buen desarrollo de este trabajo en el tiempo establecido, el mismo pudiera ser mayor por la cantidad de observaciones debido a la cantidad de puntos

críticos encontrados dentro de la planta. Además de que la información debe ser controlada debido al material confidencial de la empresa, teniendo también que confiar en algunos registros históricos de la planta, los cuales han sido recopilados por ingenieros y operarios del proceso.

CAPÍTULO II

MARCO REFERENCIAL

2.1 ANTECEDENTES

A continuación se presentan algunos estudios publicados que sirven de apoyo para el desarrollo del siguiente trabajo por estar orientados hacia la recuperación del agua reduciendo así las pérdidas dentro de un proceso.

2.1.1 Y. Martínez Ochoa, A. Benítez Hernández, F.J. Domínguez Alonso y J.Z. Junco Horta. (2005). “Caracterización estadística del afluente y efluente de EDARs” (Cuba). Ingeniería Química, N° 420.

Este artículo trató de la preocupación mundial por el aumento de los niveles de contaminación de los sistemas acuáticos continentales, debido a los vertidos residuales urbanos, agrícolas e industriales y a los insuficientes medios de depuración de los mismos. El objetivo de este artículo fue presentar una metodología para la caracterización estadística del afluente y efluente de estaciones depuradoras de aguas residuales ubicadas en polos turísticos, que permitieran contar con valores promedios de las características de ambas corrientes para su uso posterior. La metodología que utilizaron se nutrió de informaciones disponibles de muestreos realizados a la planta de tratamiento donde realizaron la prueba de Kolmogorov-Smirnov con el objetivo de determinar si los datos experimentales se distribuyen normalmente para luego caracterizar estadísticamente a todas las variables involucradas y luego evaluar el cumplimiento de los niveles establecidos para dichas variables en los vertimientos. Se obtuvieron los valores en el efluente de variables como pH, DQO, DBO, P, N-NH₃, N-org, N-tot y sólidos suspendidos totales, donde sólo se obtuvo el fósforo fuera de las normas de la empresa; como se pudieron obtener valores aproximados para realizar comparaciones efectivas, concluyeron que la caracterización estadística de efluentes es una buena metodología cuando se necesita de comprobación.

2.1.2 Morillo, Aura y Botero, Ligia. (2005). “Evaluación de la remoción de colifagos y bacterias indicadoras de contaminación en la Planta de Tratamiento Sur de aguas servidas de la ciudad de Maracaibo”. Ciencia. Vol 13, N° 2.

Este artículo se enfocó primordialmente en que las aguas residuales tienen gran valor para la irrigación de productos agrícolas y para la piscicultura, ya que los nutrientes que se encuentran en ellas pueden ser utilizados como fertilizantes capaces de promover el crecimiento de plantas y animales. Sin embargo, el uso del agua residual que ha sido tratada inadecuadamente, puede traer consigo serios problemas sanitarios, ya que al estar presentes en ella microorganismos patógenos, puede provocar efectos graves en la salud humana. En vista de la importancia que tiene la reutilización del agua y el peligro potencial que representa la presencia de microorganismos patógenos en ella, se realizó este artículo con el fin de detectar colifagos y bacterias indicadores de contaminación: coliformes totales (CT) y coliformes termotolerantes (CTT) en el agua residual de la Planta de Tratamiento Sur de Maracaibo. Los colifagos somáticos y macho-específicos de F+ fueron cuantificados mediante el método 1602 de la EPA y las bacterias indicadoras de contaminación, por métodos estándar. Al momento de la toma de muestra, se determinó el pH, la temperatura y la turbidez del agua. En base a los resultados obtenidos de las variables mencionadas, se puede concluir que la planta funcionó removiendo el 96% de los bacteriófagos somáticos y específicos de F+, 92,5% de los indicadores bacterianos y que la calidad microbiológica del efluente de estas lagunas era de acuerdo con la normativa vigente, adecuado para el uso en riego.

2.1.3 A. Serramiá. (2005). “Sistemas de información y de calidad de las aguas en España”. Ingeniería Química, N° 420.

El siguiente artículo planteó que el desarrollo sostenible era el reto en ese momento que debían de afrontar las diferentes administraciones públicas si deseaban legar un futuro donde tuviese cabida “una vida saludable y productiva en armonía con la naturaleza”, para ello se requerían estrategias innovadoras, nuevas tecnologías y una gestión integrada del medio hídrico. El objetivo fue optimizar la asignación de recursos hidráulicos, prevenir las crecidas e inundaciones, controlar la contaminación, reutilizar el agua y, en definitiva, preservar los recursos hídricos a través de sistemas de

información hidrológica y de la calidad de las aguas que respondían a la necesidad de racionalizar y agilizar los procesos de gestión y explotación. En este marco se englobaron dos grandes proyectos: por una parte se tiene el SAIH (Sistema Automático de Información Hidrológica) el cual es un potente instrumento de trabajo que permite a las Confederaciones Hidrográficas conocer en tiempo real la situación hidrometeorológica e hidrológico-hidráulica en puntos representativos de la correspondiente cuenca. Por otra parte, el SAICA (Sistema Automático de Información de Calidad de las Aguas) se ha diseñado para la gestión efectiva del seguimiento y control de las actividades potencialmente contaminadoras del agua, integrando las actuales redes de control en una única red de control de calidad del agua (Red ICA). Se concluyó que a través de los sistemas nombrados se logró un seguimiento y control del estado de las estaciones donde se empleen.

2.1.4 M.H. Dethesso. (2005). “Reutilización de aguas residuales” (España). Ingeniería Química Nº 425.

La preocupación por el destino de las aguas residuales fue el enfoque de este artículo, más cuando se reutilizan y no se les aplica el tratamiento adecuado, corriendo el riesgo de contaminaciones extremas en los lugares de llegada del agua reciclada. El objetivo principal de esta investigación fue analizar los métodos actuales de tratamiento de aguas residuales y comprobar si realmente eran efectivos. El estudio se desarrolló a través de cuadros comparativos entre aguas tratadas por diferentes métodos, llegando a la conclusión de que se debe desarrollar un marco regulador internacional de tratamientos de aguas, que incremente la confianza en la comunidad de usar aguas residuales recicladas, con el fin de ahorrar los recursos hídricos a nivel mundial. Una semejanza de este trabajo con la investigación anterior es que se busca reciclar el efluente para disminuir el consumo de agua extraído del pozo, con el fin de proteger la reserva hídrica disponible.

2.1.5 J.L Bouso. (2005). “Tratamiento de efluentes con sólidos en suspensión” (Ecuador). Ingeniería Química N° 423.

En los últimos tiempos existían distintos métodos de separación de los sólidos suspendidos en los efluentes, pero hasta entonces no uno efectivo, siempre fue necesario la aplicación de métodos auxiliares para completar el objetivo. El fin principal de este proyecto fue mostrar los distintos métodos innovadores de separación de sólidos en suspensión de efluentes. Se demostró que se puede contribuir con la recuperación ambiental, si aplicamos métodos de tratamiento apropiados a efluentes para reutilizarlos antes de desecharlos al hábitat común. Se trató diferentes tipos de efluentes de diferentes industrias, se caracterizó luego el reciclaje obtenido y se desarrolló la innovación obteniendo porcentajes de pureza de hasta un 98,5%. Este tipo de proyectos incentiva a la población en general a cuidar el ambiente y a no perder de vista el daño que se causa al desechar el efluente al medio ambiente, de allí su importancia.

2.1.6 L.L Lichhgo. (2007). “Resumen de recuperación de agua y de agentes de limpieza industrial”. Ambientalmente Sustentable.

La Corporación Alimentaria Peñasanta (CAPSA), con sede en Granda (Siero, Asturias). Una de las productoras de leche a gran escala en dicho país, presentó una caída en la producción del producto debido a la escasez de agua que sufrió la planta, ocasionando esta escasez el exceso de agua empleadas en las limpiezas externas e internas de la planta de producción. El objetivo principal de este proyecto fue recuperar toda el agua usada para el saneamiento de la Corporación Alimentaria Peñasanta. Se cuantificó la cantidad de agua empleada en cada saneamiento a través de métodos experimentales, con el fin de reconocer el gasto económico que estaba generando a la corporación y compararlo con la disponibilidad del agua en la planta. Seguido a esto, se caracterizó el efluente y se procedió a implementar sistemas de recuperación y tratamiento para reciclar el agua y aminorar los costos. El resultado obtenido fue una disminución del gasto económico del 85% y el aumento inmediato de la producción.

2.2 MARCO TEÓRICO

A continuación se presentan las bases teóricas más importantes utilizadas de apoyo para la presente investigación.

2.2.1 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS

- **Afluente:** Aguas naturales, industriales o residuales tratadas o no que ingresan a un cuerpo de agua estanque o planta de tratamiento. COVENIN (2634, 2002).
- **Caracterización:** Es el proceso de muestreo, medición, registro y señalización continua de las propiedades del agua o material contenido en él. Incluye la determinación del flujo volumétrico. COVENIN (2634, 2002).
- **Coliformes:** El grupo coliforme está formado por todas las bacterias aerobias o anaerobias facultativas, gram-negativos, no formadoras de esporas y con forma de bastón que fermentan la lactosa, produciendo gas y ácido en 48 horas de incubación a 35 °C. COVENIN (2634, 2002).
- **Efluente:** Son aguas naturales, residuales, industriales tratadas o no que salen de un cuerpo de agua estanque o planta de tratamiento o de alguna sección de ella. COVENIN (2634, 2002).
- **Número más probable (NMP):** Prueba de laboratorio que determina la cantidad de organismos por unidad de volumen que de acuerdo con la teoría estadística, produce el resultado analítico observado con mayor probabilidad de cualquier otra cantidad, o bien que produce el resultado analítico observado con la mayor frecuencia. Se expresa como densidad de organismos por 100 mL. Los resultados se calculan a partir del número de hallazgos positivos de organismos del grupo coliforme producidos por siembra, realizados con diluciones decimales múltiples. Generalmente se utiliza para las bacterias coliformes. COVENIN (2634, 2002).
- **Suavizadores:** Son equipos utilizados para remover las sales de calcio y magnesio presentes en el agua, causantes de problemas como incrustaciones en tuberías. Manual de planta de agua (AJEVEN, 2007).
- **UFC:** Unidad Formadora de Colonias. Manual de laboratorio (AJEVEN, 2007).
- **Paletas:** Empaque formado por un conjunto de cajas de producto terminado. Manual de producción (AJEVEN, 2007).

2.2.2 ASPECTOS IMPORTANTES DEL MUESTREO

Para la caracterización de una muestra de agua se deben tomar en cuenta una serie de aspectos, entre los cuales se encuentran los siguientes:

2.2.2.1 Operaciones de muestreo

Según Cárdenas (2002), indiferentemente del propósito cuando se investiga sobre calidad de un cuerpo de agua, la variable principal a definir es la muestra, es decir, establecer una muestra representativa del cuerpo de agua donde se va a realizar la investigación. Generalmente, la finalidad de las operaciones de muestreo es extraer del cuerpo de aguas investigado, una cantidad de muestra representativa, suficiente como para realizar todas las pruebas que se requieren; no debe ser muy grande como para que impida su fácil transporte hasta el laboratorio y en un intervalo de tiempo tan corto, como para que su composición no cambie apreciablemente antes de realizar las pruebas.

2.2.2.2 Tipos de muestras

“Para la caracterización de cuerpos de agua, corrientes de proceso o aguas residuales se utilizan tres tipos de muestras: instantáneas, compuestas e integradas” (COVENIN 2709, 2002). Las muestras instantáneas reflejan las características del cuerpo de agua, corrientes de proceso o aguas residuales en el momento de su captación; las muestras compuestas representan las características promedio del cuerpo de agua, corriente o agua residual durante el período de captación y la muestra integrada, consiste en la mezcla de muestras instantáneas, captadas en diferentes sitios simultáneamente. Se utiliza especialmente en los ríos, lagos y aguas costeras, donde ocurren variaciones en la composición dependiendo de la profundidad y el ancho de la corriente.

2.2.3 CARACTERIZACIÓN DEL AGUA

- **Alcalinidad:** Es la capacidad cuantitativa de un agua para reaccionar con un ácido fuerte hasta un determinado pH, (COVENIN 2634, 2002). La alcalinidad corresponde a la concentración de iones hidróxido en una muestra, que se obtiene como resultados de la disociación o hidrólisis de solutos neutralizados con un ácido patrón. Las sustancias

que le imparten alcalinidad al agua son básicamente: hidróxidos, carbonatos y bicarbonatos de sodio, calcio y magnesio, por lo cual se expresa en ppm como CaCO_3 , Manual de planta de agua (AJEVEN, 2006). Existen dos tipos de alcalinidad:

- **Alcalinidad parcial:** Está representada por la cantidad de hidróxidos (OH^-) y de carbonatos (CO_3^{-2}) presentes en el agua. Se denota comúnmente con la letra P.
- **Alcalinidad total:** Está representada por el contenido de bicarbonatos de sodio, calcio y magnesio presentes. Se denota con la letra M. En función de las variaciones de P y M, el contenido de sales en el agua cambia (Tabla 2.1).

Tabla 2.1. Contenido de sales en el agua de acuerdo a la relación entre la alcalinidad parcial y total

Relación entre P Y M	Sales Disueltas en el Agua
P = M	OH^-
2P = M	CO_3^{-2}
2P > M	OH^- , CO_3^{-2}
2P < M	CO_3^{-2} , HCO_3^-
P = 0	HCO_3^-

Fuente: Degremont, (1979)

La determinación de la alcalinidad es básica en los tratamientos de coagulación – floculación, debido a que permite las reacciones necesarias para la formación de los precipitados, por lo cual se debe verificar si es necesario aumentarla o disminuirla para que se lleve a cabo el proceso.

- **Dureza:** Es una característica química del agua que está determinada por el contenido de carbonatos, bicarbonatos, cloruros, sulfatos y ocasionalmente nitratos, de calcio y magnesio. Según Bolaños & Col (2004) se expresa como carbonato de calcio equivalente. La dureza es indeseable en algunos procesos, tales como el lavado doméstico e industrial, al producirse sales insolubles. Además le da un sabor desagradable al agua potable. La mayoría de los suministros de agua potable tienen un promedio de 250 mg/l de dureza. Niveles superiores a 500 mg/l son indeseables para uso doméstico. La dureza total es la característica del agua impartida principalmente

por sales de calcio y magnesio, donde ambas están expresadas como carbonatos de calcio, (COVENIN 2634, 2002).

- **pH (Potencial Hidrógeno):** Es el logaritmo negativo o el logaritmo recíproco de la actividad de ión hidrógeno en una solución acuosa o de otro solvente específico, (COVENIN 2634, 2002). En términos exactos, es una medida de la actividad del ión hidrógeno en una determinada muestra; en términos prácticos, es una medida de la concentración del ión hidrógeno en la muestra.

2.2.4 INTERCAMBIO IÓNICO

Los intercambiadores de iones son sustancias granulares insolubles que tienen en su estructura molecular radicales ácidos o básicos capaces de permutar, sin modificación aparente de su aspecto físico y sin alteración alguna o solubilización, los iones positivos o negativos fijados previamente a estos radicales por otros iones del mismo signo que se encuentran en solución en el líquido en contacto con ellos.

2.2.4.1 Características de un intercambiador de iones

- Debe contener uno o varios radicales ácidos o bases en su estructura química.
- Debe ser insoluble.
- Debe presentarse en granos homogéneos, cuyas dimensiones permitan una pérdida de carga aceptable en la filtración.
- La variación de los iones retenidos por el intercambiador no debe producir la degradación de su estructura física.

2.2.4.2 Principios de la aplicación del intercambio iónico al tratamiento del agua

- **Ciclos de operación de la resina:** La mayor parte de las unidades de intercambio iónico son simples recipientes que contienen un lecho de resina de intercambio que opera en la mayoría de los casos, por flujo descendente sobre una base cíclica, de la siguiente forma:

1. Servicio: Se opera la unidad hasta un nivel de fuga predeterminado, donde se considera que está agotada.

2. Retrolavado: Se lava el lecho de resina con suficiente agua a contracorriente.

3. Regeneración: Se regenera la unidad al hacer pasar un reactivo químico de forma descendente.

4. Enjuague: Después de la regeneración, se lava la resina con un flujo de agua en forma descendente.

- **Capacidad de operación:** el lecho intercambiador de iones opera con una capacidad considerablemente inferior a la teórica, con el propósito de disminuir la cantidad requerida de regeneradores químicos para restablecer la resina completamente a la forma iónica.

- **Capacidad de filtración:** la mayor parte de los materiales de intercambio iónico empleados en el tratamiento del agua tienen dimensiones efectivas alrededor de 0.5 mm, con lo cual el lecho de resina opera como un filtro muy efectivo, característica que tiene tanto ventajas como desventajas. La capacidad de filtrado pueden producir atascamiento y corridas de operación impredecibles, muchas veces ocasionado por el taponamiento del lecho de resina. Este taponamiento puede ser físico, químico o biológico. El taponamiento físico consiste en la acumulación en el lecho de resina de los sólidos suspendidos presentes en el agua cruda; el taponamiento químico está representado por la presencia de sustancias químicas en el agua que reaccionan con los iones presentes en la resina hasta agotar su capacidad de intercambio; por su parte, el biológico consiste en la acumulación en el lecho de la resina de grandes poblaciones de microbios. El taponamiento biológico se puede evitar realizando una desinfección con cloro al agua cruda, posteriormente se debe realizar una filtración sobre carbón activado para eliminar el cloro residual, el cual produce taponamiento químico en la resina. El taponamiento físico, por su parte, se evita con una filtración sobre arena. Por lo tanto, es recomendable la desinfección del agua y, seguidamente, colocar una etapa de filtración constituida por un filtro de arena, un filtro de carbón activado y un filtro pulidor, antes del equipo de intercambio iónico.

Manual de planta de agua (AJEVEN, 2006)

2.2.5 MICROBIOLOGÍA DEL AGUA

Microbiología: Ciencia que estudia los microorganismos, incluyendo bajo tal denominación bacterias, hongos, algas, protozoarios y virus.

Microorganismos: Son los seres visibles solamente bajo el microscopio o el ultra microscopio. Los microorganismos que habitan los sistemas de agua de enfriamiento, comercial o industrial, pueden afectar negativamente la eficiencia de las operaciones por su excesivo crecimiento o por los productos de sus metabolismos.

Las aguas son un elemento importante en la mayoría de los procesos siendo en muchos casos la materia prima fundamental. De ahí la importancia de conocer el contenido microbiológico de la misma y monitorearla con cierta frecuencia.

www.coli.usal.es/web/educativo/micro2/tema31.html

Los microorganismos patógenos más frecuentes transmitidos por el agua producen infecciones del aparato digestivo como: fiebre tifoidea, paratifoidea, disentería (bacilar y amebiana) y cólera, de allí la importancia de estudiar dichos grupos de microorganismos:

2.2.5.1 Características de las bacterias

- Son microorganismos unicelulares, de forma diferente y hábitat variable.
- Algunas son capaces de formarse una envoltura o cápsula.
- Todas se multiplican por división.
- Algunas bacterias son capaces de formar endosporos más resistentes a las formas adversas de vida.
- El oxígeno es indispensable para las bacterias aeróbicas y resulta nocivo para las anaeróbicas que lo toman de compuestos oxigenados.
- Las bacterias son capaces de generar mutantes.
- Las bacterias dan origen a la enfermedad llamada esquitomiasis, se caracteriza por abscesos y hemorragias.

- Características de las levaduras

- Son microorganismos unicelulares ampliamente distribuido en la naturaleza (frutos, hojas, suelos, etc.) y finalmente transportable por el aire.
- Crecen profundamente en medios líquidos que contienen azúcares y suelen agruparse en cadenas que se rompen al agitar el medio.
- Sus células pueden ser esféricas, ovoides, elipsoides o alargadas.

- Se reproducen por brotación, por fisión o por esporas.
- La "zimasa" de las levaduras es un complejo enzimático de origen intracelular, capaz de actuar fuera de la célula viva
- Las levaduras son raramente patógenas y ampliamente empleadas por el hombre en fermentaciones.

2.2.5.3 Características de los Mohos

- El termino moho se suele aplicar para designar a ciertos hongos filamentosos multicelulares.
- Crecen en la superficie de los alimentos.
- Tienen un típico aspecto aterciopelado algodonoso, a veces pigmentado.
- Intervienen en la alteración de muchos tipos de alimentos.
- Son útiles en la elaboración de ciertos alimentos
- La parte principal de su crecimiento suele tener un aspecto blanco, aunque puede tener colores distintos, color oscuro o color humo.

2.2.6 HERRAMIENTAS ESTADÍSTICAS

Las herramientas estadísticas que se aplican en la mejora continua y control de la calidad de mayor uso, se presentan a continuación:

2.2.6.1 Tormenta de ideas (BRAINSTORMING)

Es una técnica grupal que sirve para generar ideas originales en un ambiente relajado. Es un proceso interactivo no estructurado de búsqueda de ideas que genera mas y mejores ideas que las que los individuos pueden generar de forma independiente (Sociedad latinoamericana para la calidad, 2000).

Se utiliza para:

- a) Liberar la creatividad de los equipos.
- b) Generar un número extenso de ideas.
- c) Involucrar a todos en el proceso.
- d) Identificar oportunidades de mejora.

Las ideas deben ser listadas y ninguna por simple que parezca debe ser excluida, deben ser criticadas, editadas y clasificadas a consenso del grupo con el objetivo de obtener soluciones creativas basadas en las contribuciones hechas por todos los

miembros del grupo. Por lo general esta técnica es afín a la realización de los diagramas causa-efecto y el diagrama de Pareto.

2.2.6.2 Diagrama causa-efecto (Ishikawa)

El diagrama causa efecto corresponde a una representación gráfica de varios elementos (causas) que pueden contribuir a un efecto. Es una herramienta efectiva para estudiar procesos y situaciones, y llevar a cabo la planeación para la recolección de la información necesaria en el proceso. Es una herramienta cualitativa que permite identificar las posibles causas de un problema específico. Para ello es necesario:

- Identificar las causas principales del problema.
- Generar ideas y opiniones acerca de las causas del problema.

Las causas de un problema se organizan en seis categorías:

1. Materiales
2. Maquinaria
3. Métodos
4. Mano de obra
5. Medición
6. Medio ambiente

El diagrama permite exhibir gran cantidad de información referidas a las causas de un problema en un espacio compacto (Figura 2.1).

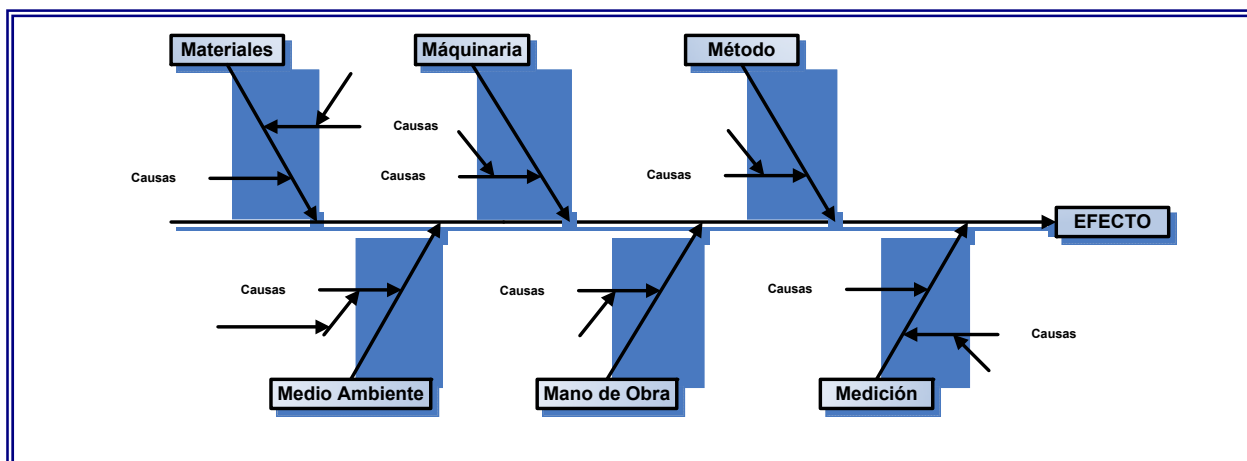


Figura 2.1 Diagrama causa-efecto (DIAGRAMA ISHIKAWA).

Fuente: Sociedad Latinoamericana para la Calidad, 2000

2.2.6.3 Diagrama de Pareto

Es una herramienta utilizada para separar gráficamente los aspectos significativos de un problema, de manera que el equipo dirija y oriente correctamente los esfuerzos para mejorar un proceso en específico. Al reducir las causas más significativas se obtendrá una mejora general; dos a tres aspectos pueden equivaler sólo al ochenta por ciento del problema y corresponden, por lo general, al veinte por ciento de las causas que lo ocasionaron. Se emplea en la identificación de oportunidades de mejora, a partir de la agrupación de diferentes datos que permiten determinar las causas principales y establecer las prioridades a las soluciones. Es un tipo de histograma especial, en el cual se ordenan de mayor a menor la frecuencia de ciertos eventos (Figura 2.2).

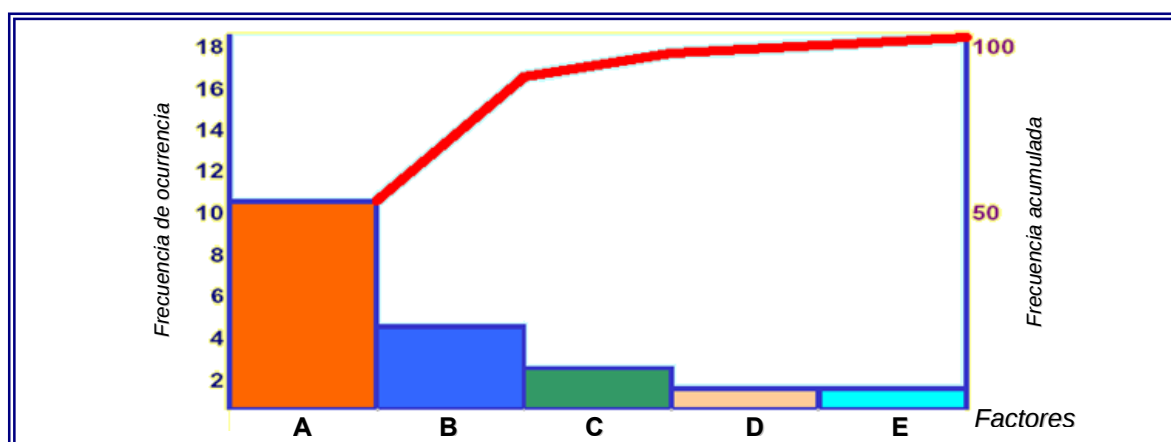


Figura 2.2 Diagrama de Pareto.

Fuente: Sociedad Latinoamericana para la Calidad, 2000

2.2.6.4 5 Cómo + 5 Por qué?

Es una herramienta primaria de la metodología Seis Sigma, que permite centrar en forma clara las razones de un problema, con la finalidad de identificar los posibles orígenes y formular las primeras aseveraciones. La herramienta consiste en responder junto a un grupo multidisciplinario preguntas básicas tales como:

- ¿Por qué es un problema?
- ¿Dónde ocurre el problema?
- ¿A quien afecta?
- ¿Cuál es la naturaleza del problema?
- ¿Cuándo ocurre el problema?

- f. ¿Cómo sabemos que es un problema?
- g. ¿Cómo se comporta el problema?

Una vez respondidas las preguntas se procede a reformular el problema de forma puntual y clara. (Propia)

2.2.6.5 Análisis de Modo Efecto y Falla (AMEF)

Con esta herramienta se logra:

- Identificar las formas en que puede fallar el producto, el proceso o el servicio al proporcionar la función planeada.
- Identificar las causas posibles y eliminar las de menos impacto.
- Ubicar los impactos de falla y reducir los efectos.
- Jerarquiza los problemas en los que se debe trabajar primero.
- Identifica las fallas en los planes de control.
- Conduce a hacer más preguntas acerca del proceso.

Tipos de AMEF

Existe una variedad de AMEF, tales como de Producto, de proceso, de aplicación, de servicio, entre otros, sin embargo el de mayor utilidad en el área de las ingenierías es el AMEF de proceso, el cual se enfoca en el Modo y efecto de las posibles Fallas Potenciales asociadas al proceso.

Las ventajas que presenta esta herramienta son las siguientes:

- Es la herramienta clave con la que cuenta un equipo de trabajo, para mejorar el proceso de una manera adquisitiva (antes de que ocurra la falla).
- Empleado para dar prioridad a los recursos que requieren una mayor atención.
- Usado para documentar los cálculos de riesgo de la terminación de los proyectos y de las mejoras resultantes.
- Por ser un documento dinámico, continuamente se esta revisando, corrigiendo y actualizando.
- Apoyar en el análisis de procesos nuevos.
- Identificar las deficiencias en el Plan de Control del Proceso para que puedan

tomarse acciones de mejora.

- Establecer la prioridad de las acciones a ejecutar.
- Ayudar a evaluar el riesgo del cambio de proceso.
- Dirigir el desarrollo de procesos nuevos ayudando a que los equipos comprendan las debilidades de los procesos actuales.

El objetivo principal del análisis del modo y efecto de la falla se centra en las siguientes definiciones:

- Modo de la Falla: la forma en que falla una entrada de proceso específico. Si no fue detectada, ni corregida o removida, ocasionará algún efecto desfavorable sobre el proceso.
- Efecto: impacto sobre los requerimientos del cliente. Generalmente se enfoca al cliente externo, pero puede incluir también el efecto local
- Causa: Fuentes de variación que ocasionan el Modo de la Falla.
- Controles
 - Métodos/dispositivos sistematizados colocados para prevenir o detectar los modos de las fallas o las causas (antes de ocasionar los efectos).
 - La prevención que consiste en hacer a prueba de errores, con control automatizado y verificaciones de lo proyectado
 - Controles que consisten en auditorías, listas de revisión, inspección, pruebas de laboratorio, capacitación, POE (Procedimiento de Operación Estándar), mantenimiento preventivo, etc. Manual del sistema de gestión de la calidad (AJEVEN, 2008).

2.2.6.6 MAPA DE ALTO NIVEL (SIPOC)

- Ayuda a un equipo a considerar todos los elementos de un “sistema”
- Fija límites precisos
- Contribuye a lograr la común identificación de: proveedores, insumos, proceso, resultados y clientes.

SIPOC										
Nombre del Proyecto:				No. Proyecto:						
Dueño del Proceso:				Analista:						
Nombre del Proceso:										
Proveedores			Descripción del Proceso				Cliente			
A Identificar quién proporciona los insumos para los pasos del proceso			C Nombres de los pasos del proceso				E Identificar quién utiliza o se beneficia de los resultados			
Insumos							Resultados			
B Datos, conocimientos, recursos, etc., necesarios para ejecutar los pasos del proceso							D Resultados clave de los pasos del proceso			
El proceso inicia con:					El proceso termina con:					
F El proceso comienza con ...					G El proceso termina con ...					
								Pag.		Revisión

Figura 2.3. Mapa de alto nivel.

Fuente: Manual del sistema de gestión de la calidad (AJEVEN, 2008)

2.2.6.7 DISTRIBUCIONES DE FRECUENCIAS

Las distribuciones de frecuencia ponen de manifiesto ciertas consideraciones sobre la característica a evaluar:

- El valor central aproximado: indica el punto de ajuste de la máquina.
- La dispersión de los valores: indica la variabilidad de la característica o de la operación de la máquina.
- La relación entre los valores observados y las tolerancias: sirve de guía importante en el caso de la toma de acciones correctivas.

El empleo de las distribuciones de frecuencias manifiesta la variación de las características de un producto. Dicha variación toma una forma definida; para ello se requiere del estudio de una muestra de tamaño adecuado, tomada del lote a que pertenecen. A nivel industrial, se tienen definidas medidas de tendencia central y medidas de dispersión, las cuales se definen a continuación:

Medidas de tendencia central:

a) Media: Es la medida de tendencia central de mayor utilidad. Se obtiene dividiendo los valores observados en una serie entre el número de lecturas.

$$\bar{X} = \frac{X_1 + X_2 + \dots + X_n}{n} = \frac{\sum X_i}{n} \quad 2.1 \text{ (Feingenbaum A., 1986)}$$

Donde:

$\bar{X}$: Valor medio de la serie.

$X_1, X_2, \dots, X_n, X_i$: Valor de cada lectura.

n : Número de lecturas practicadas.

b) Mediana: Corresponde a aquel valor que divide una serie en igual número de lecturas a cada lado de la misma, cuando las lecturas están arregladas en orden creciente de magnitudes.

Medidas de dispersión:

a) Desviación estándar: Normalmente se calcula para muestras obtenidas de lotes mayores, denominada desviación estándar de la muestra. Se obtiene extrayendo la raíz cuadrada, a la suma de los cuadrados de las diferencias de cada lectura de una serie a la media, dividiendo entre el número de lecturas menos una.

$$s = \sqrt{\frac{(X_1 - \bar{X})^2 + (X_2 - \bar{X})^2 + \dots + (X_n - \bar{X})^2}{n - 1}} = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{n - 1}} \quad 2.2 \text{ (Feingenbaum A., 1986)}$$

Donde:

s : Desviación estándar de la muestra.

b) Amplitud o rango: se define como la diferencia entre el mayor y menor de los valores obtenidos en una serie.

$$R = X_M - X_m \quad 2.3 \text{ (Feingenbaum A., 1986)}$$

Donde:

R : Amplitud

X_M : Lectura mayor

X_m : Lectura menor

2.2.6.7.1 FORMAS DE LAS DISTRIBUCIONES DE FRECUENCIA

Las medidas presentadas anteriormente se derivan de un tipo particular de distribución de frecuencias que se denomina curva normal. Es obtenida sólo cuando interviene causas al azar, tiene una forma particular acampanada y relaciona todas las lecturas en una distribución simétrica.

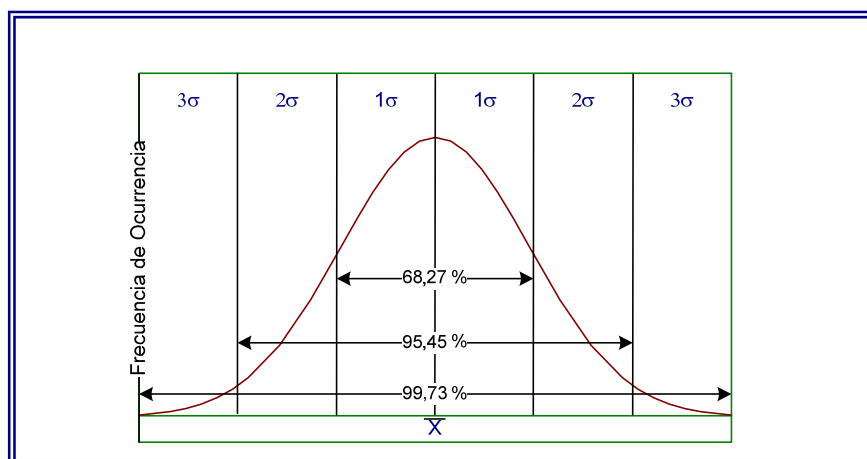


Figura 2.4 Curva normal.

Fuente: Feigenbaum A., 1986

Como se puede observar en la Figura 2.4, se obtiene una representación gráfica de la media y la desviación estándar, así como el porcentaje de lecturas de acuerdo a la distancia medida en desviaciones estándar (σ), y se establecen la zona donde todas las lecturas concurren comprendida entre más y menos tres desviaciones estándar a partir de la media ($\bar{X} \pm 3\sigma$).

A nivel industrial, muchas de las distribuciones de frecuencia no siguen el comportamiento normal. Una distribución puede presentarse truncada en uno de sus extremos y extendida en el otro y aun así conservar los límites de especificación. La forma de una distribución ya sea aplanada, truncada o asimétrica, no es una indicación infalible de que el proceso sea inferior al indicado por una forma que se aproxime a una curva normal (Feigenbaum A., 1986).

2.2.6.7.2 ANÁLISIS DE LOS PATRONES EN CARTAS DE CONTROL

Un gráfico de control indica una condición fuera de control cuando uno o mas puntos caen fuera de los límites o cuando exhiben un patrón no aleatorio de comportamiento.

Todo patrón sistemático o no aleatorio debe ser identificado y debe determinarse la razón de su comportamiento. La interpretación correcta de un patrón en relación a las causas asignables requiere del conocimiento de los principios estadísticos y comprensión del proceso (Montgomery D., 1996). El Western Electric Handbook (1956), concluye que un proceso está fuera de control estadístico cuando:

1. Un punto cae más allá de los límites de control 3-sigma.
2. Dos de tres puntos consecutivos caen más allá de un límite 2-sigma.
3. Cuatro de cinco puntos consecutivos están a una distancia de 1-sigma o mayor de la línea central.
4. Ocho puntos consecutivos de la gráfica del mismo lado de la línea central.

Las reglas anteriores delimitan la Figura 2.5 con límites de advertencia, los cuales dividen la distribución de puntos en tres zonas a cada lado de la línea central:

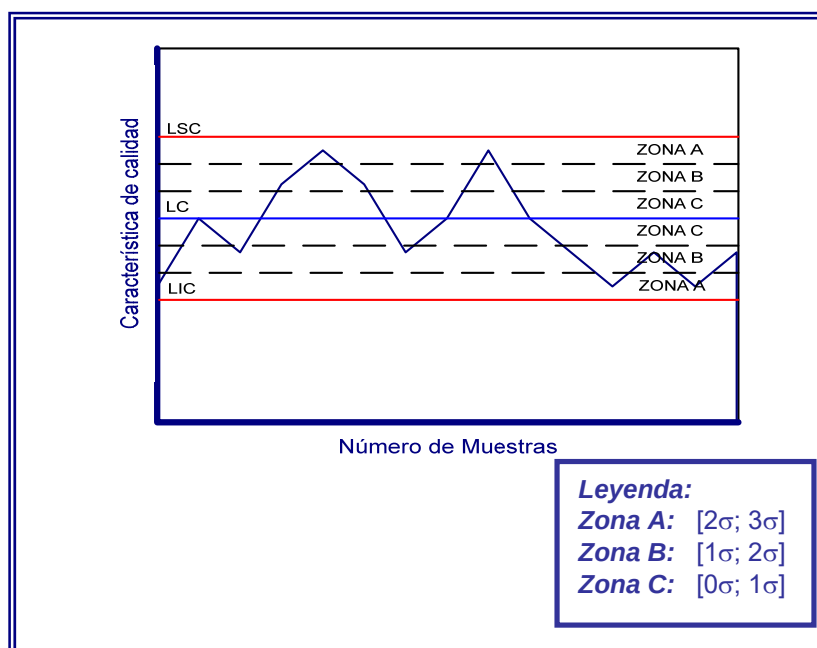


Figura 2.5 Patrones de cartas de control.

Fuente: Montgomery D., 1996

2.2.6.7.3 ESTUDIO DE CAPACIDAD DE PROCESOS

La capacidad de un proceso se define como el rendimiento que ofrece operando bajo control y esta directamente relacionada a la variabilidad inherente de un proceso en

ausencia de cualquier causa especial indeseable. Generalmente, los procesos se ajustan a distribuciones normales de probabilidad. Es decir, gran porcentaje de las mediciones de los procesos se ajustan a $\pm 3\delta$ de la media del proceso. Los límites de proceso se extienden desde -3δ a $+3\delta$; si se compara los límites de procesos con los límites de especificación, se presentan tres casos comunes:

a) Cuando los límites del proceso se encuentran dentro de los límites de especificación, se tiene:

$$6\delta \leq [LSE - LIE] \quad 2.4 \text{ (Montgomery D., 1996)}$$

La distancia 6σ se conoce como capacidad básica del proceso, y los límites $\pm 3\sigma$ reciben el nombre de límites naturales del proceso. Se define como índice de capacidad potencial, a la relación existente entre la capacidad básica y el rango definido por los límites de especificación (LSE: límite superior de especificación, LIE: límite inferior de especificación), según:

$$C_p = \frac{LSE - LIE}{6\sigma} \quad 2.5 \text{ (Montgomery D., 1996)}$$

Dada la relación anterior y la distribución normal, se establece:

$C_p = 1$: proceso capaz de producir con un pequeño número de unidades defectuosas equivalente a 0,27 % o 2700 partes por millón.

$C_p < 1$: el proceso no es capaz de producir dentro de las especificaciones.

$C_p > 1$: el proceso es capaz de producir dentro de las especificaciones.

De acuerdo a lo anterior, el cálculo supone de manera implícita que el proceso está centrado en el valor nominal de especificación (μ), por consiguiente si existe corrimiento en el proceso es necesario determinar un coeficiente que represente la capacidad real del proceso (C_{pk}), el cual se determina según la ecuación:

$$C_{pk} = \min \left[\frac{LIE - \mu}{3\sigma}; \frac{\mu - LSE}{3\sigma} \right] \quad 2.6 \text{ (Montgomery D., 1996)}$$

Dicho coeficiente mide la relación existente entre la media del proceso a los límites de especificación y la distancia 3σ . Para el índice de capacidad real se establecen las siguientes relaciones:

$C_{Pk} = C_P$: el proceso está centrado.

$C_{Pk} < C_P$: corrimiento del proceso hacia uno de los lados de la media, siendo capaz de producir dentro especificación si $C_P > 1$ y $C_{Pk} > 1$.

$C_{Pk} < 1$: implica que en las condiciones actuales se está produciendo más de un 0,27 % defectivo, con corrimiento del proceso hacia uno de los lados de especificación.

b) Si la variabilidad del proceso es mayor a los límites y tolerancias establecidas para una característica de calidad, es indicativo de la incapacidad del mismo de satisfacer las exigencias de manufactura, por lo que es necesario llevar a cabo acciones correctivas inmediatas a fin generar las mejoras a los procesos.

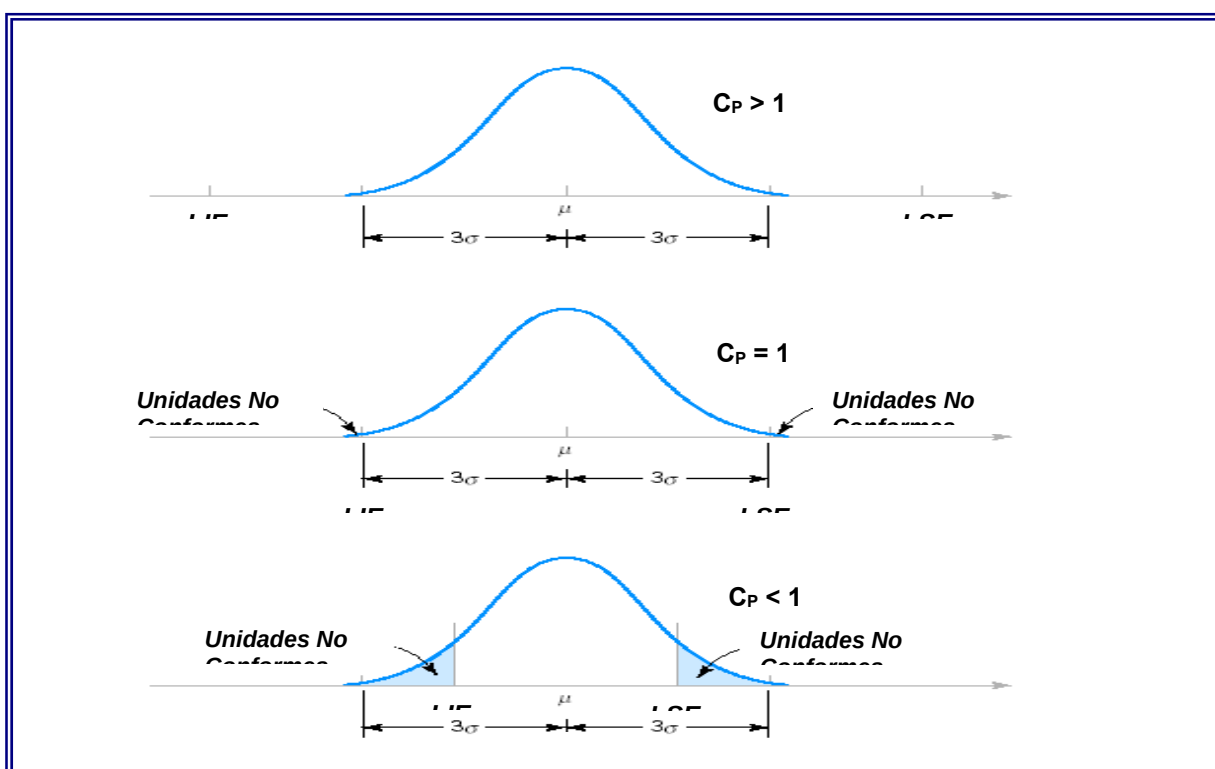


Figura 2.6 Estudio de capacidad de procesos

Fuente: Montgomery D., 1996

Finalmente, para todas las herramientas de control estadístico de la calidad y de mejora continua existen disponibles software de procesamiento y análisis de datos tales

como el software estadístico Minitab 14.0, que facilitan la toma de decisiones y la ejecución de acciones correctivas inmediatas. (Montgomery D., 1996)

El software Minitab 14.0, arroja como resultado lo siguiente:

1. Gráfico de control estadístico (X/R o I/Rm): permite visualizar el comportamiento de la variable en estudio.
2. Gráfico de los últimos 25 subgrupos: permite visualizar el comportamiento de los últimos subgrupos empleando un grafico de puntos.
3. Histograma de frecuencias: permite visualizar la distribución de los datos.
4. Grafico de normalidad de datos: permite visualizar el test de normalidad de los datos.
5. Gráfico de Capacidad: permite visualizar la capacidad a corto y largo plazo.
6. Índices de capacidad de proceso a corto y largo plazo: exhibe numéricamente el resultado de cada índice de capacidad

2.2.6.7.4 HISTOGRAMAS DE FRECUENCIA, TEST Y AJUSTE DE NORMALIDAD

Se utilizan para representar la variabilidad de un conjunto de datos, utilizando como valores representativos del conjunto de datos, su valor medio y su desviación típica. Representan, por tanto, la frecuencia de los datos de una variable dividida en diferentes intervalos. Esto se logra haciendo uso del software Minitab 14.0, Figura 2.7.

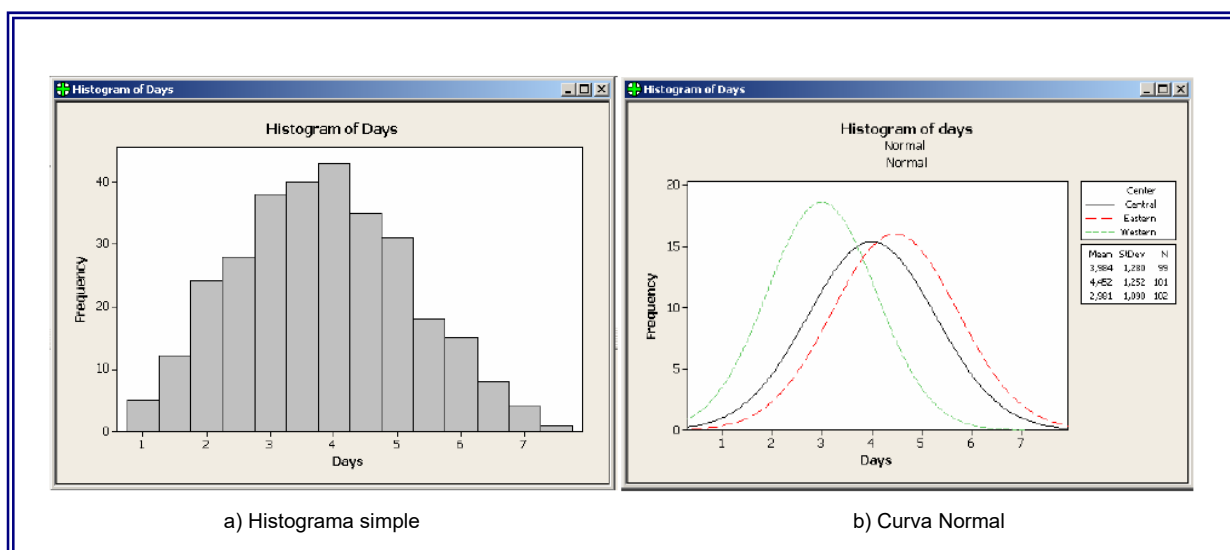


Figura 2.7 Ventanas de opción y representación gráfica de histogramas en MINITAB 14.0

Con el objetivo de comprobar si los datos recopilados provienen de una distribución normal, el MINITAB permite, determinar si la distribución de frecuencias es normal. En la ventana de diálogo que aparece en este caso, se indica la variable y columna donde están los datos cuya normalidad se requiere comprobar y el programa permite elegir entre los siguientes tests de bondad de ajuste:

1. Test de Anderson-Darling, basado en comparaciones con la función de distribución.
2. Test de Kolmogorov- Smirnov.
3. Método de Shapiro-Wilks, basado en la correlación.

El p-valor en cada caso, indicará si se rechaza o no la hipótesis de normalidad, calificándose como no normal para un p-valor por debajo de 0,05 y siendo una de las posibles causas la falta de data. Adicionalmente, en la ventana resultante se presenta la estimación de la media y de la desviación típica, Figura 2.8

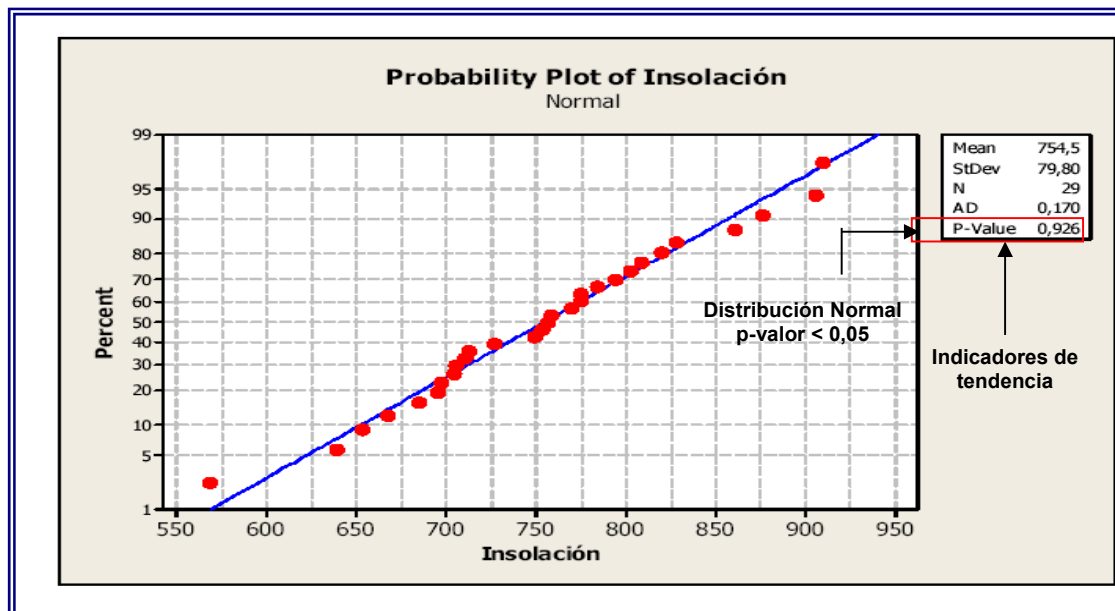


Figura 2.8 Representación gráfica de la prueba de normalidad resultante al emplear el software MINITAB 14.0

A fin de interpretar correctamente los gráficos, resulta imprescindible que las observaciones provengan de una distribución aproximadamente normal. Si los datos provienen de una distribución notablemente asimétrica, el software estadístico permite aplicar la transformación Box-Cox para inducir normalidad. (Montgomery D., 1996)

2.2.6.7.5 Prueba de Hipótesis.

En los proyectos Seis Sigma se utilizan Pruebas de Hipótesis, como proceso de selección para las Pocas “X” Vitales potenciales. También, proporcionan un enfoque ‘Ir / No ir’ para toma de decisiones, lo que constituye la razón por la cual se utilizan para seleccionar.

Existen dos tipos de pruebas de hipótesis para datos continuos, que son:

- Prueba “F”: compara la varianza que existe entre dos subgrupos de datos, con la finalidad de identificar si son o no iguales.
- Prueba “t – Student”: compara las medias de cada subgrupo de datos, con la finalidad de identificar si son o no iguales. (Montgomery D., 1996)

CAPÍTULO III

DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

A continuación se describe cada etapa del proceso productivo llevado a cabo en AJEVEN C.A. para la producción de bebidas gaseosas.

3.1 PROCESO PRODUCTIVO:

El componente base de las bebidas gaseosas es el agua la cual constituye más del 85% en volumen de la composición total, seguido del azúcar, gas carbónico y sustancias acidificantes, conservantes y emulsiones de los jarabes de preparación. En función de los componentes de preparación y las materias primas para el envasado de la bebida, el proceso se divide en las siguientes etapas:

1. Extracción y tratamiento del agua de pozo.
2. Recepción de materias primas.
3. Preparación de jarabes.
4. Preparación de bebidas gaseosas.
5. Soplado de preformas de Polietileno Tereftalato (PET).
6. Etiquetado de botellas de Polietileno Tereftalato (PET).
7. Envasado de bebidas gaseosas.
8. Empaquetado y paletizado.
9. Almacenamiento, despacho y distribución.

Se puede observar cada etapa de producción en el diagrama presentado en las Figuras 3.1 y 3.2:

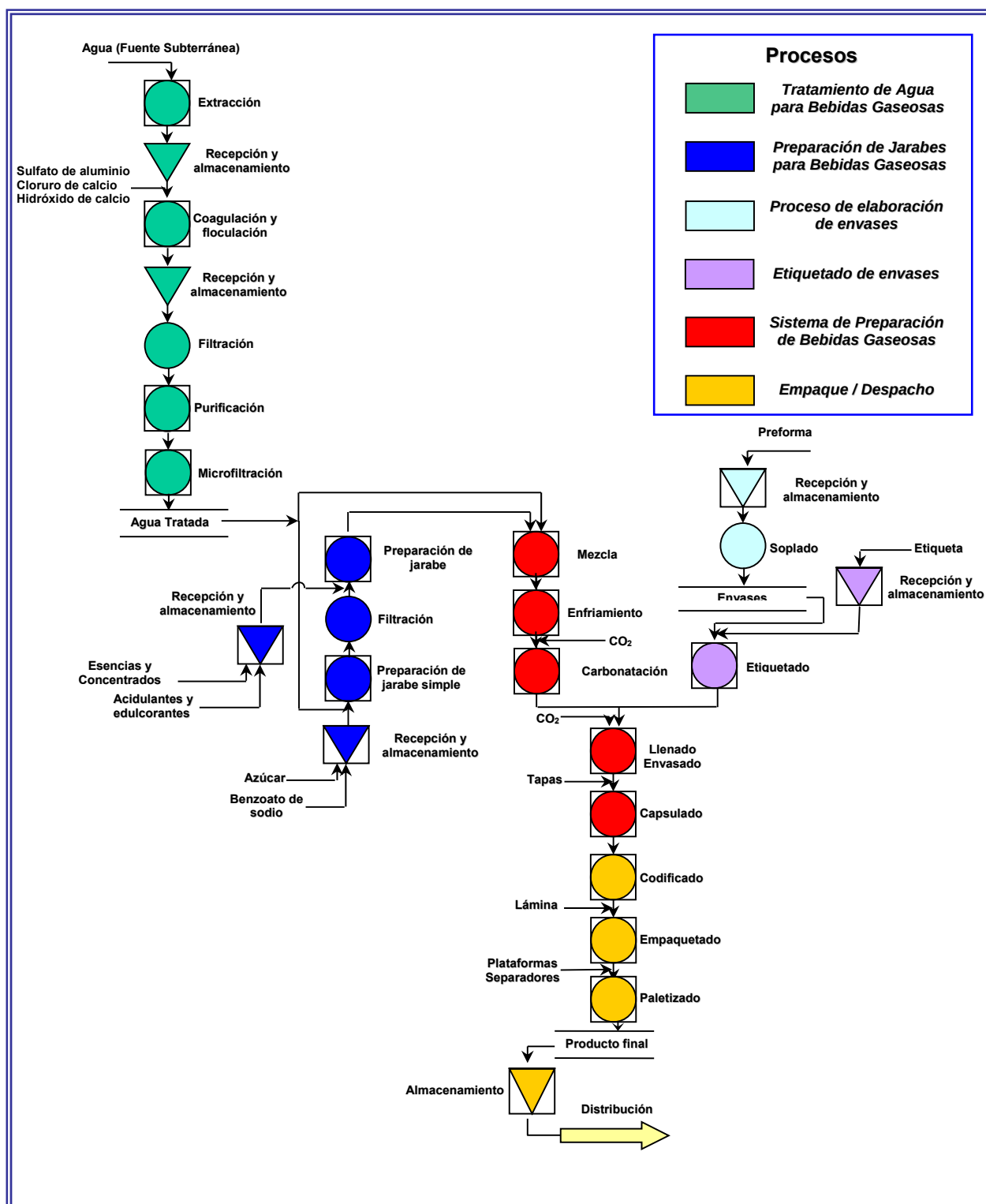


Figura 3.1 Diagrama de flujo del proceso productivo

Fuente: Manual de proceso. Mejora continua (AJEVEN, 2008)

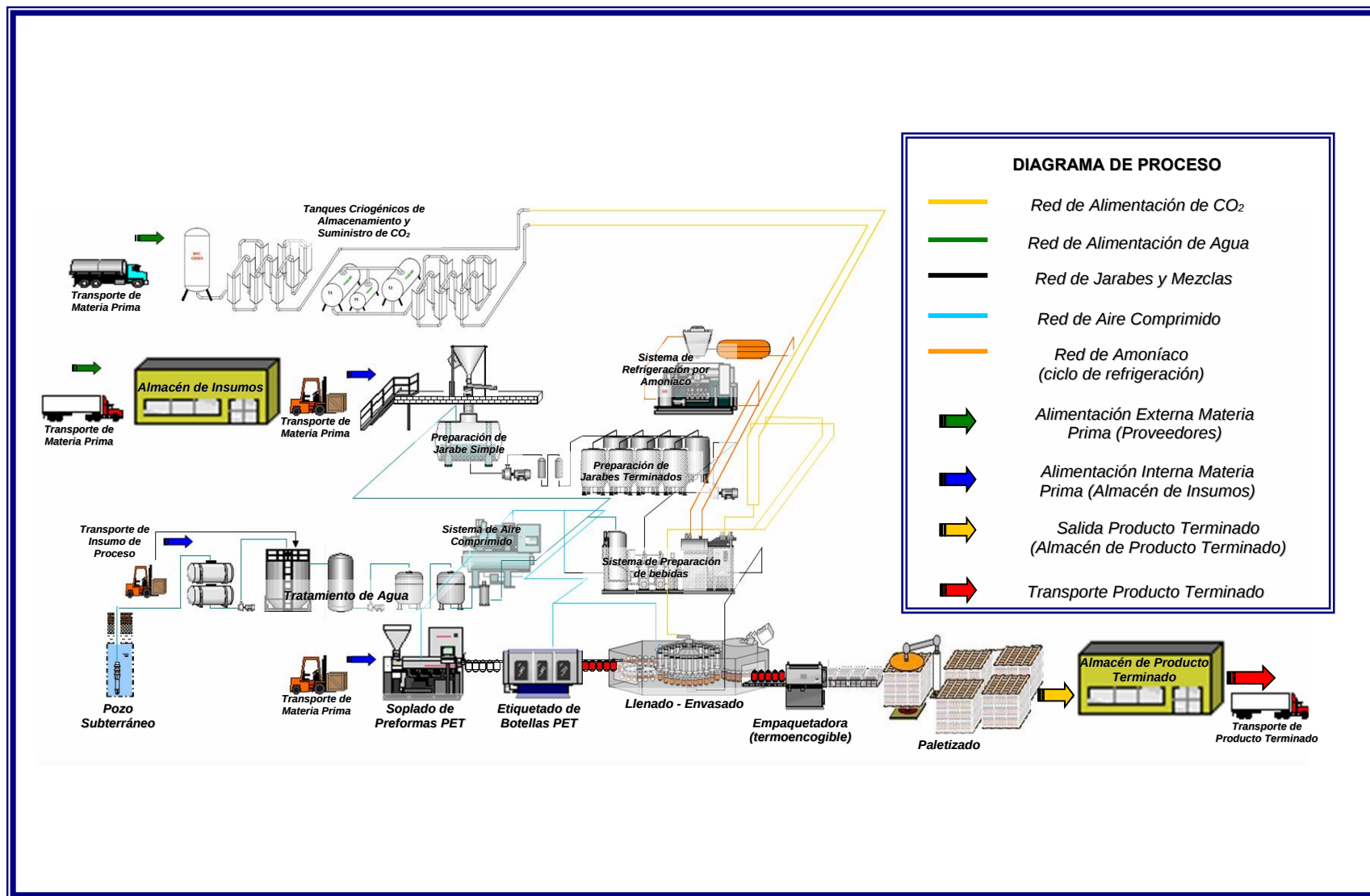


Figura 3.2 Distribución y secuencia del proceso de producción de bebidas gaseosas empleado en AJEVEN C.A.

Fuente: Manual de proceso. Mejora continua (AJEVEN, 2008)

El proceso inicia con la extracción de agua cruda del pozo, el cual se encuentra a un nivel de succión de 102 m aproximadamente, ubicado en las instalaciones de la empresa a pocos metros de la planta de tratamiento de agua.

El sistema de captación está constituido por una bomba sumergible de 40 hp, que junto con los datos de nivel de succión y la curva de la misma, se estima el caudal de extracción a capacidad instalada de (80 a 100) m³/h. El sistema de conducción subterráneo está conformado por 15 tuberías de seis pulgadas (6") de diámetro, de las cuales una tiene 3,05 m de longitud y las 14 restantes una longitud de 6,10 m.

El agua proveniente del pozo es almacenada en dos tanques cilíndricos (Mellizo1 y 2, Figura 3.3), dispuestos horizontalmente en serie, cuya capacidad es de 25 m³ cada uno. La función principal de estos tanques es recolectar el agua cruda durante un tiempo, para su posterior tratamiento. El tiempo de retención, permite la sedimentación de la arena, lo cual constituye una etapa previa de tratamiento.

A la salida del segundo tanque (Mellizo-2), el agua se distribuye en un sistema de bombeo donde es enviada una parte, a dos unidades de coagulación-floculación (Reactor), y otra parte es tratada en dos suavizadores, que eliminan la dureza del agua, la cual es utilizada en los intercambiadores de calor presentes en el proceso de soplado, en el enjuague de botellas, en las torres de enfriamiento, en la caldera y para los servicios de aseo de la planta.

En los tanques reactores se controla y ajusta la alcalinidad del agua, y se lleva a cabo la coagulación y floculación de material sólido en suspensión y soluble. En este sistema se dispone de tres zonas de control de parámetros del agua de alimentación.

- *Zona de fondo:* sedimentación de los flóculos.
- *Zona de reacción:* agitación, mezclado y reacción del agua bruta con las sustancias químicas coagulantes, floculantes y neutralizantes.

- *Zona clara:* zona de rebose y alimentación del tanque pulmón por acción gravitatoria

Los tanques pulmones almacenan el agua clarificada proveniente del reactor y alimentan las baterías de filtrado. Cada batería consta de tres filtros en serie:

- Filtro de arena y grava: Remoción de material sólido particulado; ajuste de sólidos en suspensión.
- Filtro de carbón activado: Retención de partículas y sustancias orgánicas, gases disueltos, cloro, etc, que pueden proporcionar al agua olores y/o sabores indeseados.
- Filtro pulidor: Remoción de impurezas pequeñas (hasta 5 micras); control y ajuste de sólidos en suspensión; salida del agua tratada.

3.2 PREPARACIÓN DE JARABE:

Luego de ser tratada el agua, se procede a la preparación de los jarabes para las bebidas, los cuales son de dos tipos:

- 1) Jarabe simple: mezcla constituida por agua, azúcar y benzoato de sodio.
- 2) Jarabe terminado: mezcla constituida por jarabe simple, emulsión saborizante, ácido fosfórico, sustancias estabilizantes, entre otras, en cantidades controladas.

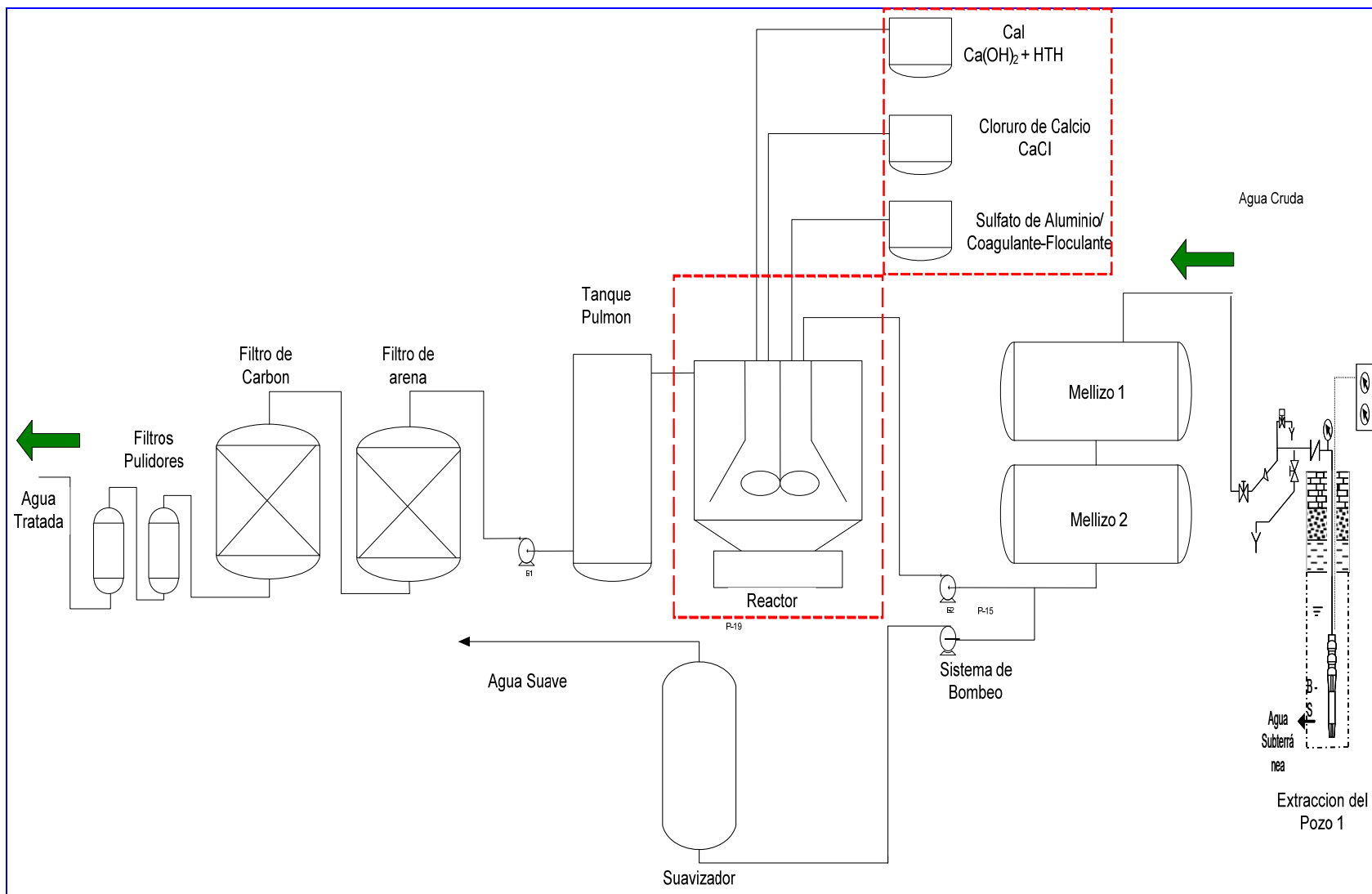


Figura 3.3 Diagrama del proceso de tratamiento de agua. Planta de agua 1.

Fuente: Manual de proceso. Mejora continua (AJEVEN, 2008)

3.3 SISTEMA DE MEZCLADO

El agua tratada y el jarabe terminado son transferidos al sistema de mezcla, el cual está constituido por dos tanques de estabilización de agua y jarabe, los cuales ingresan al sistema de dosificación y bombeo en la relación volumétrica deseada Agua/Jarabe. Se basa en el principio de cabezal constante sobre un orificio para llevar a cabo la proporción de fluidos deseada (Figura 3.4).

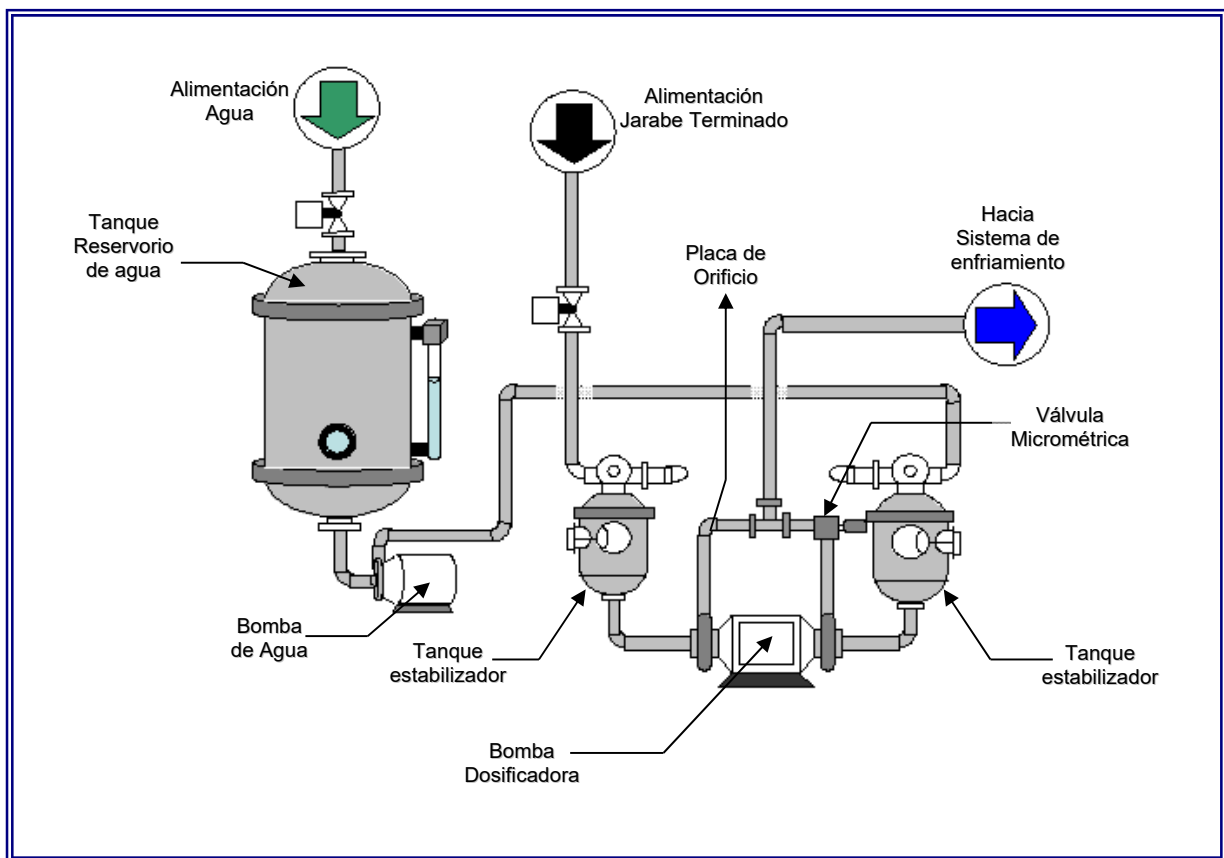


Figura 3.4 Sistema de dosificación y bombeo

Fuente: Manual de proceso. Mejora continua (AJEVEN, 2008)

Los tanques de estabilización están conectados a una bomba centrífuga de doble cabezal y motor de doble eje, el cual bombea los fluidos a la misma velocidad de succión. Dispone de una válvula micrométrica en la línea de descarga de agua, la cual controla la rata de flujo de agua para un cabezal constante en la línea de descarga de jarabe.

3.4 SISTEMA DE ENFRIAMIENTO

Finalizada la etapa de mezcla, el jarabe se traslada al sistema de enfriamiento. La entrada principal de la unidad se encuentra por el tope de la misma, donde ingresa el fluido (jarabe), el cual transfiere calor al refrigerante (amoníaco) y luego es almacenado en la parte inferior de la unidad, la cual sirve de reservorio del líquido refrigerado. (Figura 3.5)

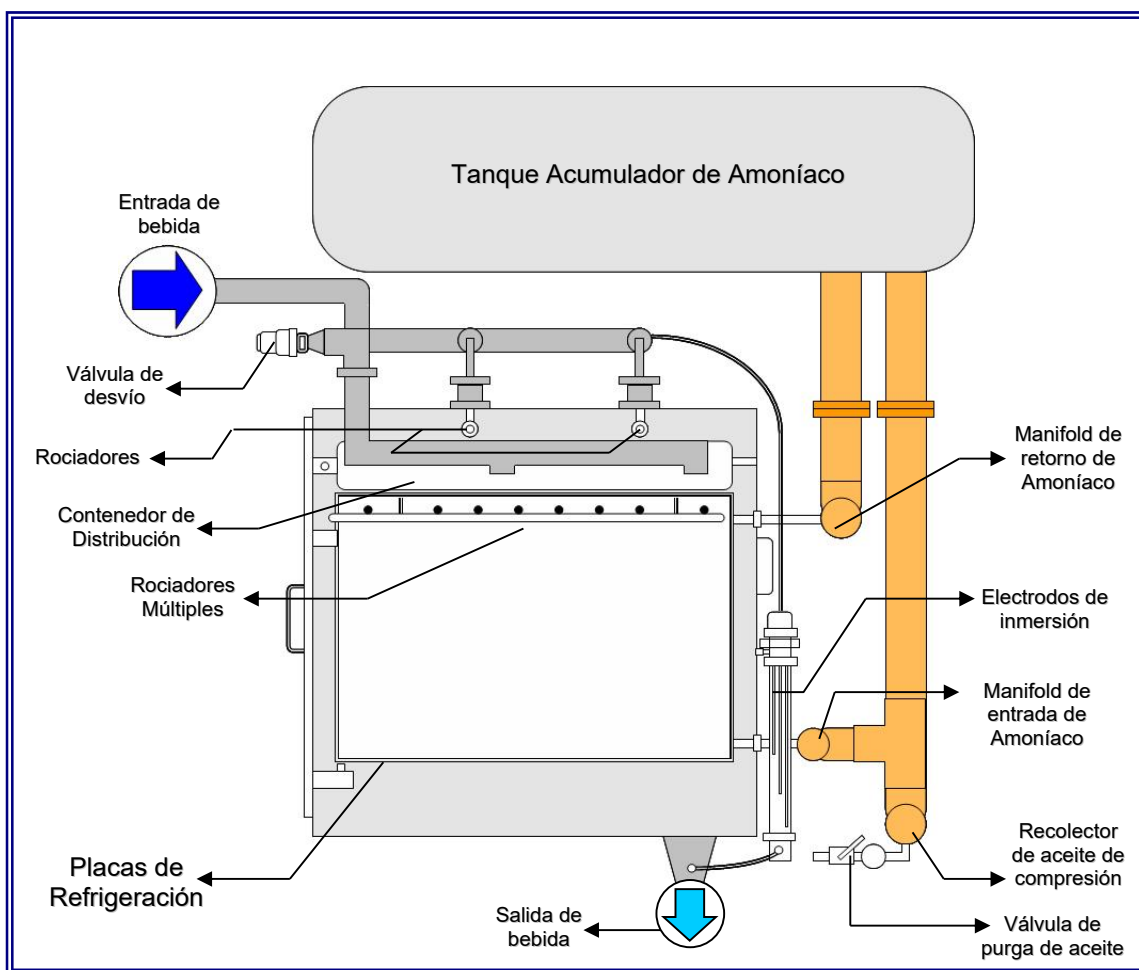


Figura 3.5. Sistema de refrigeración empleando amoníaco

Fuente: Manual de proceso. Mejora continua (AJEVEN, 2008)

La línea de salida de la cabina de enfriamiento alimenta la bomba centrífuga, cuya tubería de descarga se extiende de forma vertical y se acopla a la unidad de inyección

de CO₂. La salida de la unidad de inyección ingresa al tanque carbonatador presurizado, tal como se muestra en la Figura 3.6:

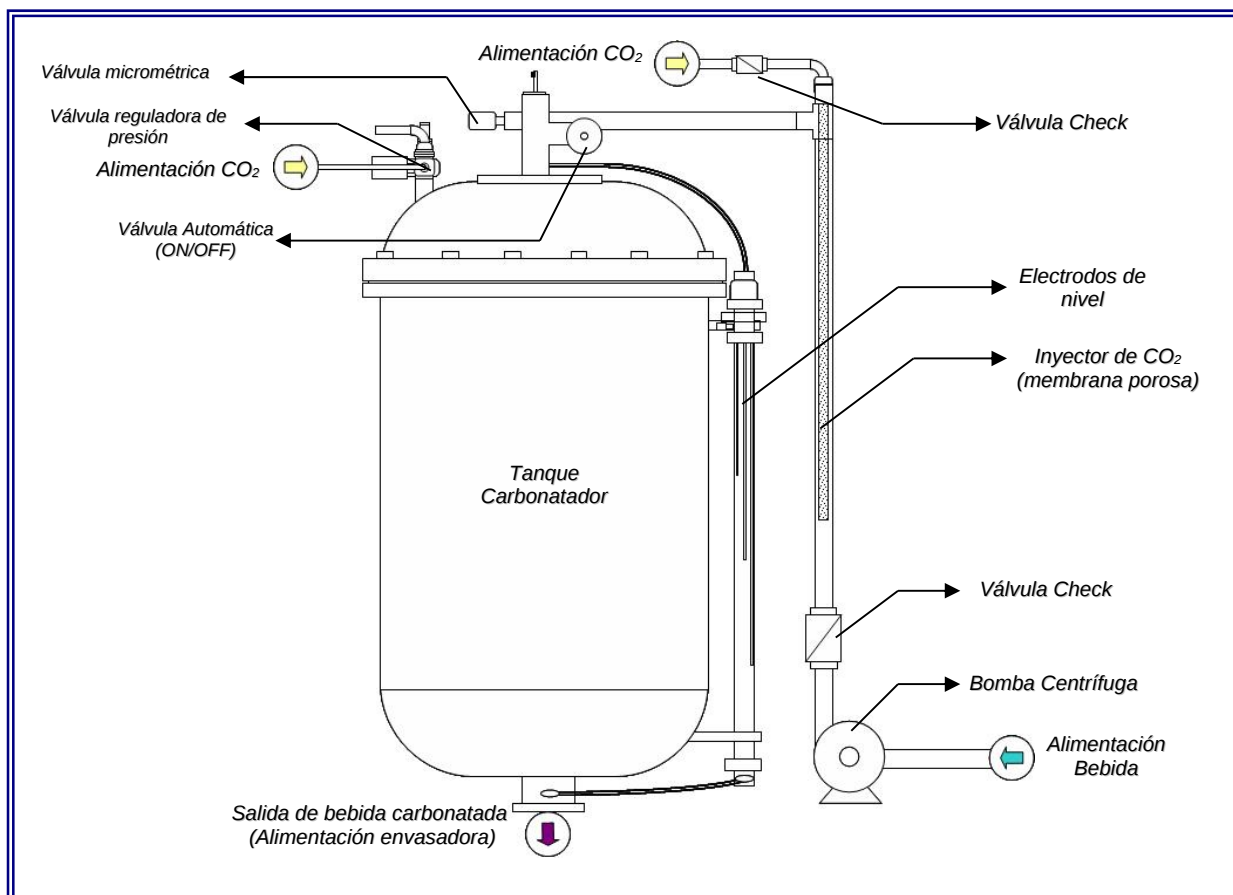


Figura 3.6. Sistema carbonatador de bebidas

Fuente: Manual de proceso. Mejora continua (AJEVEN, 2008)

3.5 SISTEMA DE LLENADO

Al establecer cada parámetro de proceso de acuerdo a su influencia directa en las especificaciones de calidad y obtener la mayor eficiencia y aprovechamiento de cada unidad, se procede a llevar a cabo el proceso de envasado de producto. La bebida carbonatada se transporta hasta la unidad de llenado por diferencia de presión desde el tanque carbonatador.

El ciclo de llenado consta de un conjunto de etapas en serie, que de manera resumida se muestra en la Figura 3.7, sin embargo, de forma general se divide en dos etapas: enjuague de botellas y llenado de botellas.

Las botellas vacías provenientes de soplado, se acoplan en el carrusel 1 del sistema, donde se enjuagan los picos y la parte interna de la misma, con agua suavizada. Es importante acotar, que las vías de deslizamiento del carrusel también se hidratan con agua suave. El agua una vez cumplida su función cae en un sistema de bandejas y posteriormente a las cañerías.

Por otro lado, una vez limpia y escurridas las botellas, se acoplan en el carrusel número 2, donde se lleva a cabo el llenado de la botella y posteriormente el tapado, empaque y distribución.

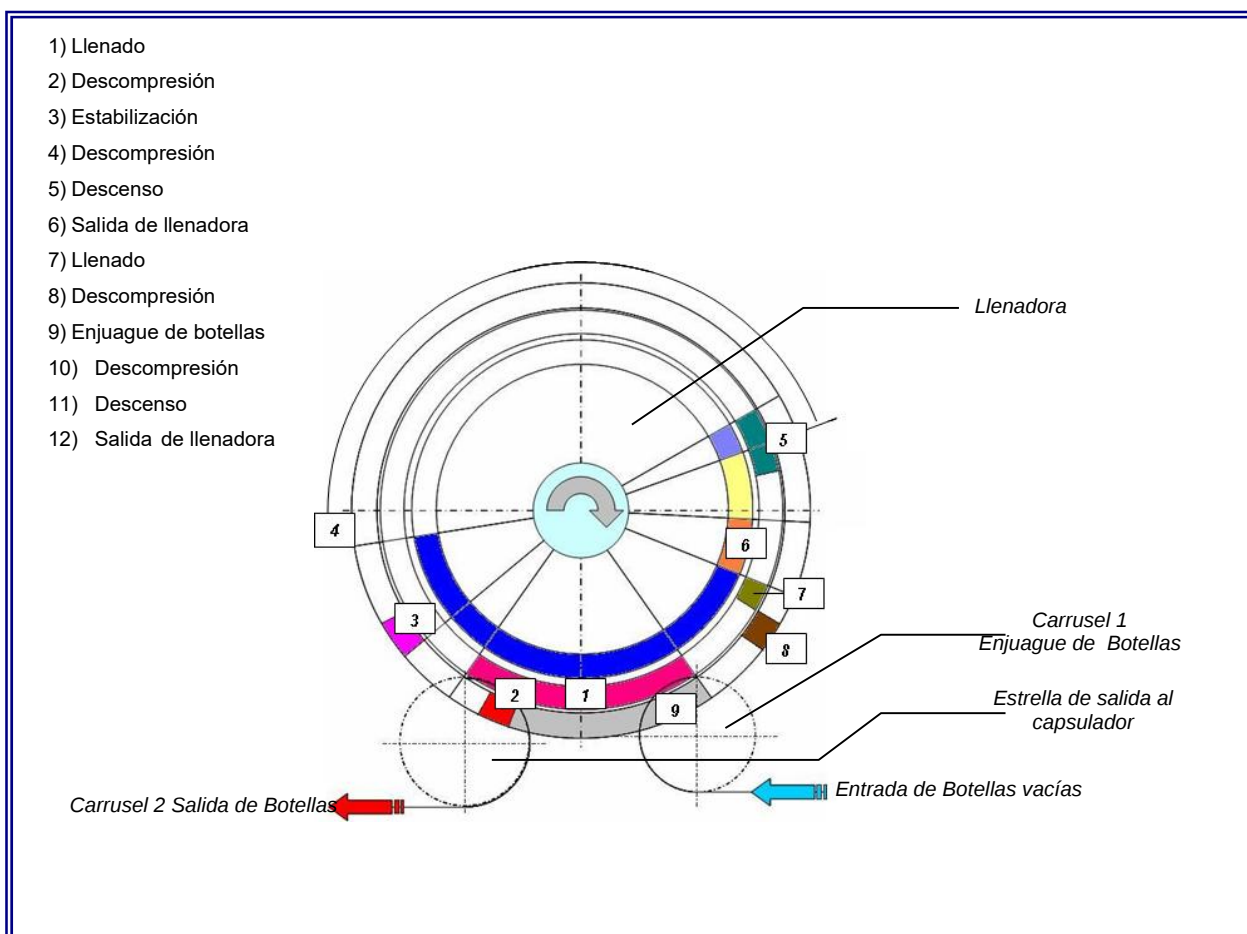


Figura 3.7. Ciclo de llenado de botellas

Fuente: Manual de proceso. Mejora continua (AJEVEN, 2008)

CAPÍTULO IV

MARCO METODOLÓGICO

El siguiente capítulo define el tipo de investigación según el grado de profundidad y diseño empleado, incluye estrategias, técnicas y procedimientos para el logro de los objetivos planteados.

La investigación a nivel de profundidad es de tipo proyectiva, ya que consiste en el planteamiento de alternativas y la selección de una, para solucionar el problema de las pérdidas de agua en la planta AJEVEN C.A.; por otro lado, se califica como una investigación de campo según el diseño empleado, debido a que solo se recoge información directa del proceso, sin manipular o controlar variables.

Las técnicas, procedimientos y métodos correspondientes al desarrollo sistemático de la investigación para el cumplimiento de los objetivos, se establecen a continuación.

4.1 Diagnóstico del consumo de agua en Planta AJEVEN C.A. con el fin de reconocer la situación actual mediante un AMEF de proceso

El diagnóstico de la situación actual del proceso requirió inicialmente de las siguientes etapas:

4.1.1 Reconocimiento y comprensión del proceso de producción

Se recopiló la información específica del proceso de manufactura de bebidas, constituida concretamente por:

- a) Reconocimiento de la disponibilidad de agua en la planta, a través de la revisión de los estudios realizados en cada pozo subterráneo.
- b) Revisión de manuales de instalación y operación de máquinas correspondientes al sistema de preparación Crown de bebidas y al sistema de envasado SIDEL – ALSIM – ASMOJET.
- c) Entrevistas y reuniones periódicas con el personal del área productiva (Producción-Calidad-Mantenimiento), para la obtención de información referente a

estándares organizacionales, condiciones operacionales, causas de las pérdidas de agua, métodos de evaluación de parámetros de calidad, métodos de control del agua y planes de controles vigentes del consumo de agua.

d) Revisión de trabajos previos y bibliografía especializada en materias afines a la industria de bebidas, tanto nacionales como internacionales, constituidos por trabajos de grado, tesis de doctorado, publicaciones de revistas, libros de procesos químicos y alimentos y material disponible en internet.

4.1.1.1 Desarrollo de la herramienta 5 ¿Por qué? + 2 ¿Cómo?

Una vez recolectada la información descrita en la sección 4.1.1, se procedió a llenar la tabla 4.1:

Tabla 4.1. Herramienta 5 ¿Por qué? + 2 ¿Cómo? Aplicada al área productiva de la planta AJEVEN C.A.

Herramienta: 5¿Por qué? + 2 ¿Cómo?	Aplicado a:
Problema:	
¿Por qué es un problema?	
¿Dónde ocurre el problema?	
¿A quien afecta?	
¿Cuál es la naturaleza del problema?	
¿Cuándo ocurre el problema?	
¿Cómo sabemos que es un problema?	
¿Cómo se comporta la perdida?	
Reformulación del problema	

4.1.1.2 Construcción del Mapa de Alto Nivel

El siguiente paso de reconocimiento, consistió en construir el mapa de alto nivel de las áreas, donde se presume mayor problema con respecto a las pérdidas de agua,

identificadas por un equipo multidisciplinario de la empresa. Para el desarrollo de la metodología se utilizó la tabla 4.2:

Tabla 4.2. Mapa de proceso de alto nivel aplicado a las áreas productivas de la planta AJEVEN C.A.

MAPA DE PROCESO DE ALTO NIVEL:		
Proveedores	Descripción del Proceso	
Entradas	Resultados	
El Proceso inicia con:		El Proceso termina con:

4.1.1.3 Construcción del Mapa de Proceso Detallado

En la tercera fase de reconocimiento, se construyeron los mapas de proceso detallados de las áreas de interés, identificando todas las entradas y salidas de cada etapa del proceso y clasificando las entradas como críticas, controlables, estándares de operación y ruido.

4.1.2 Reconocimiento de las posibles causas de pérdidas de agua

En esta fase de reconocimiento, se desarrollaron herramientas que permitieron identificar las posibles causas que ocasionan las pérdidas de agua, las cuales se presentan a continuación:

4.1.2.1 Desarrollo de la Matriz de Causa – Efecto

Para el desarrollo de esta herramienta, se listaron todas las entradas identificadas en el mapa de proceso y se asignaron las variables de salidas de acuerdo a las exigencias

del trabajo especial de grado; seguidamente se procedió a ponderar junto con un equipo multidisciplinario de la empresa, la relación que cada entrada del proceso presenta con cada salida asignada, llenando la siguiente tabla:

Tabla 4.3. Matriz de causa – efecto aplicado al área productiva de la planta AJEVEN C.A.

MATRIZ DE CAUSA - EFECTO

Proceso

Salidas del proceso



1

2

3

4

n°

Paso del Proceso

Entradas

C

Importancia (1 a 10)

Total

%

%ACUM

4.1.2.2 Construcción del Gráfico de Pareto de Ponderación de las entradas del proceso asociadas al consumo de agua

Una vez ponderada la relación de las variables de entrada con las salidas del proceso en la matriz de causa y efecto, se procedió a elaborar el diagrama de Pareto, organizando de mayor a menor la puntuación obtenida, de acuerdo a lo incidente de la entrada en cada salida clave.

4.1.2.3 Desarrollo del Análisis del Modo y Efecto de la Falla

Para el desarrollo de esta herramienta se realizo lo siguiente:

- Se listaron los modos de falla, de cada entrada al proceso priorizadas en el diagrama de pareto y los posibles efectos.
- Se elaboro una lista de todas las Causas para cada Modo de la Falla
- Se identificaron los Controles actuales para cada Causa
- Se lleno la tabla 4.4:

Tabla 4.4. Análisis del modo y efecto de la falla aplicado al área productiva de la planta AJEVEN C.A.

Nº	Paso del proceso	Entrada del proceso	Modo potencial de falla	Efectos potenciales de la falla	SEV	Causa potenciales	OCC	Controles	Controles vigentes	DET	RPN

e) Se asignaron los índices de Severidad, Ocurrencia y Detección a cada Causa de acuerdo a la escala de calificaciones (Anexo 1)

f) Se calculo el número prioritario de riesgo para cada escenario de Modo de la Falla potencial, haciendo uso de la siguiente formula:

$$NPR = Sev * Occ * Det \quad (4.1)$$

Donde:

NPR: Número prioritario de riesgo

Sev.: Severidad de la falla

Occ.: Ocurrencia de la falla

Det.: Detección de la falla

Una vez obtenido el número prioritario de riesgo, se procedió a construir gráficos de Pareto, con la finalidad de priorizar las entradas claves, los pasos del proceso y las causas, que más probabilidad de riesgo presentaron.

4.1.2.4 Elaboración del Diagrama Causa- Efecto

Como complemento al proceso de identificación, de las posibles causas potenciales que contribuyen con las pérdidas de agua en la planta, se construyo un diagrama de causa – efecto (Ishikawa), el cual consistió, en la identificación de causas en las categorías siguientes:

1. Materiales.
2. Maquinaria.
3. Métodos.
4. Mano de obra.

5. Medio ambiente.

6. Medición.

Una vez identificadas las posibles causas que generan las pérdidas de agua en planta se procedió a realizar la fase de medición.

4.2 Obtención del rendimiento de agua en planta AJEVEN C.A. a partir de balances de masa con el propósito de conocer el porcentaje de agua no aprovechada

Para el desarrollo de este objetivo se establecieron las siguientes actividades:

4.2.1 Identificación del sistema de extracción del agua del pozo, mediante la revisión de los manuales de operación del equipo

- a) Identificación de las características de la bomba de extracción.
- b) Obtención de las curvas características de la bomba.
- c) Identificación de las condiciones de operación (presión, voltaje, intensidad) del sistema de extracción.

4.2.2 Establecimiento de la metodología de cálculo del rendimiento

La metodología establecida se basó en:

1. La cuantificación de los tiempos de operación de la bomba y el uso de la curva característica de la misma, por no disponer durante el periodo de evaluación de medidores de flujo; esto consistió en:

- a) Monitorear el tiempo de encendido y pagado de la bomba por un tiempo definido.
- b) Cuantificar la cantidad de tiempo que la bomba se mantuvo encendida,
- c) La lectura en la curva característica de la bomba, del caudal extraído en el punto de operación, bajo las condiciones de trabajo de la misma.

2. El cálculo del volumen extraído durante el tiempo de evaluación, a través de la siguiente ecuación:

$$V_{extr} = Q_{oper} * t_{ciclo} \quad 4.2$$

Donde:

V_{extr} : Volumen total extraído (m^3)

Q_{oper} : Caudal extraído en el punto de operación de la bomba (m^3/h).

t_{ciclo} : Tiempo total de ciclo o de operación de la bomba (h).

Esta metodología se fundamenta en el principio del funcionamiento de las bombas, (Figura 4.1). Por cada encendido de la bomba, el caudal aumenta de forma continua hasta alcanzar el punto de operación; de forma similar ocurre el apagado de la misma. Para efectos de este trabajo especial de grado, se desprecian los caudales que se extraen durante el proceso de transición, asumiendo que la extracción del flujo siempre se mantuvo en el punto de operación. Esto traerá como consecuencia algún error asociado, sin embargo, la influencia de este efecto dependerá del comportamiento de la bomba durante el periodo de evaluación, del tiempo de medición y del tamaño de la muestra.

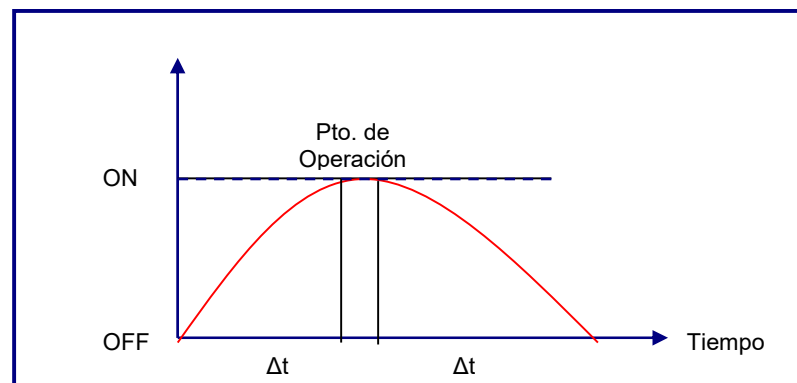


Figura 4.1. Comportamiento operativo de una bomba.

Fuente: Propia.

3. La cuantificación del número de cajas producidas durante el tiempo de evaluación

La cuantificación se llevo a cabo haciendo uso de la tabla 4.5:

Tabla 4.5. Resumen de producción de las líneas de operación de la planta AJEVEN C.A.

Fecha	Subgrupo	Líneas	Sabor	Producción	
				Nº Paletas	Nº Botellas
	a.m.	1			
		2			
		3			
		4			
		5			
		7			
		8			
	p.m.	1			
		2			
		3			
		4			
		5			
		7			
		8			

4. Cálculo del volumen consumido en la producción.

Para obtener el volumen de agua consumido en producción se utilizó la siguiente ecuación:

$$V_{prod} = Cn * \%agua * n^{\circ} cajas * \frac{1}{100} \quad 4.3$$

Donde:

V_{prod} : Volumen total consumido en la producción (m^3).

Cn : Contenido neto de cada botella (L).

$\%agua$: Porcentaje de agua contenido en cada producto.

$N^{\circ} cajas$: Número de cajas producidas durante el periodo de evaluación.

4.2.3 Establecer el tiempo de estudio y el tamaño de la muestra

Para establecer el tiempo de estudio se tomó en cuenta el horario de trabajo, 8:00 a.m. a 5:00 p.m., planificando la medición dentro de ese tiempo, quedando la distribución de la siguiente manera:

- Tres horas de medición en la mañana y en la tarde.
- Una hora de discusión de resultados
- Una hora de descanso.

Para el tamaño de la muestra, se acordó la toma de 30 datos inicialmente y una vez obtenida, se verificó con herramientas estadísticas, específicamente con el test de normalidad (Cáp. II, sección 2.2.7.7.4), la suficiencia o no de datos.

4.2.4 Medición de los datos necesarios para la obtención del rendimiento

La medición se llevo a cabo haciendo uso de la tabla 4.5 para el consumo de producción y la tabla 4.6 que se muestra a continuación, para los tiempos de operación de la bomba.

Tabla 4.6. Tiempos de operación de la bomba del pozo 1 de la planta AJEVEN C.A.

Tiempos de ciclo (t ± 0,01) min			
Fecha:			
a.m.		p.m.	
Encendido	Apagado	Encendido	Apagado

4.2.5 Cálculo del porcentaje de rendimiento

El cálculo del rendimiento se obtuvo haciendo uso de la siguiente ecuación:

$$\%R = \frac{V_{prod}}{V_{extr}} * 100 \quad 4.5$$

Donde:

%R: Porcentaje de rendimiento (adim)

4.2.6 Cálculo del porcentaje de agua no aprovechada.

Se obtuvo haciendo uso de la ecuación siguiente:

$$V_{extr} = V_{prod} - V_{noapro} \quad 4.6$$

Donde:

V_{noapro}: Volumen de agua no aprovechado (m³).

El volumen de agua no aprovechado es algo relativo, porque dentro de ese volumen se encuentran los consumos de agua de los equipos auxiliares al proceso (torres de enfriamiento, enjuagadores de botellas, calderas, entre otros,), por lo que no es del todo no aprovechada; sin embargo, entran dentro de este volumen debido a que son pérdidas inherentes al proceso.

Finalmente el porcentaje de agua no aprovechada o porcentaje de pérdidas global, se obtuvo con la ecuación siguiente:

$$\%PG = \frac{V_{noapro}}{V_{extr}} * 100 \quad 4.7$$

Donde:

%PG: Porcentaje de pérdidas global.

4.3 Cuantificar las pérdidas de agua en puntos críticos no controlados a través de métodos experimentales con la finalidad de clasificarlas

Para el desarrollo de este objetivo se establecieron las siguientes actividades:

4.3.1 Reconocimiento de los equipos del proceso

Representación esquemática de los equipos del proceso, e identificación de las corrientes de entrada y salida de cada equipo, para detectar los puntos críticos de pérdidas. De manera general el agua presenta un recorrido que esta dividido en cuatro áreas principales: sala de jarabe, área de llenado, planta de agua y servicios, Figura 1.1.

4.3.2 Identificación de equipos

Identificación de los equipos que se tomaran en cuenta para la toma de datos. Se limitara solo a nombrarlos, debido a que los datos de caudal de diseño y experimental, fueron suministrados por la empresa. Se elaboró la tabla 4.7 para la recolección de datos, la cual se muestra a continuación:

Tabla 4.7. Caudal de agua utilizado por equipos específicos de la planta AJEVEN C.A.

Equipo	Caudal Diseño (m³/h)	Caudal Real (m³/h)
Enjuagador de botellas 1		
Enjuagador de botellas 2		
Enjuagador de botellas 3		
Enjuagador de botellas 4		
Enjuagador de botellas 7		
Enjuagador de botellas 8		
Torre de enfriamiento RODELCA 1		
Torre de enfriamiento RODELCA 2		
Torre de enfriamiento EVAPCO 1		
Torre de enfriamiento AVAPCO 2		
Torre de enfriamiento VILTER 3		
Torre de enfriamiento BALTIMORE 4		
Torre de enfriamiento TEVA 7		
Torre de enfriamiento MEBRAFE. 8		
Limpieza Externa		
Retrolavado de suavizadores		
Retrolavado de filtros		
TOTAL		

4.3.3 Cálculo del volumen consumido por equipo

Obtención del volumen consumido, por cada uno de los equipos en el tiempo de estudio, haciendo uso del caudal manejado por de cada uno de ellos, se aplicó la ecuación 4.2.

4.3.4 Cálculo del porcentaje de pérdida

Obtención del porcentaje de pérdidas de agua en planta para cada uno de los equipos, a través de la siguiente ecuación:

$$\%Pérdidas = \frac{V_{equipo}}{V_{totalequipo}} * 100 \quad 4.8$$

Donde:

%Pérdidas: Porcentaje de pérdidas de la planta (%)

V_{equipo} : Volumen de agua consumido por cada equipos (m³)

$V_{totalequipo}$: Volumen total consumido por todos los equipos (m³)

4.3.5 Clasificación de las pérdidas

El volumen de agua no consumido en producción es considerado una pérdida, y se clasifican de la siguiente manera:

- Inherentes: son los consumos asociados a las aguas de procesos y equipos auxiliares.
- Crónicas: son consumos adicionales, como las fugas, desagües, entre otros, que ocurren de manera continua.
- Esporádicas: son consumos adicionales del proceso, que se presentan en determinadas ocasiones y pueden ser controlados, tales como el desborde de un tanque, fugas en tuberías, entre otros.

Los resultados de la clasificación, estarán reflejados en la Tabla 4.8:

Tabla 4.8. Clasificación de pérdidas de equipos específicos de la planta AJEVEN C.A.

Equipo	Tipo de pérdida
Enjuagador de botellas 1	
Enjuagador de botellas 2	
Enjuagador de botellas 3	
Enjuagador de botellas 4	
Enjuagador de botellas 7	
Enjuagador de botellas 8	
Torre de enfriamiento RODELCA 1	
Torre de enfriamiento RODELCA 2	
Torre de enfriamiento EVAPCO 1	
Torre de enfriamiento AVAPCO 2	
Torre de enfriamiento VILTER 3	
Torre de enfriamiento BALTIMORE 4	
Torre de enfriamiento TEVA 7	
Torre de enfriamiento MEBRAFE. 8	
Limpieza Externa	
Retrolavado de suavizadores	
Retrolavado de filtros	

4.4. Caracterizar los efluentes por medios fisicoquímicos y microbiológicos para identificar aquellos que puedan ser recuperados

Para el desarrollo de este objetivo se establecieron las siguientes actividades:

4.4.1 Establecer métodos de muestreo

Mediante la revisión de las normas COVENIN, un estudio bibliográfico, consultas de manuales y entrevistas con personal del Laboratorio de Tratamiento de Aguas, se establecen los métodos de muestreo, tipos de muestras y los análisis a realizar.

A continuación se identifican las normas COVENIN que se utilizan:

1. **COVENIN 2709-2002** “Aguas naturales, industriales y residuales. Guía para las técnicas de muestreo”: a partir de esta norma se definió:

- Las muestras tomadas fueron de tipo instantáneas, por poseer características relativamente constantes.
- La captación de las muestras fue manual, por permitir observar situaciones variables o no previstas y hacer cambios en la programación, es más económico y permitió tomar muestras adicionales.
- Se seleccionaron envases de plástico para los análisis fisicoquímicos, por su disponibilidad en la planta, su práctico manejo y por cumplir con los requerimientos de cada parámetro establecidos en la norma: y envases de vidrio para los análisis microbiológicos por tener que cumplir con normas del laboratorio.
- Se estableció un volumen de muestra de 25 mL, para la determinación de cada parámetro, no pudiendo cumplir con la norma (Tabla 4.10) por limitaciones de la empresa debido al costo de los reactivos.

2. **COVENIN 2634-2002** “Agua naturales, industriales y residuales. Definiciones”: con esta norma, en conjunto a la disponibilidad del Laboratorio de Tratamiento de Aguas y los parámetros estudiados en la planta para cada uno de los equipos, se definieron los análisis a aplicarse (Tabla 4.9), tanto fisicoquímicos como microbiológicos.

Tabla 4.9. Análisis Fisicoquímicos y Microbiológicos a aplicarse

Análisis Fisicoquímicos	Análisis Microbiológicos
Alcalinidad P	Pseudomonas
Alcalinidad M	Coliformes
Dureza	Bacterias aerobias mesófilas
pH	Mohos y levaduras

Tabla 4.10. Requisitos para cada parámetro fisicoquímico a medir

Análisis	Envase	Volumen mínimo de la muestra (mL)	Tipo de muestra	Preservación	Tiempo máximo recomendado de almacenamiento según SME¹
Alcalinidad	P, V	200	I	Refrigerar	24 horas
Dureza	P, V	100	I, C	HNO ₃ o H ₂ SO ₄ a pH<2	6 meses
pH	P, V	50	I	Analizar de inmediato	0,25 horas

P = Plástico

V = Vidrio

I = Instantánea

C = Compuesta

¹ = Standard Methods for the Examination

4.4.2 Planificación del muestreo

Para ello se tomó en cuenta el número de puntos a muestrear y el número de muestras por cada punto.

Con ayuda de personal calificado de la planta se definió que el número de puntos a muestrear eran tres (3), los cuales fueron:

1. Salida del enjugador de botellas de cada línea
2. Salida de la bandeja del enjugador de botellas de cada línea
3. Salida de los suavizadores

Para la escogencia de los puntos a muestrear se tomó en cuenta como factor principal el origen del posible efluente a recuperar (salida de la bandeja del enjugador de botellas de cada línea), proviniendo este de los suavizadores y teniendo que pasar por la boquilla de salida de cada enjugador de botellas, por ello los tres (3) puntos de

El número de muestras por cada punto para los análisis fisicoquímicos fue de dos (2) por día por un lapso de dos (2) semana; y para los análisis microbiológicos se tomó solo una muestra por el costo de los reactivos utilizados, lo cual representó una limitación.

Según las variables a medir se elaboraron las tablas necesarias para la recolección de datos, tanto para los análisis fisicoquímicos como microbiológicos, las cuales se muestran en la Tabla 4.11.

[illegible]

57

Tabla 4.12. Parámetros Microbiológicos del agua suavizada

Turno:

4.4.4 Cálculos necesarios

Realización de los cálculos necesarios para la obtención de cada uno de los parámetros fisicoquímicos, para lo cual se utilizaron las siguientes formulas:

Alcalinidad

$$Alc = \frac{V_{H_2SO_4} \times N_{H_2SO_4} \times 50.000}{V_{muestra}} \quad 4.9 \text{ (COVENIN 2188, 1984)}$$

Donde:

Alc: Alcalinidad, ppmCaCO₃.

V_{H₂SO₄}: Volumen del titulante (ácido sulfúrico) gastado, mL.

N_{H₂SO₄}: Normalidad del ácido sulfúrico, eq/l.

V_{muestra}: Volumen de muestra, mL.

Sustituyendo, el volumen de muestra (25 mL) y la normalidad del titulante (0,02 N) en la ecuación 4.9, se tiene:

$$Alc = 40 \times V_{H_2SO_4}$$

Dureza

$$D_T = \frac{V_{EDTA} \times N_{EDTA} \times 50000}{V_{muestra}} \quad 4.10 \text{ (COVENIN 2771, 1991)}$$

Donde:

D_T: Dureza total, ppmCaCO₃.

V_{EDTA}: Volumen del titulante (EDTA) gastado, mL.

N_{EDTA}: Normalidad del EDTA, eq/l.

Sustituyendo, el volumen de muestra (25 mL) y la normalidad del titulante (0,0171 N) en la ecuación 4.10, se tiene:

$$D_T = 34,2 \times V_{EDTA}$$

4.4.5 Establecimiento de efluente a recuperar

Establecimiento de posibles efluentes a recuperar a través de un análisis a los resultados obtenidos.

4.5. Establecer alternativas de solución de sistemas de recuperación con el objeto de eliminar o disminuir las pérdidas de agua

Para lograr el desarrollo de este objetivo se establecieron las siguientes actividades:

4.5.1 Propuesta de alternativas

Considerando el análisis de las características fisicoquímicas del agua, así como los flujos de las pérdidas de agua determinados a través de balances de masa, se propusieron, con ayuda de personal calificado, posibles alternativas para lograr la eliminación o disminución de las pérdidas de agua.

4.5.2 Identificación de tecnologías

Se reconocieron las distintas tecnologías que permitieron llevar a cabo las alternativas propuestas. Como por ejemplo filtros, tanques de almacenamiento, red de tuberías, etc.

4.5.3 Diseño de alternativas

Se describió cada una de las alternativas y diseño de cada una de ellas, para establecer las formas de recuperación de agua o disminución de dicho consumo.

4.6 Seleccionar la alternativa factible por medio de un análisis costo-beneficio con el fin de garantizar la gestión ambiental de la planta AJEVEN C.A.

Para el logro de este objetivo se establecieron las siguientes actividades:

4.6.1 Análisis costo-beneficio

Mediante un análisis económico de la aplicación individual de cada una de las propuestas se determinó la factibilidad económica para la empresa. Para ello fue necesario tomar en cuenta las siguientes consideraciones:

- Determinación de costos de consumo de agua y químicos del volumen de pérdidas generado en el periodo de evaluación.
- Determinación de la inversión inicial que implica la aplicación de cada una de las alternativas propuestas.
- Determinación del tiempo de retorno de la inversión para cada una.
- Determinación de los indicadores económicos de cada una de las alternativas, verificando la rentabilidad de los flujos extras.

4.6.2 Selección de alternativa

Utilizando una matriz de selección se determinó la alternativa que mejor se adaptó a la disminución del consumo de agua, garantizando así la gestión ambiental de la empresa. Para ellos se tomaron en cuenta los siguientes pasos:

- Establecimiento de los criterios de selección, mediante la discusión con el personal de planta, tutores de la investigación y personal de proyectos.
- Ponderación de cada criterio en base a la importancia dada a cada uno de éstos. Estableciéndose una escala del 1 al 10, donde 1 es el criterio menos importante y el 10 es el criterio más importante.
- Asignación del puntaje correspondiente a cada criterio según la importancia que represente.
- Selección de la alternativa para la solución de la disminución del consumo de agua basándose en aquella que obtiene la mayor ponderación en la matriz.

CAPÍTULO V

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El siguiente capítulo comprende el análisis de los resultados obtenidos de las evaluaciones realizadas en el área productiva. Se presentan de forma estructurada cada una de las fases de la investigación, desde la comprensión de la situación actual en la búsqueda de oportunidades de mejora, que permitan alcanzar la situación deseada para el proceso en estudio.

5.1 Diagnóstico del consumo de agua en Planta AJEVEN C.A. con el fin de reconocer la situación actual mediante un AMEF de proceso

El consumo de agua en planta está centrado en cuatro áreas principales: sala de jarabe, área de llenado, planta de agua y servicios (Figura 1.1); Como primera fase de reconocimiento, se desarrolló la herramienta **5 ¿Por Qué? + 2 ¿Cómo?** (5W2H) de la metodología Seis Sigma. Esta herramienta tuvo como finalidad, identificar la situación actual de la planta, respondiendo preguntas sencillas junto con el personal que opera en la misma, Gerentes, Ingenieros, Técnicos, Operadores, Empleados, Clientes, Proveedores, entre otros, obteniendo como resultado la reformulación del problema en forma clara y puntual.

El proceso en estudio fue el área productiva de la planta, para fines de este trabajo de investigación, y como problema planteado las pérdidas de agua, La información recolectada se presenta en forma resumida en la tabla siguiente:

Tabla 5.1. Herramienta 5 ¿Por qué? + 2 ¿Cómo? Aplicada al área productiva de la planta AJEVEN C.A.

Herramienta: 5¿Por qué? + 2 ¿Cómo?	Aplicado a: El área productiva
Problema: Perdidas de agua. 2008	
¿Por qué es un problema?	
▪ A nivel de costo presenta cifras significativas, asociados a la materia prima y al proceso. ▪ A nivel de buenas prácticas de fabricación: la humedad en el ambiente contribuye con la generación de microorganismos, ocasionando contaminación del producto. ▪ A nivel de mantenibilidad de la maquina: corroe las maquinas, disminuyendo la vida operativa de la misma. ▪ A nivel de ambiente: el uso no adecuado del agua del pozo tiene implicaciones ambientales.	
¿Dónde ocurre el problema?	
• El área de llenado, específicamente en el enjuagador de botellas (toda el agua que enjuaga la botella va directa al drenaje); también en la refrigeración de bombas, válvulas en mal estado, fugas de tuberías, limpieza del área. • Planta de agua, en el retrolavado de filtros, regeneración de los suavizadores, refrigeración de bombas, purgas de las torres de enfriamiento, en válvulas en mal estado, en fugas de tuberías.	
¿A quien afecta?	
A toda el área de producción.	
¿Cuál es la naturaleza del problema?	
Operativo/ Falla de las maquinas y/o procesos/Operación - mano de obra.	
¿Cuándo ocurre el problema?	
• Cuando las líneas están operando. • En paradas cortas imprevistas de las líneas de producción. • Cuando se regeneran los filtros y suavizadores. • Cuando se abren las purgas de las torres de enfriamiento. • Cuando se limpian las áreas.	
¿Cómo sabemos que es un problema?	
• Porque el consumo excesivo de agua generó pérdidas de hasta 50 m³/h, en el mes de abril 2007, cuantificado por un equipo multidisciplinario de la empresa. • Genera grandes costos. • Se observa gran humedad en el ambiente puesto que es derramada en el suelo. • Algunos equipos presenta corrosión.	
¿Cómo se comporta la perdida?	
Tiene un comportamiento variable, debido a la falta de mantenibilidad de las maquinas, de entrenamiento de los operadores y de sistemas de recuperación.	
Reformulación del problema	
El área de llenado y la planta de tratamiento, presentan pérdidas de agua significativas, que afectan directamente los costos de operación, la vida útil de los equipos y podrían afectar la inocuidad del producto. La misma ocurre cuando las líneas están operando, cuando se hacen las limpiezas de áreas y en paradas imprevistas de la planta, teniendo un comportamiento variable debido a la falta de mantenibilidad de las maquinas, técnica de los operadores y de sistemas de recuperación, afectando directamente el área productiva.	

La información obtenida en la fase anterior, indicó de manera general, que las pérdidas de agua en la planta fue un problema importante; sin embargo, fue necesario aplicar las siguientes herramientas para determinar la causa raíz:

- Diagrama de Pareto.
- Matriz de causa y efecto.
- AMEF.
- Diagrama de Causa y Efecto.

Para el desarrollo de las herramientas antes mencionadas, fue necesario conocer a cabalidad el proceso productivo y las variables que intervinieron en el mismo, que pudieron afectar el problema en estudio; para ello se desarrollaron mapas de proceso de alto nivel y detallados de los procesos mas relevantes (Tabla 5.1, ¿Dónde Ocurre el Problema?), los cuales se muestran en la siguiente sección.

5.1.1 Desarrollo de los Mapas del Proceso Productivo

La herramienta del mapa de proceso tiene como finalidad, identificar elementos claves del proceso, proveedores, clientes directos, resultados actuales del proceso, entre otros, permitiendo obtener información de las áreas de interés.

5.1.1.1 Mapa de Proceso de Alto Nivel

Los mapas de proceso se elaboraron para la planta de tratamiento de agua y el proceso de llenado. Los resultados obtenidos, se muestran en las siguientes tablas:

Tabla 5.2. Mapa de proceso de alto nivel aplicado a la planta de tratamiento de AJEVEN C.A.

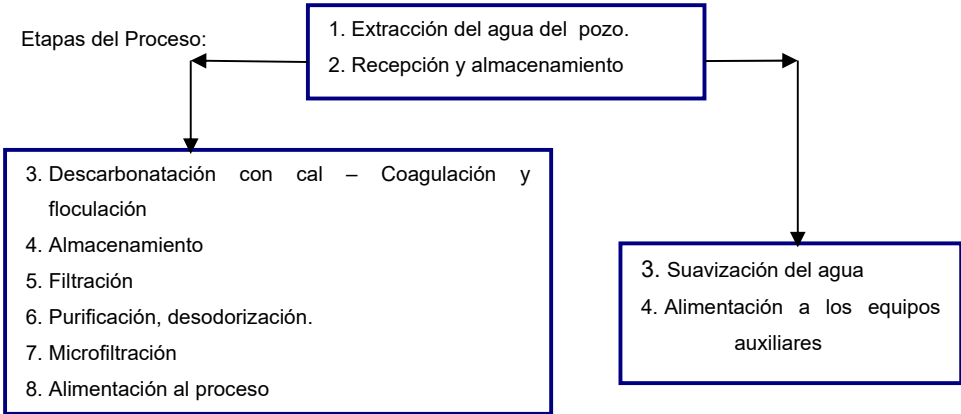
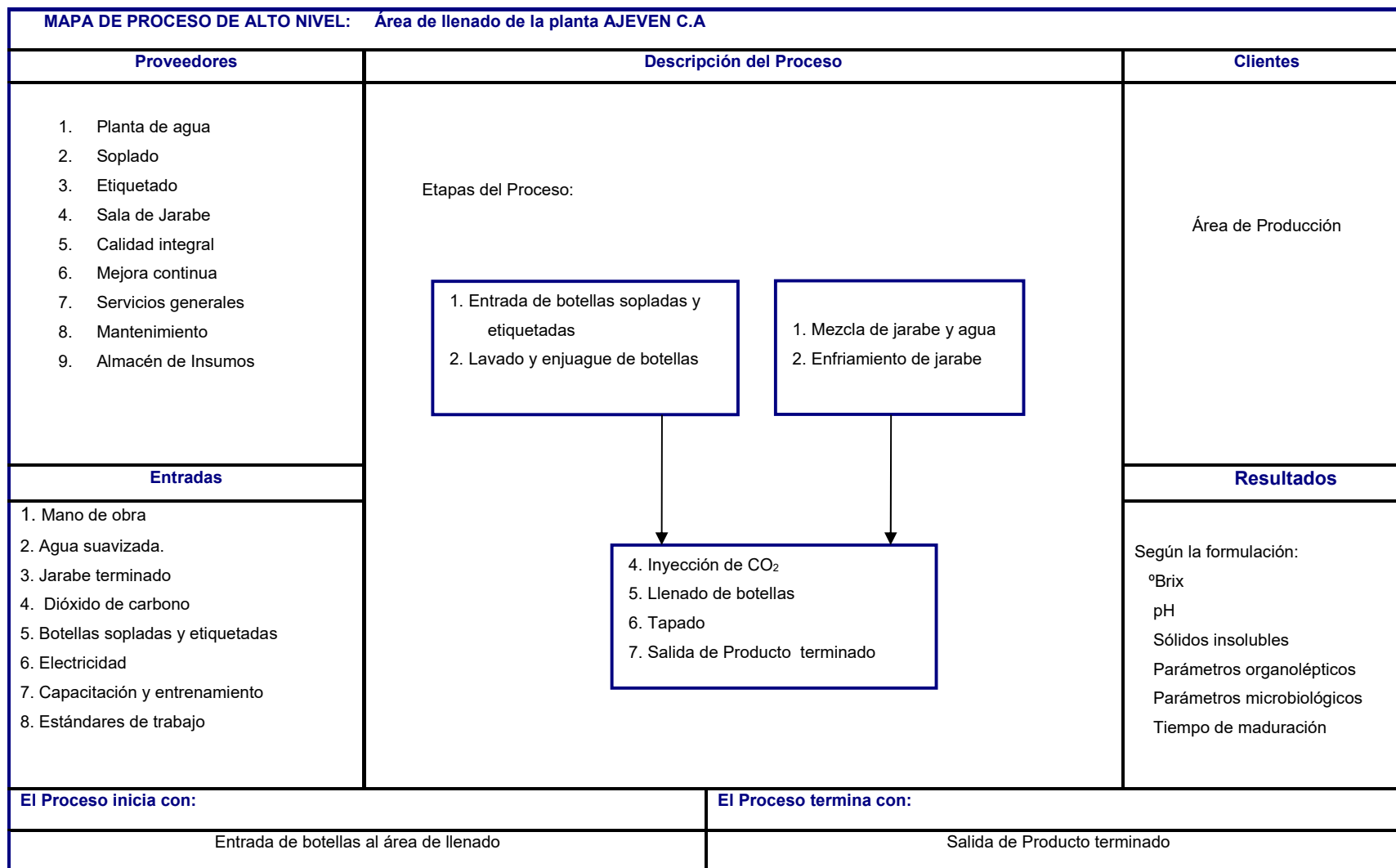
MAPA DE PROCESO DE ALTO NIVEL: Planta de tratamiento del agua de AJEVEN C.A.		
Proveedores	Descripción del Proceso	Clientes
INTERNOS: - Recursos humanos - Mantenimiento - Aseguramiento de la calidad - Proyectos - Mejora Continua EXTERNOS: - MAXICAL - FAMELER - NALCO - Proveedor de Salmuera - Proveedor de Cloruro de calcio	Etapas del Proceso:  <pre> graph TD A[1. Extracción del agua del pozo.] --> B[2. Recepción y almacenamiento] B --> C[3. Descarbonatación con cal - Coagulación y floculación] C --> D[4. Almacenamiento] D --> E[5. Filtración] E --> F[6. Purificación, desodorización.] F --> G[7. Microfiltración] G --> H[8. Alimentación al proceso] B --> I[3. Suavización del agua] I --> J[4. Alimentación a los equipos auxiliares] </pre>	INTERNOS: - Sala de preparación de jarabes - Llenado - Equipos auxiliares. - Mantenimiento
Entradas	Resultados	
- Mano de obra - Cal hidratada (hidróxido de Calcio) - Hipoclorito de calcio (HTH) - Polihidróxido de aluminio (Meler 280) - Electricidad - Capacitación y entrenamiento - Estándares de trabajo	- Calidad del agua organoléptica: - Olor y color: Inodoro e incoloro - Sabor: sin sabor - Turbidez: máx. 5 ntu - Calidad del agua fisicoquímica para la elaboración de la bebida: - Alcalinidad total: 5 – 20 ppm CaCO₃ - Índice de alcalinidad (2p – m): (-4) – (+10) - Dureza total: 50 – 200 ppm CaCO₃ - Dureza Cálctica: 50 – 150 ppm CaCO₃ - Dureza Magnésica: 50 – 150 ppm CaCO₃ - pH: 9 - 10	Metales: Según Normas internas de la empresa - Calidad del agua fisicoquímica para equipos auxiliares: - Dureza total: 0 ppm CaCO₃ - pH: 6,5 – 8,0 - Calidad del agua microbiológica: - Bacterias: < 100 ufc/mL - Hongos y levaduras: < 100 ufc/mL - Coliformes Totales: < 3 nmp/mL - Pseudomónas: < 3 nmp/mL
El Proceso inicia con:		El Proceso termina con:
Extracción del agua del pozo		Alimentación al proceso y a los equipos auxiliares.

Tabla 5.3. Mapa de proceso aplicado al área de llenado de la planta AJEVEN C.A.



Cada mapa mostró de manera general (Tablas 5.2 y 5.3), las variables asociadas al funcionamiento del proceso, lo cual fue clave para orientar la búsqueda de las causas que pudieran afectar las áreas productivas. Posteriormente, fue necesario detallar cada proceso como una secuencia de pasos, con salidas claves para cada cliente interno y variables de entradas que las afectan, las cuales se muestran a continuación en los mapas de proceso detallados.

5.1.1.2 Mapa de Proceso Detallado

El desarrollo del mapa de proceso detallado, permite magnificar áreas insignificantes y clasificar las variables según su condición:

- ***Critica (Cr)***: variables que demuestran tener un impacto importante en la variabilidad de las salidas,
- ***Controlable (C)***: variables que pueden ser manipuladas para ver el efecto en las salidas,
- ***Ruidosas (n)***: variables que impactan la variable de salida, pero son difíciles de controlar, tales como: condiciones ambientales,
- ***Estándares de operación (SOP)***: variables asociadas a procedimientos estandarizados para operar el proceso, ejemplo: instrucciones de trabajo.

Los resultados obtenidos se muestran en las Figuras 5.1 y 5.2:

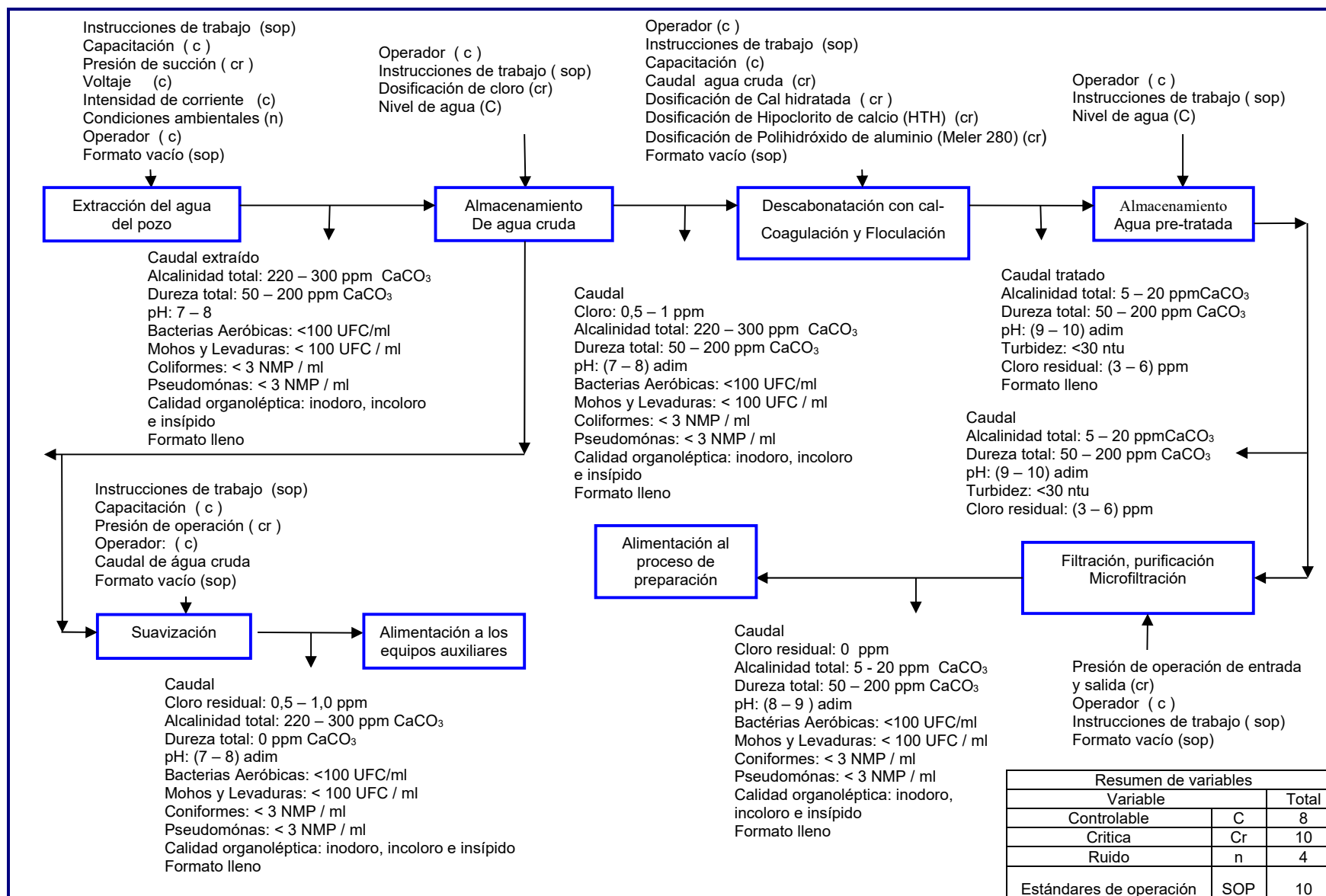


Figura 5.1. Mapa de proceso detallado de la planta de tratamiento de agua de AJEVEN C.A. 2008

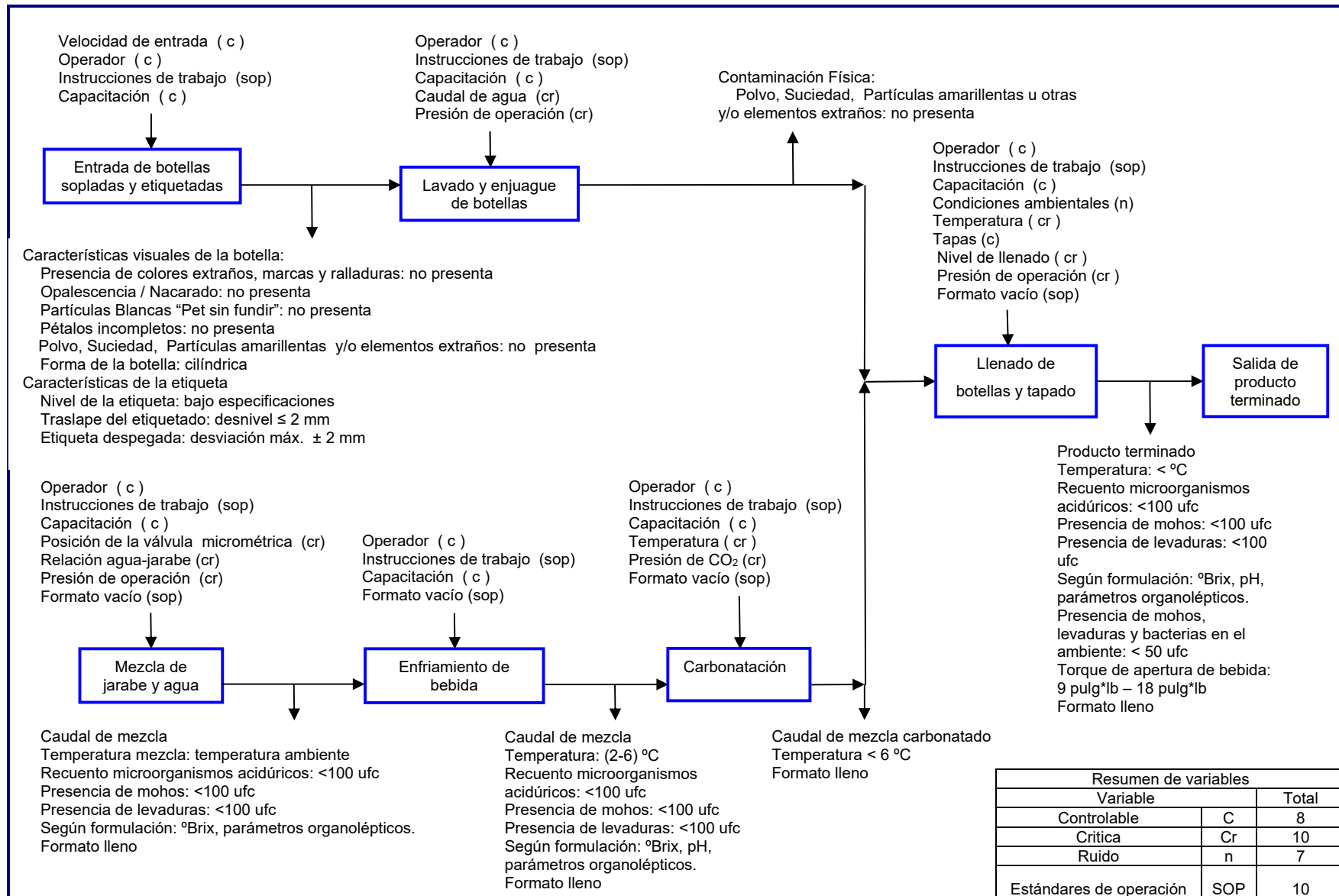


Figura 5.2. Mapa de proceso detallado del área de llenado de la planta AJEVEN C.A. 2008

La información recolectada con estas herramientas, permitió conocer a detalle el funcionamiento de las áreas en evaluación. Las variables de entradas mostradas, fueron claves para el buen funcionamiento del proceso, debido a que una desviación de las mismas causaría un efecto importante sobre las salidas. La clasificación de cada variable de entrada se analizó según el tipo, y los resultados se muestran a continuación:

- Entre las variables controlables se obtuvo: voltaje, intensidad de corriente, operador, nivel de agua, tapas, velocidad de entrada y capacitación. Todas estas variables son controlables porque se pueden ajustar a las necesidades del proceso. Por ejemplo: si la velocidad de entrada de las botellas es muy alta, se disminuye en el panel de control hasta obtener la velocidad deseada.
- La variable identificada como ruido, fue las condiciones ambientales. El periodo de lluvias puede afectar las propiedades fisicoquímicas del agua del pozo, trayendo esto como consecuencia, una posible parada de planta por falta de agua. Para controlar este efecto, se tendría que detener las lluvias cosa que es imposible, por esta razón es una variable ruido.
- Las instrucciones de trabajo y los formatos de control vacío, son procedimientos estandarizados que se necesitan para operar el proceso, por tal motivo se calificó como variables de estándares de operación.
- Las variables críticas identificadas fueron las siguientes: caudal de agua, presión de operación, temperatura, nivel de llenado, presión de CO₂, posición de la válvula micrométrica, relación agua-jarabe, presión de succión, dosificación de cloro, nivel de llenado, dosificación de cal hidratada, dosificación de hipoclorito de calcio y la dosificación de polihidróxido de aluminio. Todo este grupo de variables causaron un impacto importante en las salidas de cada proceso al que pertenecen, por este motivo se califican como críticas.

El análisis descrito anteriormente, se desarrolló con cada una de las variables de entrada al proceso, la cual permitió el desarrollo de la siguiente herramienta de análisis.

5.1.2 Matriz de Causa y Efecto del proceso productivo

La información aportada por esta herramienta, permitió la ponderación de las variables de entrada según su efecto en las salidas claves, las cuales están clasificadas según su importancia. El desarrollo de la matriz consistió, en los criterios ponderados asignados por un grupo multidisciplinario de la empresa, de acuerdo a la relación con las variables de salida, haciendo uso de la tabla siguiente:

Tabla 5.4. Ponderación dada por cada tipo de relación en la matriz causa efecto

Ponderación	Tipo de relación
0	No hay relación
1	Relación débil
4	Relación Moderada
9	Relación Fuerte

Fuente: Mejora Continua. AJEVEN C.A.

Las entradas listadas en la matriz correspondieron a las obtenidas en el mapa de proceso detallado, mientras que las variables de salida se listan a continuación:

- **Rendimiento:** indica la cantidad de agua aprovechada en toda el área productiva.
- **Costo de la Pérdida:** permite evaluar con números los costos que genera el uso inadecuado del agua.
- **Calidad e inocuidad del agua:** indicador de las condiciones necesarias para el uso del recurso.
- **Desarrollo sustentable:** asociado al cuidado de los recursos naturales.

Las variables de salida fueron asignadas de acuerdo a los objetivos planteados del trabajo especial de grado, debido a que proporcionan información suficiente para lograr cada uno de los objetivos (Tabla 5.5).

Tabla 5.5. Matriz causa – efecto aplicada al área productiva de la planta AJEVEN C.A.

MATRIZ DE CAUSA - EFECTO										
Proceso			Salidas del Proceso							
PROCESO DE PRODUCCIÓN DE AJEVEN			1	2	3	4				
			RENDIMIENTO DE AGUA	COSTO DE PÉRDIDA	CALIDAD E INOCUIDAD DEL AGUA	DESARROLLO SOSTENIBLE				
nº	Paso del Proceso	Entradas del Proceso	Importancia (1 a 10)				Total	%	%ACUM	
			10	8	9	7				
1	GENERAL	SUPERVISIÓN (Cr)	9	9	9	9	306	7,6%	7,6%	
2	DESCARBONATACIÓN CON CAL	CAUDAL DE AGUA (Cr)	9	9	9	9	306	7,6%	15,3%	
3	SUAVIZACIÓN	CAUDAL DE AGUA (Cr)	9	9	9	9	306	7,6%	22,9%	
4	ENJUAGUE DE BOTELLAS	CAUDAL DE AGUA (Cr)	9	9	9	9	306	7,6%	30,5%	
5	GENERAL	CAPACITACIÓN Y ENTRENAMIENTO (Cr)	9	4	9	9	266	6,6%	37,2%	
6	GENERAL	OPERADOR (Cr)	9	4	9	4	231	5,8%	42,9%	
7	LLENADO-CAPSULADO	NIVEL DE LLENADO (Cr)	9	9	4	0	198	4,9%	47,9%	
8	MEZCLA AGUA-JARABE	POSICIÓN DE LA VÁLVULA MICROMÉTRICA (Cr)	9	9	0	0	162	4,0%	51,9%	
9	MEZCLA AGUA-JARABE	RELACIÓN AGUA-JARABE (Cr)	9	9	0	0	162	4,0%	56,0%	
10	GENERAL	ESTÁNDARES DE OPERACIÓN (Cr)	4	4	9	1	160	4,0%	60,0%	
11	DESCARBONATACIÓN CON CAL	DOSIS DE HIDRÓXIDO DE CALCIO (Cr)	4	4	9	1	160	4,0%	64,0%	
12	DESCARBONATACIÓN CON CAL	DOSIS DE HIPOCLORITO DE CALCIO (Cr)	4	4	9	1	160	4,0%	68,0%	
13	DESCARBONATACIÓN CON CAL	DOSIS DE POLIHIDROXIDO DE ALUMINIO (Cr)	4	4	9	1	160	4,0%	71,9%	
14	DESCARBONATACIÓN CON CAL	NIVEL DE LODOS (C)	4	4	9	0	153	3,8%	75,8%	
15	FILTRACIÓN, PURIFICACIÓN Y MICROFILTRACIÓN	PRESIÓN DE SALIDA (Cr)	9	4	0	0	122	3,0%	78,8%	
16	SUAVIZACIÓN	PRESIÓN DE SALIDA (Cr)	9	4	0	0	122	3,0%	81,9%	
17	GENERAL	FORMATOS DE REGISTRO Y CONTROL (Cr)	4	4	4	1	115	2,9%	84,7%	
18	LLENADO-CAPSULADO	HUMEDAD DEL AMBIENTE (n)	4	4	4	1	115	2,9%	87,6%	
19	ALMACENAJE DE AGUA CRUDA	DOSIFICACIÓN DE CLORO (Cr)	1	1	9	1	106	2,6%	90,2%	
20	EXTRACCIÓN DE AGUA	LLUVIA (n)	1	4	4	1	85	2,1%	92,4%	
21	SUAVIZACIÓN	VOLUMEN DE RESINA (Cr)	4	1	4	0	84	2,1%	94,5%	
22	FILTRACIÓN, PURIFICACIÓN Y MICROFILTRACIÓN	PRESIÓN DE ENTRADA (Cr)	4	1	0	0	48	1,2%	95,7%	
23	SUAVIZACIÓN	PRESIÓN DE ENTRADA (Cr)	4	1	0	0	48	1,2%	96,9%	
24	ENFRIAMIENTO	PRESIÓN DE AMONIACO (Cr)	1	1	0	0	18	0,4%	97,3%	
25	ENFRIAMIENTO	NIVEL DE AMONIACO LÍQUIDO (Cr)	1	1	0	0	18	0,4%	97,8%	
26	CARBONATACION	TEMPERATURA (Cr)	1	1	0	0	18	0,4%	98,2%	
27	CARBONATACION	PRESIÓN (Cr)	1	1	0	0	18	0,4%	98,7%	
28	CARBONATACION	CAUDAL DE BEBIDA (Cr)	1	1	0	0	18	0,4%	99,1%	
29	CARBONATACION	CAUDAL DE CO2 (Cr)	1	1	0	0	18	0,4%	99,6%	
30	LLENADO-CAPSULADO	PRESIÓN DE OPERACIÓN (Cr)	1	1	0	0	18	0,4%	100,0%	
31	EXTRACCIÓN DE AGUA	PRESIÓN DE SUCCIÓN (Cr)	0	0	0	0	0	0,0%	100,0%	
32	EXTRACCIÓN DE AGUA	VOLTAJE (C)	0	0	0	0	0	0,0%	100,0%	
33	EXTRACCIÓN DE AGUA	CORRIENTE (C)	0	0	0	0	0	0,0%	100,0%	
34	ALMACENAJE DE AGUA CRUDA	NIVEL DE AGUA (C)	0	0	0	0	0	0,0%	100,0%	
35	ALMACENAJE DE AGUA PRETRATADA	NIVEL DE AGUA (C)	0	0	0	0	0	0,0%	100,0%	
36	ENTRADA DE BOTELLAS A LLENADO	VELOCIDAD DE ENTRADA (C)	0	0	0	0	0	0,0%	100,0%	
37	ENJUAGUE DE BOTELLAS	PRESIÓN DE OPERACIÓN (Cr)	0	0	0	0	0	0,0%	100,0%	
38	LLENADO-CAPSULADO	TEMPERATURA (Cr)	0	0	0	0	0	0,0%	100,0%	
39	LLENADO-CAPSULADO	TAPAS (C)	0	0	0	0	0	0,0%	100,0%	
Total			1480	976	1152	399	4007	100,0%	----	

Para observar claramente los resultados de la herramienta, se construyó un gráfico de Pareto (Figura 5.3), con la finalidad de identificar el grupo de variables de entrada con mayor incidencia en las salidas.

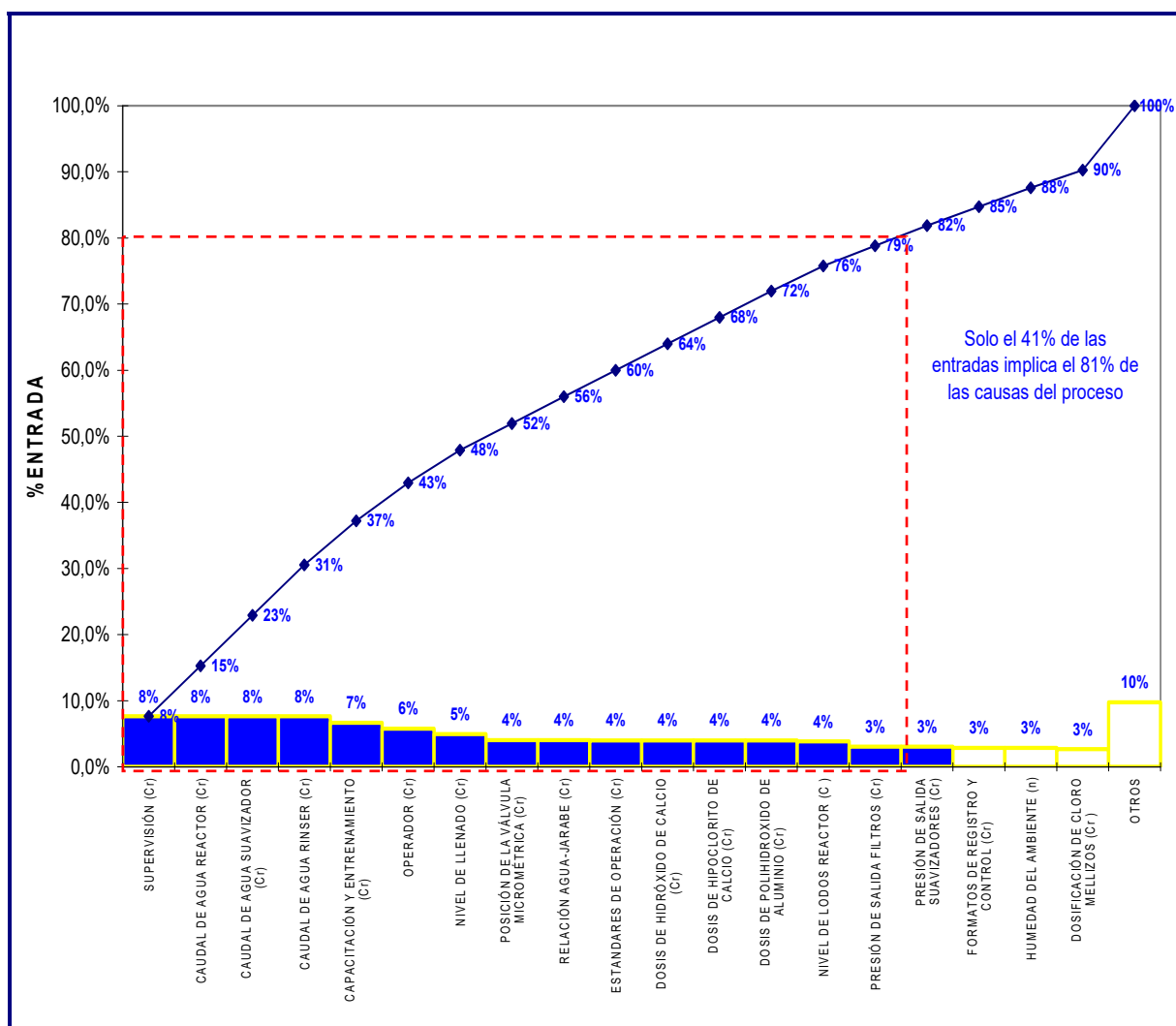


Figura 5.3. Gráfico de Pareto. Ponderación de las entradas del proceso asociadas al consumo de agua.

Del gráfico se obtuvo de acuerdo al principio de Pareto, que solo el 41% de las entradas del proceso, tuvieron un impacto del 81% en las salidas claves (rendimiento, calidad e inocuidad, costo de la pérdida y desarrollo sustentable).

El resumen de las entradas con mayor efecto en las salidas, se muestran en la Tabla 5.6:

Tabla 5.6. Resumen de las variables de entrada con mayor puntuación obtenida de la matriz de causa – efecto

Nº	Paso del proceso	Entrada del proceso	Puntuación
1	General	Supervisión (Cr)	306
2	Descarbonatación con cal	Caudal de Agua (Cr)	306
3	Suavización	Caudal de Agua (Cr)	306
4	Enjuague de botellas	Caudal de Agua (Cr)	306
5	General	Capacitación Y Entrenamiento (Cr)	266
6	General	Operador (Cr)	231
7	Llenado-capsulado	Nivel de Llenado (Cr)	198
8	Mezcla agua-jarabe	Posición de La Válvula Micrométrica (Cr)	162
9	Mezcla agua-jarabe	Relación Agua-Jarabe (Cr)	162
10	General	Estándares de Operación (Cr)	160
11	Descarbonatación con cal	Dosis de Hidróxido de Calcio (Cr)	160
12	Descarbonatación con cal	Dosis De Hipoclorito de Calcio (Cr)	160
13	Descarbonatación con cal	Dosis de Polihidroxido de Aluminio (Cr)	160
14	Descarbonatación con cal	Nivel de Lodos (C)	153
15	Filtración, purificación y microfiltración	Presión de Salida (Cr)	122
16	Suavización	Presión de Salida (Cr)	122

Se observó que cuatro de las entradas listadas, obtuvieron puntuaciones idénticas, (La supervisión y el caudal de agua manejado en los suavizadores, los reactores y en el enjuagador de botellas). Estas variables están clasificadas como críticas, indicando que

pueden afectar de manera importante las condiciones de salida, tal como se asociaron en el mapa de proceso detallado y como se observa de acuerdo a la ponderación recibida en la matriz. (Figuras 5.1 y 5.2).

De los aspectos generales (Supervisión, entrenamiento, entre otros, Tabla 5.5), la supervisión presento mayor puntuación. Esto pudiera estar asociado al número de efectos que causaría, una falla en la supervisión de los procesos, ejemplo, el descontrol de los parámetros fisicoquímicos del agua suavizada. El resto de las entradas de aspecto general, causarían un efecto menos impactante de acuerdo a lo obtenido en la matriz.

Las variables restantes pudieran causar un efecto significativo en las salidas claves, pero de menos impacto que las mencionadas anteriormente, sin embargo para comprobar este efecto, se procedió a desarrollar el análisis del modo y efecto de la falla (AMEF) con las variables listadas en la Tabla 5.5.

5.1.3 Análisis del Modo y Efecto de la Falla

La aplicación de esta herramienta tuvo como finalidad, detectar los modos de fallas de las variables seleccionadas en la matriz de causa-efecto.

El desarrollo consistió en identificar todas las posibles fallas, causas y efectos de cada una de las variables y asignar con ayuda de un grupo multidisciplinario, la ponderación de severidad (Sev), ocurrencia (Occ) y detección (Det), para luego obtener el número prioritario de riesgo (NPR). La ponderación se asignó de acuerdo a la escala de clasificación. (Anexo 1).

El resultado obtenido se muestra en la Tabla 5.7:

Tabla 5.7. Análisis del modo y efecto de la falla aplicado al área productiva de la planta AJEVEN C.A.

Nº	Paso del Proceso	Entrada del Proceso	Modo Potencial de Falla (FM)	Efectos Potenciales de la Falla	S E V	Causas Potenciales	O C C	Controles Vigentes	D E T	R P N
1	GENERAL	SUPERVISIÓN (Cr)	DEFICIENTE	AUMENTO DE LAS PÉRDIDAS DE AGUA/ PARAMETROS DE CALIDAD FUERA DE ESPECIFICACIÓN	7	DESMOTIVACION, DESAPEGO, DESINTERES	6	APLICACIÓN DE KAIZEN, RECONOCIMIENTO 5BAS, BONO DE PRODUCCIÓN	6	252
2	GENERAL	SUPERVISIÓN (Cr)	DEFICIENTE	AUMENTO DE LAS PÉRDIDAS DE AGUA/ PARAMETROS DE CALIDAD FUERA DE ESPECIFICACIÓN	7	FALTA DE EXPERTICIA TÉCNICA/ NO TIENE LAS COMPETENCIAS COMPLETAS	6	RECLUTAMIENTO Y SELECCIÓN DE PERSONAL, ENTREVISTA TÉCNICA	5	210
3	DESCARBONATACIÓN CON CAL	CAUDAL DE AGUA (Cr)	CAUDAL DE AGUA BAJO	CALIDAD DEL AGUA FUERA DE ESPECIFICACIÓN	7	FALLA EN LA BOMBA	2	PLAN DE LA CALIDAD DE PLANTA DE AGUA, FORMATOS DE REGISTRO, AUDITORIA DE LA CALIDAD	6	84
4	DESCARBONATACIÓN CON CAL	CAUDAL DE AGUA (Cr)	CAUDAL DE AGUA BAJO	CALIDAD DEL AGUA FUERA DE ESPECIFICACIÓN	7	VALVULA ESTRANGULADA, DAÑADA	2	PLAN DE LA CALIDAD DE PLANTA DE AGUA, FORMATOS DE REGISTRO, AUDITORIA DE LA CALIDAD	7	98
5	DESCARBONATACIÓN CON CAL	CAUDAL DE AGUA (Cr)	CAUDAL DE AGUA ALTO	CALIDAD DEL AGUA FUERA DE ESPECIFICACIÓN	7	VALVULA 100% ABIERTA	1	PLAN DE LA CALIDAD DE PLANTA DE AGUA, FORMATOS DE REGISTRO, AUDITORIA DE LA CALIDAD	3	21
6	SUAVIZACIÓN	CAUDAL DE AGUA (Cr)	CAUDAL DE AGUA ALTO	CALIDAD DEL AGUA FUERA DE PARAMETROS	6	VALVULA 100% ABIERTA	3	PLAN DE LA CALIDAD DE PLANTA DE AGUA, FORMATOS DE REGISTRO, AUDITORIA DE LA CALIDAD	4	72
7	SUAVIZACIÓN	CAUDAL DE AGUA (Cr)	CAUDAL DE AGUA BAJO	CALIDAD DEL AGUA FUERA DE PARAMETROS	6	FALLA EN LA BOMBA	4	PLAN DE LA CALIDAD DE PLANTA DE AGUA, FORMATOS DE REGISTRO, AUDITORIA DE LA CALIDAD	4	96
8	SUAVIZACIÓN	CAUDAL DE AGUA (Cr)	CAUDAL DE AGUA BAJO	CALIDAD DEL AGUA FUERA DE PARAMETROS	6	VALVULA ESTRANGULADA, DAÑADA	3	PLAN DE LA CALIDAD DE PLANTA DE AGUA, FORMATOS DE REGISTRO, AUDITORIA DE LA CALIDAD	4	72
9	ENJUAGUE DE BOTELLAS	CAUDAL DE AGUA (Cr)	CAUDAL DE AGUA ALTO	PERDIDA ELEVADA DE AGUA	7	VALVULA 100% ABIERTA	8	NINGUNO	10	560
10	ENJUAGUE DE BOTELLAS	CAUDAL DE AGUA (Cr)	CAUDAL DE AGUA ALTO	PERDIDA ELEVADA DE AGUA	7	VALVULAS DEL ENJUAGADOR DAÑADAS Y QUEDAN ABIERTAS	8	NINGUNO	10	560
11	ENJUAGUE DE BOTELLAS	CAUDAL DE AGUA (Cr)	CAUDAL DE AGUA ALTO	PERDIDA ELEVADA DE AGUA	7	PRESIÓN DE ALIMENTACIÓN ELEVADA	6	NINGUNO	10	420
12	ENJUAGUE DE BOTELLAS	CAUDAL DE AGUA (Cr)	CAUDAL DE AGUA BAJO	RIESGO DE INOCUIDAD EN EL PRODUCTO POR PARTICULAS FISICAS (> 7 mm)	8	VALVULAS DEL ENJUAGADOR DAÑADAS Y QUEDAN CERRADAS	8	NINGUNO	10	640
13	ENJUAGUE DE BOTELLAS	CAUDAL DE AGUA (Cr)	CAUDAL DE AGUA BAJO	RIESGO DE INOCUIDAD EN EL PRODUCTO POR PARTICULAS FISICAS (> 7 mm)	8	MANGUERAS DESCONECTADAS/ DAÑADAS	8	NINGUNO	10	640
14	ENJUAGUE DE BOTELLAS	CAUDAL DE AGUA (Cr)	CAUDAL DE AGUA BAJO	RIESGO DE INOCUIDAD EN EL PRODUCTO POR PARTICULAS FISICAS (> 7 mm)	8	PRESIÓN DE ALIMENTACIÓN BAJA	6	NINGUNO	10	480
15	ENJUAGUE DE BOTELLAS	CAUDAL DE AGUA (Cr)	CAUDAL DE AGUA BAJO	RIESGO DE INOCUIDAD EN EL PRODUCTO POR PARTICULAS FISICAS (> 7 mm)	8	VALVULA ESTRANGULADA, DAÑADA	8	NINGUNO	10	640
16	GENERAL	CAPACITACIÓN Y ENTRENAMIENTO (Cr)	APLICACIÓN DE TÉCNICAS DEFICIENTE (EMPLEADO-OBRAERO)	AUMENTO DE LAS PÉRDIDAS DE AGUA/ PARAMETROS DE CALIDAD FUERA DE ESPECIFICACIÓN	7	ESTRATEGIA DEFICIENTE	4	APLICACIÓN DE KAIZEN, RECONOCIMIENTO 5BAS, BONO DE PRODUCCIÓN	4	112
17	GENERAL	OPERADOR (Cr)	INEFICIENTE	AUMENTO DE LAS PÉRDIDAS DE AGUA/ PARAMETROS DE CALIDAD FUERA DE ESPECIFICACIÓN	7	DESMOTIVACION, DESAPEGO, DESINTERES	6	APLICACIÓN DE KAIZEN, RECONOCIMIENTO 5BAS, BONO DE PRODUCCIÓN	6	252

Tabla 5.7 (Cont.). Análisis del modo y efecto de la falla aplicado al área productiva de la planta AJEVEN C.A.

Nº	Paso del Proceso	Entrada del Proceso	Modo Potencial de Falla (FM)	Efectos Potenciales de la Falla	S E V	Causas Potenciales	D C	Controles Vigentes	D E T	R P N
18	GENERAL	OPERADOR (Cr)	INEFICIENTE	AUMENTO DE LAS PÉRDIDAS DE AGUA/ PARAMETROS DE CALIDAD FUERA DE ESPECIFICACIÓN	7	FALTA DE EXPERTICIA TECNICA/ NO TIENE LAS COMPETENCIAS COMPLETAS	6	RECLUTAMIENTO Y SELECCIÓN DE PERSONAL, ENTREVISTA TECNICA	5	210
19	LLENADO-CAPSULADO	NIVEL DE LLENADO (Cr)	NIVEL ALTO	ERRORES EN EL RENDIMIENTO DE AGUA REPORTADO	6	ELETROIMAN DE VÁLVULA DE LLENADO AJUSTADO SUPERIOR A LA ALTURA PREDEFINIDA / TUBO DE VENTEO CORTO	5	INSPECCION VISUAL	8	240
20	LLENADO-CAPSULADO	NIVEL DE LLENADO (Cr)	NIVEL BAJO	ERRORES EN EL RENDIMIENTO DE AGUA REPORTADO	6	FUGAS POR SELLOS DE LAS VALVULAS	7	INSPECCION VISUAL	4	168
21	LLENADO-CAPSULADO	NIVEL DE LLENADO (Cr)	NIVEL BAJO	ERRORES EN EL RENDIMIENTO DE AGUA REPORTADO	6	ELETROIMAN DE VÁLVULA DE LLENADO AJUSTADO INFERIOR A LA ALTURA PREDEFINIDA / TUBO DE VENTEO LARGO	5	INSPECCION VISUAL	8	240
22	MEZCLA AGUA-JARABE	RELACIÓN AGUA-JARABE (Cr)	AGUA > JARABE	GRADOS BRUX FUERA DE PARAMETROS	7	VÁLVULA MICROMETRICA ABIERTA SUPERIOR A LO ESTABLECIDO	4	PLAN DE LA CALIDAD DE LLENADO, FORMATOS DE REGISTRO, AUDITORIA DE LA CALIDAD	4	112
23	MEZCLA AGUA-JARABE	RELACIÓN AGUA-JARABE (Cr)	AGUA < JARABE	GRADOS BRUX FUERA DE PARAMETROS	7	VÁLVULA MICROMETRICA ABIERTA POR DEBAJO A LO ESTABLECIDO	4	PLAN DE LA CALIDAD DE LLENADO, FORMATOS DE REGISTRO, AUDITORIA DE LA CALIDAD	4	112
24	GENERAL	ESTANDARES DE OPERACIÓN (Cr)	DEFICIENTE	AUMENTO DE LAS PÉRDIDAS DE AGUA/ PARAMETROS DE CALIDAD FUERA DE ESPECIFICACIÓN	7	FALTA DE EXPERTICIA TECNICA/ DESCONOCIMIENTO DEL PROCESO	5	RECLUTAMIENTO Y SELECCIÓN DE PERSONAL, EDUCACIÓN Y FORMACIÓN INTERNA	4	140
25	DESCARBONATACIÓN CON CAL	DOSIS DE HIDRÓXIDO DE CALCIO (Cr)	DOSIS ALTA	CALIDAD DEL AGUA FUERA DE ESPECIFICACIÓN	7	DOSIFICADOR DAÑADO	2	PLAN DE LA CALIDAD DE PLANTA DE AGUA, FORMATOS DE REGISTRO, AUDITORIA DE LA CALIDAD	3	42
26	DESCARBONATACIÓN CON CAL	DOSIS DE HIDRÓXIDO DE CALCIO (Cr)	DOSIS ALTA	CALIDAD DEL AGUA FUERA DE ESPECIFICACIÓN	7	DOSIFICADOR DESAJUSTADO	6	PLAN DE LA CALIDAD DE PLANTA DE AGUA, FORMATOS DE REGISTRO, AUDITORIA DE LA CALIDAD	6	252
27	DESCARBONATACIÓN CON CAL	DOSIS DE HIDRÓXIDO DE CALCIO (Cr)	DOSIS BAJA	CALIDAD DEL AGUA FUERA DE ESPECIFICACIÓN	7	DOSIFICADOR DESAJUSTADO	6	PLAN DE LA CALIDAD DE PLANTA DE AGUA, FORMATOS DE REGISTRO, AUDITORIA DE LA CALIDAD	6	252
28	DESCARBONATACIÓN CON CAL	DOSIS DE HIDRÓXIDO DE CALCIO (Cr)	DOSIS BAJA	CALIDAD DEL AGUA FUERA DE ESPECIFICACIÓN	7	DOSIFICADOR DAÑADO	2	PLAN DE LA CALIDAD DE PLANTA DE AGUA, FORMATOS DE REGISTRO, AUDITORIA DE LA CALIDAD	3	42
29	DESCARBONATACIÓN CON CAL	DOSIS DE HIPOCLORITO DE CALCIO (Cr)	DOSIS ALTA	CALIDAD DEL AGUA FUERA DE ESPECIFICACIÓN	7	DOSIFICADOR DAÑADO	2	PLAN DE LA CALIDAD DE PLANTA DE AGUA, FORMATOS DE REGISTRO, AUDITORIA DE LA CALIDAD	3	42
30	DESCARBONATACIÓN CON CAL	DOSIS DE HIPOCLORITO DE CALCIO (Cr)	DOSIS ALTA	CALIDAD DEL AGUA FUERA DE ESPECIFICACIÓN	7	DOSIFICADOR DESAJUSTADO	6	PLAN DE LA CALIDAD DE PLANTA DE AGUA, FORMATOS DE REGISTRO, AUDITORIA DE LA CALIDAD	6	252
31	DESCARBONATACIÓN CON CAL	DOSIS DE HIPOCLORITO DE CALCIO (Cr)	DOSIS BAJA	CALIDAD DEL AGUA FUERA DE ESPECIFICACIÓN	7	DOSIFICADOR DAÑADO	2	PLAN DE LA CALIDAD DE PLANTA DE AGUA, FORMATOS DE REGISTRO, AUDITORIA DE LA CALIDAD	3	42
32	DESCARBONATACIÓN CON CAL	DOSIS DE HIPOCLORITO DE CALCIO (Cr)	DOSIS BAJA	CALIDAD DEL AGUA FUERA DE ESPECIFICACIÓN	7	DOSIFICADOR DESAJUSTADO	6	PLAN DE LA CALIDAD DE PLANTA DE AGUA, FORMATOS DE REGISTRO, AUDITORIA DE LA CALIDAD	6	252
33	DESCARBONATACIÓN CON CAL	DOSIS DE POLIHIDROXIDO DE ALUMINIO (Cr)	DOSIS ALTA	CALIDAD DEL AGUA FUERA DE ESPECIFICACIÓN	7	DOSIFICADOR DAÑADO	2	PLAN DE LA CALIDAD DE PLANTA DE AGUA, FORMATOS DE REGISTRO, AUDITORIA DE LA CALIDAD	3	42
34	DESCARBONATACIÓN CON CAL	DOSIS DE POLIHIDROXIDO DE ALUMINIO (Cr)	DOSIS ALTA	CALIDAD DEL AGUA FUERA DE ESPECIFICACIÓN	7	FRECUENCIA DE LA BOMBA DOSIFICADORA DESAJUSTADA	6	PLAN DE LA CALIDAD DE PLANTA DE AGUA, FORMATOS DE REGISTRO, AUDITORIA DE LA CALIDAD	6	252
35	DESCARBONATACIÓN CON CAL	DOSIS DE POLIHIDROXIDO DE ALUMINIO (Cr)	DOSIS BAJA	CALIDAD DEL AGUA FUERA DE ESPECIFICACIÓN	7	DOSIFICADOR DAÑADO	2	PLAN DE LA CALIDAD DE PLANTA DE AGUA, FORMATOS DE REGISTRO, AUDITORIA DE LA CALIDAD	3	42
36	DESCARBONATACIÓN CON CAL	DOSIS DE POLIHIDROXIDO DE ALUMINIO (Cr)	DOSIS BAJA	CALIDAD DEL AGUA FUERA DE ESPECIFICACIÓN	7	FRECUENCIA DE LA BOMBA DOSIFICADORA DESAJUSTADA	6	PLAN DE LA CALIDAD DE PLANTA DE AGUA, FORMATOS DE REGISTRO, AUDITORIA DE LA CALIDAD	6	252
37	DESCARBONATACIÓN CON CAL	NIVEL DE LODOS (C)	NIVEL MUY ALTO	CALIDAD DEL AGUA FUERA DE ESPECIFICACIÓN	7	NO SE REALIZA LA PURGA	7	PLAN DE LA CALIDAD DE PLANTA DE AGUA, FORMATOS DE REGISTRO, AUDITORIA DE LA CALIDAD	6	294
38	DESCARBONATACIÓN CON CAL	NIVEL DE LODOS (C)	NIVEL MUY BAJO	CALIDAD DEL AGUA FUERA DE ESPECIFICACIÓN	7	PURGA ELEVADA	1	PLAN DE LA CALIDAD DE PLANTA DE AGUA, FORMATOS DE REGISTRO, AUDITORIA DE LA CALIDAD	3	21
39	FILTRACIÓN, PURIFICACIÓN Y MICROFILTRACIÓN	PRESIÓN DE SALIDA (Cr)	PRESION BAJA	CALIDAD DEL AGUA FUERA DE ESPECIFICACIÓN	5	FALLA EN LA BOMBA	5	PLAN DE LA CALIDAD DE PLANTA DE AGUA, FORMATOS DE REGISTRO, AUDITORIA DE LA CALIDAD	5	125
40	FILTRACIÓN, PURIFICACIÓN Y MICROFILTRACIÓN	PRESIÓN DE SALIDA (Cr)	PRESION BAJA	CALIDAD DEL AGUA FUERA DE ESPECIFICACIÓN	5	ACUMULACION DE SOLIDOS	7	PLAN DE LA CALIDAD DE PLANTA DE AGUA, FORMATOS DE REGISTRO, AUDITORIA DE LA CALIDAD	3	105
41	FILTRACIÓN, PURIFICACIÓN Y MICROFILTRACIÓN	PRESIÓN DE SALIDA (Cr)	PRESION BAJA	CALIDAD DEL AGUA FUERA DE ESPECIFICACIÓN	5	VALVULA ESTRANGULADA, DAÑADA	3	PLAN DE LA CALIDAD DE PLANTA DE AGUA, FORMATOS DE REGISTRO, AUDITORIA DE LA CALIDAD	4	60
42	SUAVIZACIÓN	PRESIÓN DE SALIDA (Cr)	PRESION ALTA	CALIDAD DEL AGUA FUERA DE PARAMETROS	6	VALVULA 100% ABIERTA	3	PLAN DE LA CALIDAD DE PLANTA DE AGUA, FORMATOS DE REGISTRO, AUDITORIA DE LA CALIDAD	4	72
43	SUAVIZACIÓN	PRESIÓN DE SALIDA (Cr)	PRESION BAJA	CALIDAD DEL AGUA FUERA DE PARAMETROS	6	VALVULA ESTRANGULADA, DAÑADA	3	PLAN DE LA CALIDAD DE PLANTA DE AGUA, FORMATOS DE REGISTRO, AUDITORIA DE LA CALIDAD	4	72
44	SUAVIZACIÓN	PRESIÓN DE SALIDA (Cr)	PRESION BAJA	CALIDAD DEL AGUA FUERA DE PARAMETROS	6	RESINA SATURADA	7	PLAN DE LA CALIDAD DE PLANTA DE AGUA, FORMATOS DE REGISTRO, AUDITORIA DE LA CALIDAD	3	126
45	SUAVIZACIÓN	PRESIÓN DE SALIDA (Cr)	PRESION BAJA	CALIDAD DEL AGUA FUERA DE PARAMETROS	6	FALLA EN LA BOMBA	4	PLAN DE LA CALIDAD DE PLANTA DE AGUA, FORMATOS DE REGISTRO, AUDITORIA DE LA CALIDAD	4	96

Como primer resultado, se tuvo el porcentaje de los pasos del proceso que presentaron el mayor número prioritario de riesgo. El resumen se muestra en la Figura 5.4:

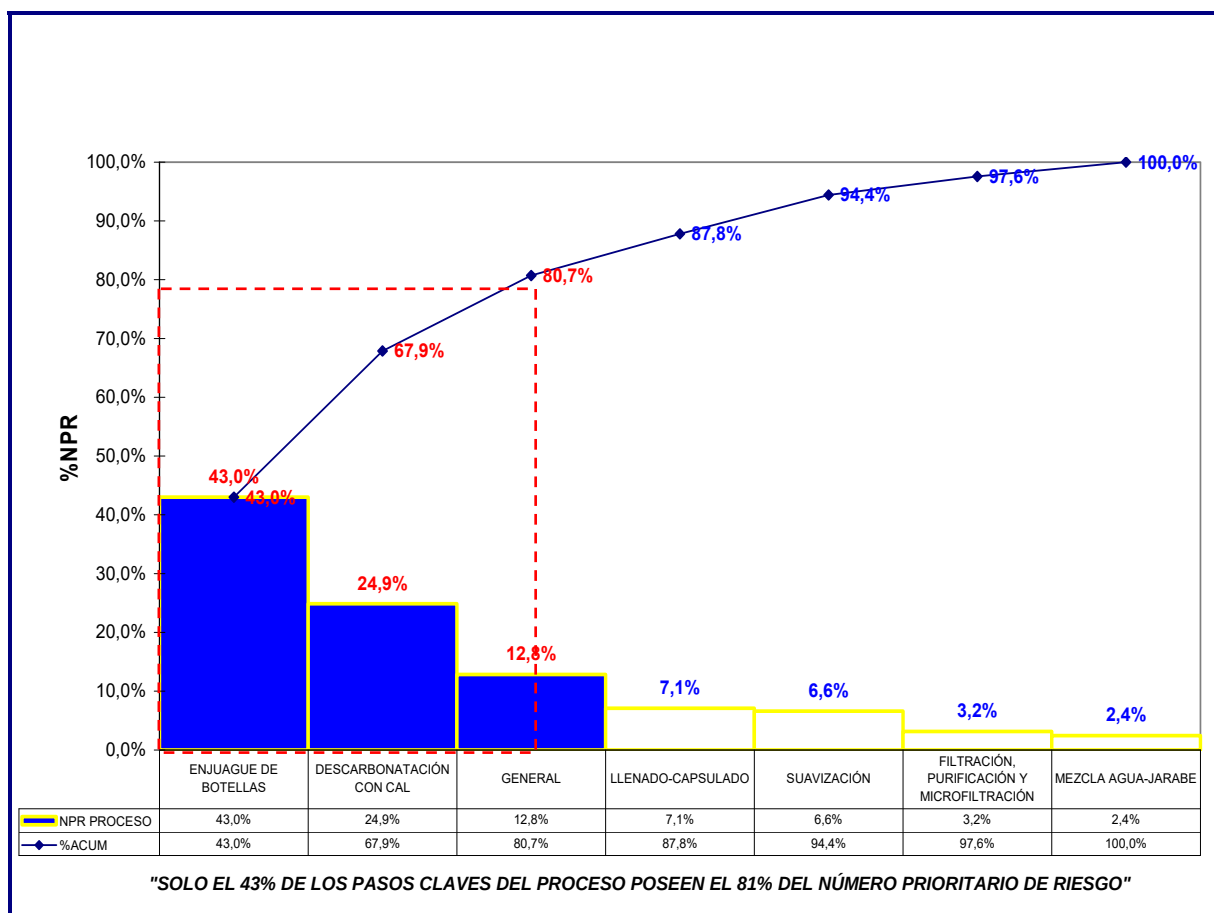


Figura 5.4. Gráfico de Pareto. Número prioritario de riesgo por cada paso del proceso productivo de la planta AJEVEN C.A.

Se observó que el 43% de los pasos claves del proceso, implican el 81% del número prioritario de riesgo. La figura indica los pasos del proceso que pudieran impactar con mayor prioridad el rendimiento de agua, las pérdidas de agua, la calidad y la inocuidad y el desarrollo sostenible, las cuales corresponden al enjuagador de botellas, al proceso de la decarbonatación con cal y a los aspectos generales de entrenamiento, capacitación, supervisión, entre otros, (Tabla 5.7)

Posteriormente, se determinó el número prioritario de riesgo por cada entrada clave del proceso. El resumen se muestra en la Figura 5.5:

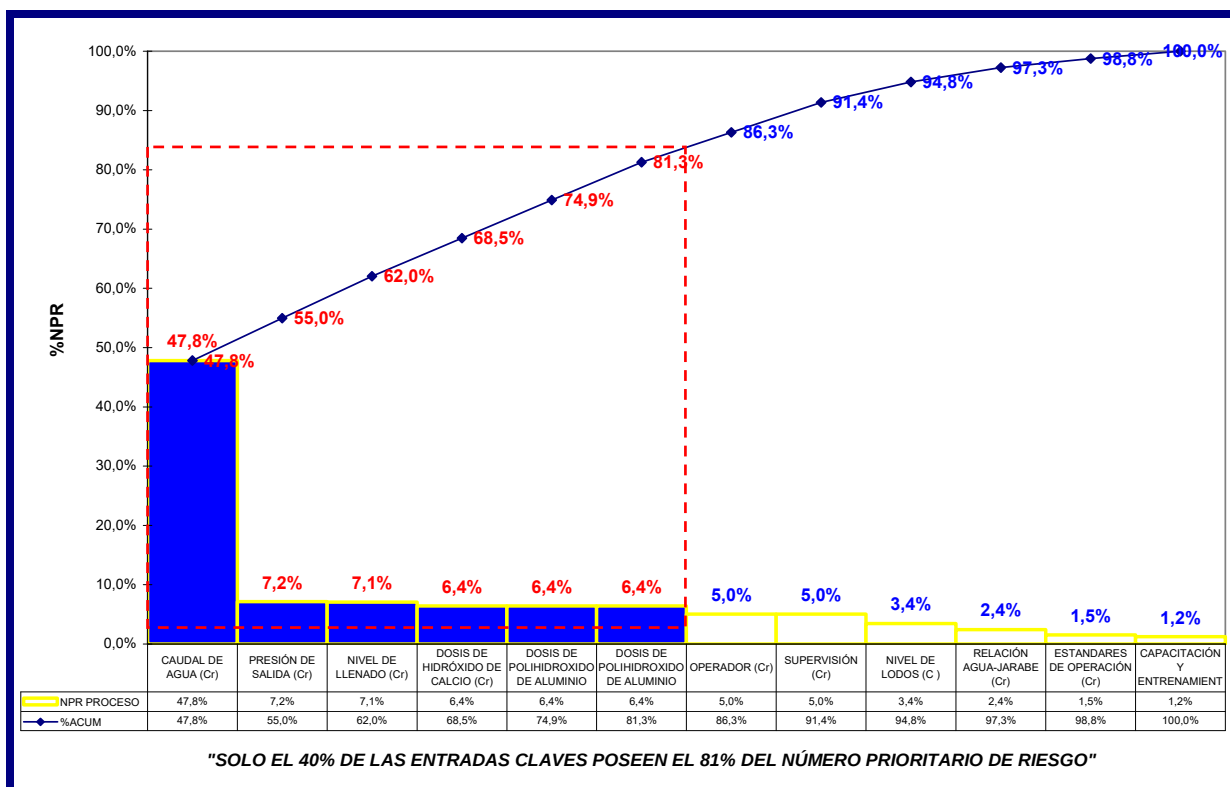


Figura 5.5. Gráfico de Pareto. Número prioritario de riesgo por cada entrada clave del proceso productivo de la planta AJEVEN C.A.

La figura muestra que solo el 40% de las entradas claves del proceso implicó el 81% del número prioritario de riesgo, observando que las variables de entrada con mayor índice de prioridad de riesgo correspondieron:

- 1) Caudal de agua usado en los suavizadores, enjuagadores de botellas, y en el reactor de la planta de tratamiento.
- 2) La presión de salida en los suavizadores.
- 3) El nivel de llenado del producto.
- 4) La dosificación de químicos en la planta de tratamiento de agua.

Posteriormente, se identificó el número prioritario de riesgo por cada causa potencial de falla de las entradas en el proceso. El resumen se presenta en la Figura 5.6:

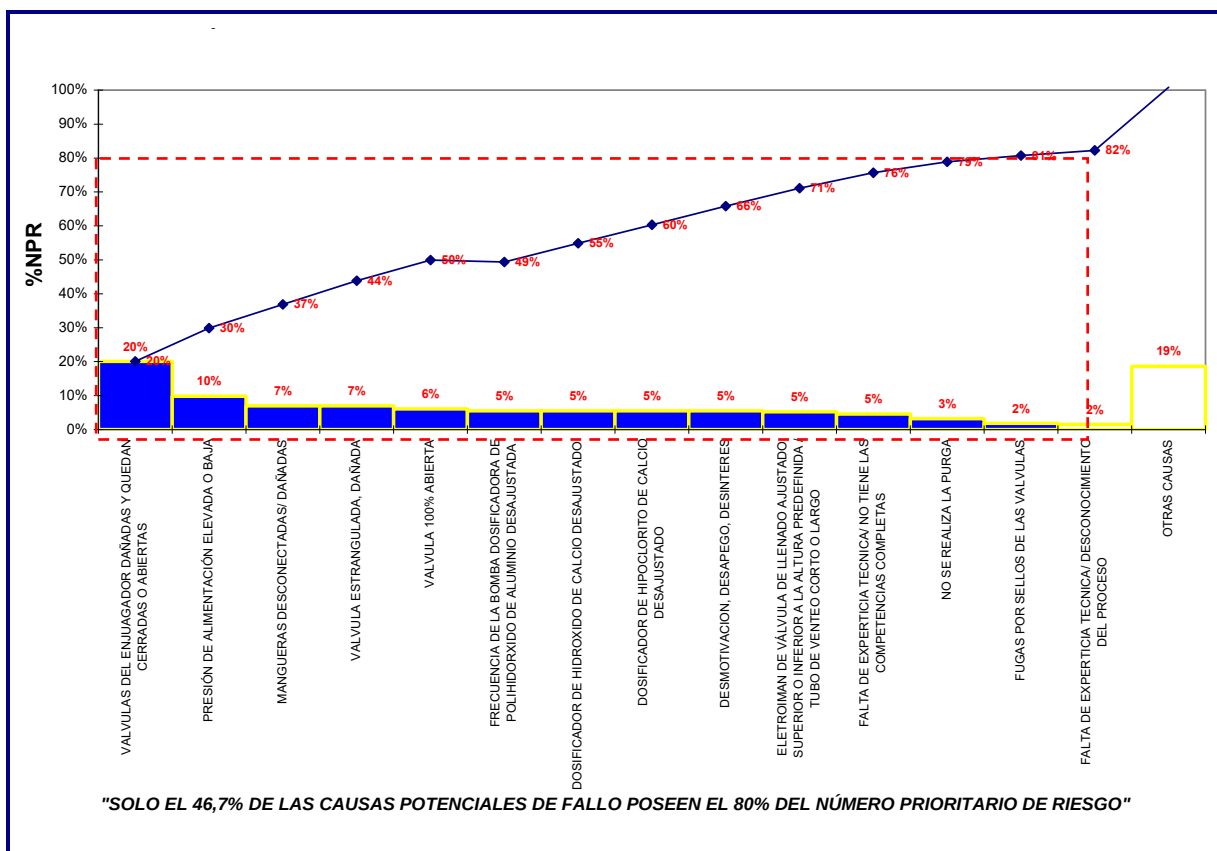


Figura 5.6. Gráfico de Pareto. Número prioritario de riesgo por cada causa potencial de falla del proceso productivo de la planta AJEVEN C.A.

El 46,7% de las causas potenciales de fallo implican el 80% del número prioritario de riesgo. Donde las causas potenciales más influyentes estuvieron asociadas al enjuagador de botellas, reactor de la planta de tratamiento y la llenadora.

De la información obtenida en el AMEF y la matriz de causa - efecto, se puede resumir:

1. Los resultados del uso de las herramientas coinciden, en que el problema asociado con las salidas claves (rendimiento de agua, costo de pérdidas, calidad e inocuidad del agua y desarrollo sostenible), puede ser generado en mayor proporción por los enjuagadores de botellas, ya que posee el mayor número de causas de fallas potenciales, tales como mangueras en mal estado, descontrol en la presión de agua, válvulas dañadas, entre otros (Tabla 5.7 y Figura 5.6). Los resultados obtenidos, pueden catalogar al proceso de enjuague de botellas como proceso crítico, debido a la

falta de controles que presenta y a la incidencia establecida por el equipo multidisciplinario en las salidas.

2. Los reactores de la planta de tratamiento se encuentran en segundo lugar con mayor índice de prioridad de riesgo, donde la principal causa que pudiera afectar la calidad e inocuidad del agua, esta relacionada con la dosificación de los reactivos. Estas fallas, se pueden detectar sin mucha dificultad (Tabla 5.7), debido a los controles vigentes que posee este proceso.

Las purgas de lodos del reactor, es otra de las causas que pudieran contribuir con la pérdida de agua, ya que si no se lleva a cabo, el nivel de lodos podría aumentar alterando el volumen del reactor y el tiempo de residencia, trayendo como efecto la alteración de las propiedades fisicoquímicas del agua; sin embargo, la ocurrencia de esta falla es baja (Tabla 5.7).

3. Los aspectos generales del proceso productivo, tales como supervisión, operación, capacitación y entrenamiento, corresponden al tercer renglón con mayor índice de prioridad de riesgo. Entre las causas más importantes se encontró la desmotivación, el desinterés, el desapego, y la falta de experiencia técnica. La supervisión debe garantizar el buen funcionamiento de los distintos procesos, y asegurar conjuntamente con los operadores la calidad e inocuidad de los productos en proceso y el producto terminado, ya que lo contrario pudiera afectar de manera importante las salidas claves del proceso.

4. El desajuste de la válvula micrométrica (Figura 3.4), ubicada en el área de llenado, también pudiera ocasionar variaciones en el rendimiento de agua. Esto se fundamenta, en el hecho de que la bebida esta compuesta por un alto porcentaje de agua. Si la mezcla no cumple con las especificaciones de la bebida, puede generar producto no conforme, el cual debe ser descartado o desechado. Este efecto ocurre esporádicamente (Tabla 5.7) y posee controles vigentes que pudieran ser eficientes, según los criterios del equipo multidisciplinario.

Otra falla que puede presentarse, es el nivel de llenado, donde ocurre algo similar al desajuste de la válvula micrométrica. Si el nivel de llenado se encuentra por debajo o por encima de las especificaciones, puede generar producto no conforme, el cual debe ser descartado o desechado. Adicionalmente, si las variables tienden al máximo o al mínimo de la especificación, pudieran alterar el valor reportado del rendimiento.

Como complemento de la identificación de las posibles causas que afectan las salidas claves, se desarrollo un Diagrama Ishikawa. Los resultados obtenidos se muestran en la Figura 5.7:

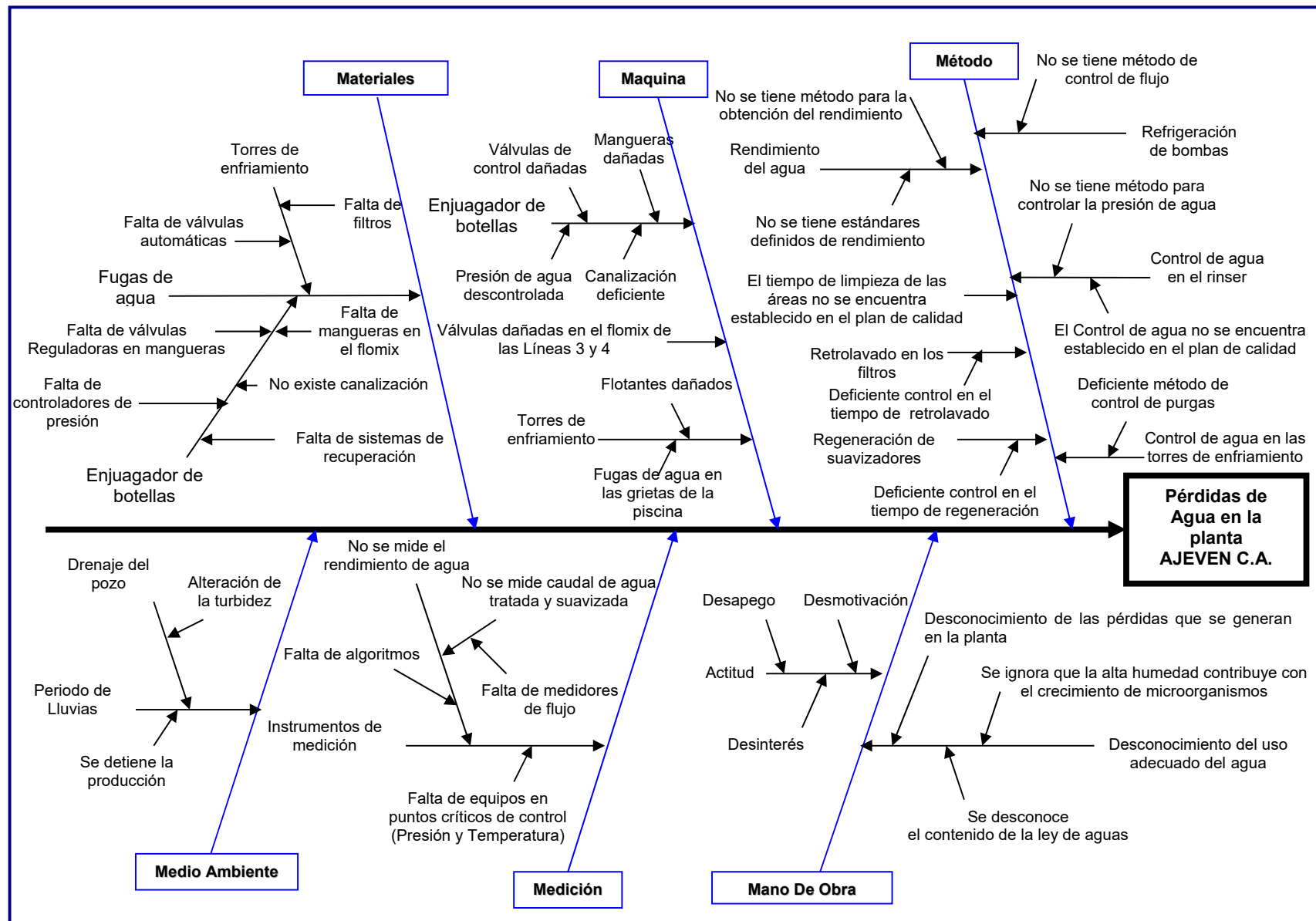


Figura 5.7. Diagrama Causa – Efecto de las pérdidas de agua en planta AJEVEN C.A. 2008

En el diagrama se observó, un conjunto de efectos generados posiblemente por todas las causas arrojadas por el AMEF (Figura 5.6), como ejemplos, la alteración de la turbidez, en la categoría de medio ambiente; La causa de este efecto fue el periodo de lluvias, una variable ruido denominada condiciones ambientales; el desconocimiento de la ley de aguas vigente, en la categoría de mano de obra, es un efecto causado posiblemente por fallas en la capacitación y entrenamiento del personal; la falta de estándares definidos para el rendimiento, en la categoría de método, pudiera estar causado por fallas en los estándares de operación, y así cada una de los efectos mostrados en la Figura 5.7.

Esto demostró que los posibles efectos obtenidos en el diagrama Ishikawa, tuvieron raíz en las causas analizadas en el desarrollo de este objetivo; también se observó, que uno de los procesos con mayor incidencia de efectos en el diagrama Ishikawa, coincide con los ya analizados anteriormente, ejemplo, enjuagadores de botellas.

Las torres de enfriamiento, pudieran estar presentado fallas que afectan el rendimiento el agua, sin embargo, este proceso no fue significativo en los análisis realizados anteriormente (Tablas 5.5 y 5.7), por lo que se pudiera asumir, que no afecta de manera importante el problema, sin embargo, esto se verificara en la fase de medición.

De esta manera se procedió a realizar la fase de medición de las variables de salidas claves, con la finalidad de verificar los resultados obtenidos en la fase de reconocimiento y definición del problema.

5.2 Obtención del rendimiento de agua en planta AJEVEN C.A. a partir de balances de masa con el propósito de conocer el porcentaje de agua no aprovechada

Para el desarrollo de este objetivo fue necesario determinar, los volúmenes de agua extraídos del pozo y los consumidos en la elaboración del refresco. Es importante acotar que para el periodo de estudio, la planta no contaba con medidores de flujo, ni se tenía definido algoritmos de cálculo que permitiera determinar el rendimiento de agua.

Para ello se estableció un método de cálculo, basado en los tiempos de operación de la bomba y las curvas característica de la misma (Sección 4.2), de tal manera, que los valores obtenidos son estimaciones del porcentaje de rendimiento de agua, siendo suficiente para el logro de los objetivos de este trabajo especial de grado.

La medición consistió en monitorear los tiempos de ciclo del pozo 1 y la producción de cada una de las líneas. La medición se llevo a cabo en 2 subgrupos, tomando en cuenta las siguientes consideraciones:

- El primer subgrupo se estableció en horas de la mañana, de (8:30 a 11:30) a.m., porque en ese tiempo se presume que el numero de actividades que se ejecutan en la planta se incrementa, tales como: las regeneraciones de los suavizadores, los retrolavados en los filtros, mantenimiento de las maquinas, limpieza de áreas, entre otros, existiendo la posibilidad de consumir volúmenes significativos de agua.
- El segundo subgrupo de estudio se estableció en horas de la tarde, de (2:00 a 5:00) p.m., porque se sospecha menos actividad en comparación al subgrupo anterior, lo cual permitirá posteriormente, realizar comparaciones entre ambos subgrupos.
- El tiempo de evaluación para cada subgrupo se estableció en tres horas, de acuerdo al horario de trabajo de 8:00 a.m. a 5:00 p.m., con tres horas correspondientes al primer turno (40% del turno), y tres horas para el segundo turno (40% del turno), una hora de procesamiento y discusión de los datos obtenidos, y una hora de descanso.

Una vez realizado la toma de datos bajo las condiciones descritas anteriormente, se procedió a desarrollar el análisis estadístico, con el fin de determinar los parámetros estadísticos característicos de la variable en estudio, analizar la capacidad del proceso actual, y confirmar parte de las hipótesis planteadas.

5.2.1 Estadística descriptiva del rendimiento de agua

Para caracterizar estadísticamente los resultados obtenidos de rendimiento, se deben determinar los estadísticos de tendencia central, tales como la media, y los estadísticos de dispersión, tales como la desviación estándar y el rango de los datos. A partir de los datos, se desarrolló empleando el software Minitab 14.0, el resumen estadístico del rendimiento de agua, el cual incluye, lo estadísticos de dispersión y tendencia central, el histograma de frecuencias, y el resultado de la prueba de distribución normal de datos, entre otros. Los resultados obtenidos de la medición se muestran a continuación, y corresponden a los distintos porcentajes de rendimiento calculados (Apéndice C, cálculos típicos N° 1):

Tabla 5.8. Porcentajes de rendimiento obtenidos por consumo de agua en el proceso de producción de la planta AJEVEN C.A.

Fecha	Subgrupos	N° Días	Tiempo de operación de la bomba ($t \pm 0,01$) min.	Volumen consumido		% Rendimiento (%R $\pm 0,01$) adim
				Producción (V ± 3) m ³	Pozo 1 (V ± 1) m ³	
01/04/2008	a.m.	1	138,96	108	183	59,64
	p.m.		136,34	129	180	71,42
02/04/2008	a.m.	2	175,02	163	231	70,84
	p.m.		154,58	159	204	78,49
03/04/2008	a.m.	3	176,73	93	233	40,21
	p.m.		122,14	116	161	73,11
04/04/2008	a.m.	4	128,56	36	170	22,03
	p.m.		153,42	60	203	29,76
07/04/2008	a.m.	5	167,85	102	222	45,71
	p.m.		151,23	108	200	54,64
08/04/2008	a.m.	6	140,13	60	185	33,25
	p.m.		156,50	123	207	60,45
09/04/2008	a.m.	7	180,00	153	238	64,14
	p.m.		140,30	132	186	72,11
10/04/2008	a.m.	8	166,47	42	220	19,04
	p.m.		165,53	54	219	24,31
11/04/2008	a.m.	9	164,52	120	217	55,03
	p.m.		140,44	99	185	54,17
14/04/2008	a.m.	10	112,26	30	148	20,11
	p.m.		149,33	78	197	40,56
15/04/2008	a.m.	11	142,10	66	188	35,64
	p.m.		153,90	99	203	48,33
16/04/2008	a.m.	12	180,00	153	238	63,83
	p.m.		177,57	180	234	76,54
17/04/2008	a.m.	13	155,72	102	206	49,88
	p.m.		147,48	12	195	63,58
18/04/2008	a.m.	14	159,00	138	210	65,73
	p.m.		158,09	150	209	71,95
21/04/2008	a.m.	15	180,00	144	238	60,41
	p.m.		164,55	165	217	75,93

El resultado gráfico del procesamiento de datos se muestra en la Figura 5.8.

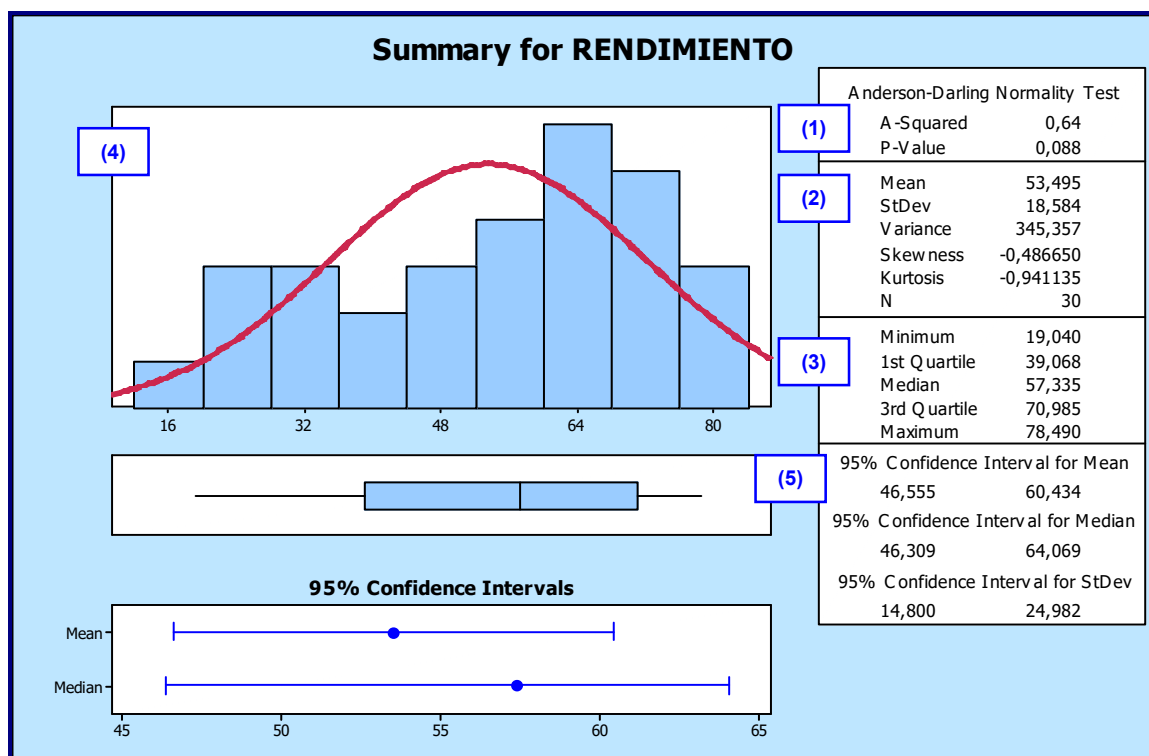


Figura 5.8. Estadística descriptiva del rendimiento de agua.

Se observó que para el rendimiento la distribución de frecuencia fue asimétrica, desplazada hacia la derecha (Figura 5.8, N°4). La prueba de normalidad aplicada al conjunto de datos (Figura 5.8, N°1), indicó que el valor probabilístico de la prueba (p-valor) fue igual a 0,088, por lo que se pudo asumir la normalidad de datos (criterio de aceptación: $p\text{-valor} > 0,05$). El resultado obtenido para la media (Mean) del rendimiento fue de 53,495%, con un intervalo de confianza (Confidence Interval) entre (46,56 – 60,43)% y una desviación estándar (Stdev) de 18,58% con un intervalo de confianza entre (14,8 -24,98)% (Figura 5.8, N°2 y 5).

Con los resultados obtenidos, se observó que el valor promedio del rendimiento fue de 53,495%, y que el mismo se encontró por debajo del valor esperado 73,27%, el cual fue calculado en base a los consumos de diseño de la planta y la capacidad de extracción de agua del pozo (Apéndice C, ecuación 4.1). La diferencia entre ambos valores fue de casi el 20%, esto implica que la pérdida de agua representó en promedio un 46,505%.

Sin embargo, fue necesario comparar el rango de variación de los datos y establecer el rango permitido de variación; para ello la organización en función al resultado esperado, ha definido el siguiente rango permitido para el rendimiento de agua:

Tabla 5.9. Porcentajes de rendimiento de agua establecido en el proceso de producción de la planta AJEVEN C.A.

Porcentaje Rendimiento de Agua (*)			
Mínimo	Objetivo	Máximo	Rango
70,0%	72,5%	75,0%	5,0%

(*): Estos valores son sujetos a modificación por la organización una vez completada la fase histórica de medición del rendimiento.

Fuente: Manual de control de procesos. Mejora Continua (AJEVEN, 2.008)

De acuerdo a la tabla anterior y los resultados exhibidos en la Figura 5.8 (Nº3), se observó que el valor mínimo (Minimum) obtenido para los datos fue de 19,040%, presentando una diferencia de 50,96% por debajo del valor mínimo permitido (Tabla 5.9); en el caso del valor máximo (Maximum) obtenido de 78,490%, en comparación al valor máximo permitido de 75,0%, existe un 3,5% de diferencia, siendo esta poco importante en comparación al valor mínimo.

Al comparar los rangos de variación de los datos se obtuvo un rango de 59,45%, mientras que el rango permitido fue de solo 5%, lo que indicó que la dispersión de datos fue mucho mayor a la esperada por el proceso, para ello, se realizó un estudio de capacidad con la finalidad de validar los resultados observados anteriormente.

5.2.2 Estudio de Capacidad del proceso para el rendimiento de agua

El estudio de capacidad de procesos se realiza con la finalidad de determinar estadísticamente, si un proceso es capaz o no de cumplir con las especificaciones establecidas por los clientes y por la organización. Para el caso del rendimiento de agua, los datos fueron procesados en el software estadístico Minitab 14.0, a partir de la herramienta Process Capability SixPack:

El resultado del procesamiento de datos se muestra en la Figura 5.9

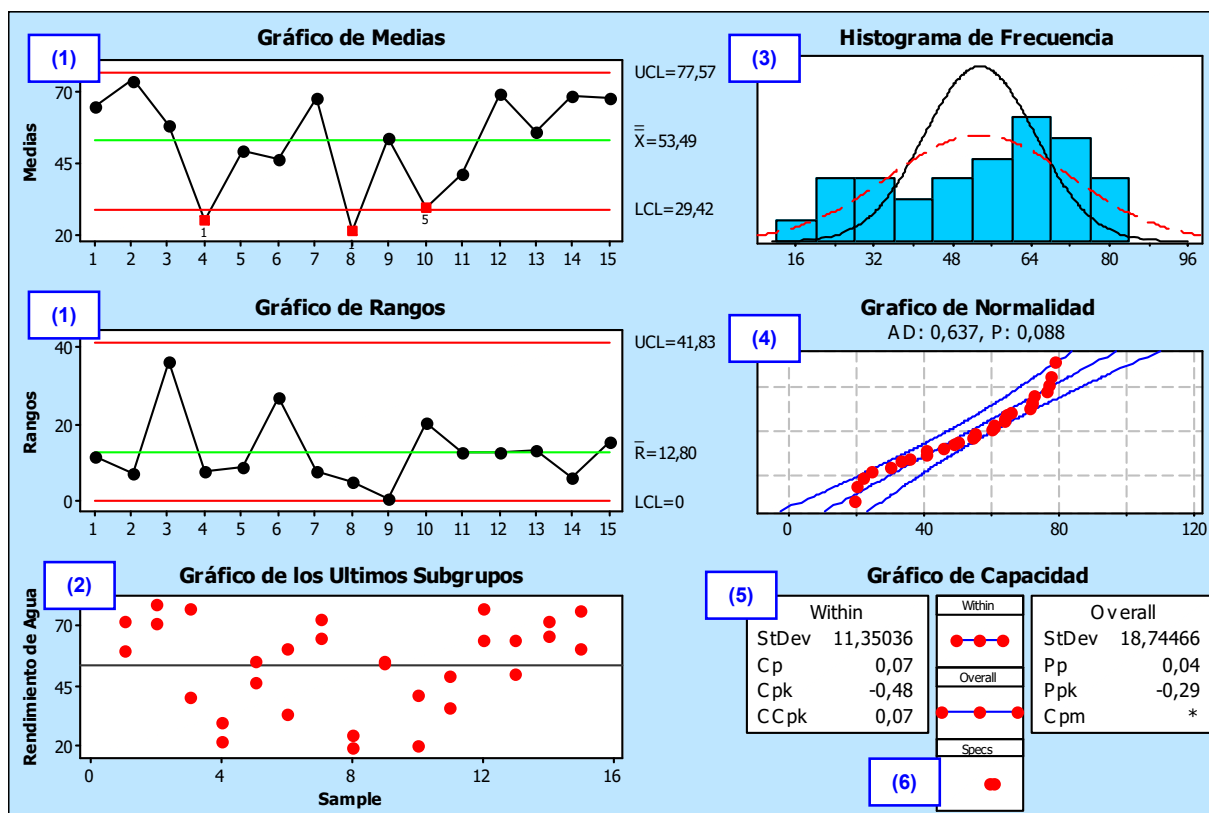


Figura 5.9. Análisis gráfico de la capacidad del proceso para el rendimiento de agua

Del gráfico de control de medias (Figura 5.9. N° 1) se observaron tres puntos fuera de control, de los cuales:

1. Dos de los puntos de los datos se encontraban fuera del límite de tres Sigma, correspondientes al día 4 y 8.

2. Dos puntos de tres consecutivos estaban por fuera del límite de dos Sigma, correspondientes a los puntos del día 8 y 10. (Sección 2.2.7.7.3),

Esta dispersión observada en los gráficos de la Figura 5,9, N° 1 se justifica de la siguiente manera:

- El día 4, se llevaron a cabo pruebas en una nueva línea de producción, por lo que se realizaron limpiezas profundas, consumiendo volúmenes significativos de agua por aproximadamente 40 min. en ambos turnos. También, se presentó una fuga importante en una de las tuberías de la batería de filtros, persistiendo la fuga durante todo el periodo de evaluación de ese día. Es importante resaltar que solo trabajaron

tres líneas de producción (Apéndice A, Tabla A.3, día 4), afectando esto directamente los valores de rendimiento obtenido, para la mañana de 22,03% y para la tarde 29,76% (Tabla 5.8, día 4)

- El día 8, persistió la fuga de la batería de filtro nuevamente, durante todo el día. También se repitieron las pruebas de la nueva línea de producción, con una duración de 50 min. solo en el turno de la mañana. Otro evento importante, fue el retrolavado del filtro de carbón a tapa abierta, con una duración de 4 horas. Para ese día solo operaron dos líneas de producción (Apéndice A, Tabla A.3, día 8), causando esto un impacto sobre los porcentajes de rendimiento obtenido, para la mañana de 19,04% y para la tarde de 24,31%. (Tabla 5.8, día 8).

- El día 10, la fuga en la tubería del filtro se mantuvo y se llevaron a cabo limpiezas de las líneas 3 y 4 en el área de llenado. Para ese día solo trabajaron tres líneas de producción en la mañana y cuatro líneas en la tarde, trayendo esto como efecto un rendimiento para la mañana de 20,11% y para la tarde de 40,56%. (Tabla 5.8 día 10).

En el gráfico de rangos (Figura 5.9, N° 1), se observó que todos los puntos estaban dentro de control estadístico. Los días 4 y 8, a pesar de tener una dispersión de la media significativa, no presentó una dispersión de rango importante y esto se debe a que la diferencia entre los valores de rendimiento, fue de 7,73% para el día 4 y de 5,27% para el día 8 (Tabla 5.8, día 4 y 8); sin embargo, para el día 10 se tuvo una dispersión marcada con respecto a las medias y una variación de rango significativa de 20,45%, entre los valores de rendimiento, indicando esto que el comportamiento del rendimiento del día 10, fue crítico.

Los días 3 y 6, presentaron poca dispersión con respecto a la media, pero una dispersión marcada en el grafico de rangos (Figura 5.9. N° 1); Estas diferencias implican un buen rendimiento en uno de los subgrupos y un bajo rendimiento en el otro subgrupo, por ejemplo, para el turno de la mañana del día 3 se tuvo un porcentaje de rendimiento de 40,21% y para el turno de la tarde un rendimiento de 73,11%, indicando esto que los factores que influyeron en el rendimiento de la mañana, no afectaron el

proceso en la tarde y por tal razón el rendimiento aumento, pero esto trae como consecuencia una dispersión amplia en los rangos, siendo las diferencias del día 3 de 32,90% y para el día 6 de 27,20%.

El gráfico de los últimos subgrupos (Figura 5.9. N° 2), complementan el análisis realizado anteriormente, mostrando el comportamiento de los valores de rendimiento obtenidos durante la evaluación, es decir la diferencia presentada entre los rendimientos de cada subgrupo (mañana y tarde).

En la Figura 5.9, también se observa el histograma de frecuencia de los datos nuevamente, así como el gráfico de la prueba de normalidad (Figura 5.9, N°4), donde los puntos tienden a una línea recta, y se confirma con el valor probabilístico obtenido de 0,088; permitiendo este valor establecer una distribución normal para los datos. Este resultado es importante, ya que de ello dependen la mayoría de las pruebas estadísticas para datos continuos, tales como los gráficos de control, estudios de capacidad y pruebas de hipótesis.

De acuerdo a los resultados obtenidos de los índices de capacidad (Figura 5.9, N° 5 y 6), se obtuvieron los siguientes resultados:

1. Índices de capacidad a Corto Plazo (C_p y C_{pk}): estos índices fueron calculados de acuerdo a la variación observada en cada subgrupo, y los valores arrojados indicaron el mejor comportamiento a corto plazo del proceso. El índice de capacidad potencial de corto plazo (C_p) obtenido fue de 0,07, el cual es mucho menor que 1, lo que indica que el proceso presenta un rango de variación amplio en comparación al rango de variación permitido (Tabla 5.9), y con esto se confirma la hipótesis planteada en la sección 5.2.1, permitiendo asegurar que el proceso no es capaz de producir dentro del rango exigido debido a su dispersión. Por otro lado el índice de capacidad real a corto plazo (C_{pk}) obtenido fue de -0,48, el cual es menor a 1 y por consiguiente permitió asegurar, tanto por el valor obtenido como por el signo (-) del mismo, que el proceso no es capaz de producir dentro de especificación y además

presenta un desplazamiento por debajo del límite de especificación inferior, es decir con tendencias a bajo rendimiento de agua o grandes pérdidas.

2. Índices de capacidad a Largo Plazo (P_p y P_{pk}): de manera semejante a los índices a corto plazo, permiten establecer la capacidad del proceso global, incluyendo la variación de todos los subgrupos, es decir, estos índices indican la capacidad total del proceso incluyendo las variaciones de todos los subgrupos. El índice de capacidad potencial a largo plazo (P_p) obtenido fue de 0,04, y el índice de capacidad real al largo plazo fue de -0,29; ambos valores son menores que la unidad (1), por lo que nuevamente se establece, que el proceso no es capaz de producir dentro de especificación. La diferencia claramente observada entre los índices de capacidad de proceso a largo plazo y a corto plazo, se debe a que los índices al corto plazo indican el mejor comportamiento del proceso actual, mientras que el índice a largo plazo incluye la variación total de todos los subgrupos del proceso.

La Figura 5.10 muestra en resumen el impacto de los puntos fuera de las especificaciones.

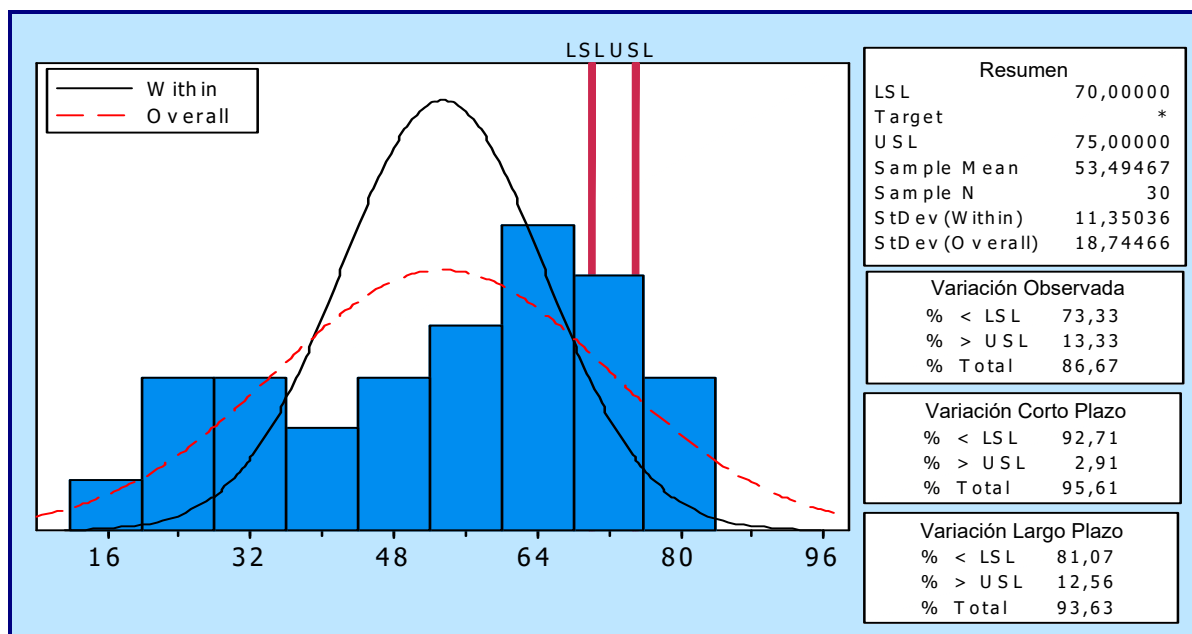


Figura 5.10. Resumen de la capacidad del proceso para el rendimiento de agua

La Figura 5.10 muestra los porcentajes de valores de rendimiento fuera de las especificaciones. En primer lugar los datos obtenidos fuera de especificación representan en total 86,67%, siendo un 73,3% por debajo del límite de especificación inferior (LSL o lower spec limit), y un 13,33% por encima del límite superior de especificación (USL o upper spec limit). Al considerar los resultados estadísticos obtenidos al corto plazo, se obtuvo un total de 95,61% fuera de especificación, siendo un 92,71% de los datos menor al límite inferior de especificación, y un 2,91% por encima del límite superior de especificación.

La diferencia del porcentaje de puntos fuera de las especificaciones, entre la variación observada y la variación al corto plazo, fue debido a la falta de simetría de la distribución real, respecto a la distribución al corto plazo (Figura 5.10, línea negra "Within", correspondiente a la variación dentro de los subgrupos o conocida estadísticamente como variación al corto plazo).

Respecto al porcentaje de puntos fuera de especificación al largo plazo, se obtuvo un total de 93,63%, de los cuales 81,07% se encontró por debajo del límite inferior y 12,56% por encima del límite superior de especificación; la diferencia observada entre el porcentaje de puntos fuera de especificación tanto al corto y largo plazo, fue debido a la amplitud de la curva normal para cada caso, ya que la desviación estándar a largo plazo obtenida fue de 18,74%, la cual fue mayor respecto a la desviación estándar al corto plazo de 11,35%, incidiendo esto en la amplitud de la curva normal y en el porcentaje de puntos fuera de especificación (Figura 5.9, N°5).

La fase anterior permitió establecer el problema del bajo rendimiento de agua y con ello las pérdidas de agua, de un problema práctico definido en la fase de diagnóstico, a un problema matemático en la fase de medición, es decir, se tiene cuantificado en números el rendimiento de agua y el porcentaje de pérdidas que este representa, sin embargo, es necesario analizar numérica y estadísticamente las causas que afectan el bajo rendimiento. Estas causas se clasificaron mediante el desarrollo de la matriz causa efecto y el análisis del modo y efecto de la falla; sin embargo, se debe emplear un

método que permita depurar aun mas las entradas y causas vitales que afectan el rendimiento, muchas de las cuales se observa su impacto en los puntos fuera de control y en la capacidad del proceso (Figura 5.9).

El establecimiento de los subgrupos de la mañana y la tarde orientó la siguiente fase de análisis, en la cual, se realizaron pruebas de correlación e hipótesis para determinar las causas de variación en cada uno de los subgrupos.

5.2.3 Análisis estadístico de las causas que afectan el rendimiento de agua

Las causas de variación vitales que afectaron el rendimiento, se determinaron mediante el uso del análisis del modo y efecto de la falla, sin embargo, estas causas son potenciales y fueron determinadas de acuerdo a la experiencia y experticia técnica en el proceso. Al completar la fase de medición, se realizaron una serie de observaciones en el proceso, las cuales permitieron desarrollar herramientas estadísticas para determinar la influencia e impacto de las causas en las salidas claves (rendimiento y pérdidas de agua), tales como:

1. Correlación del rendimiento de agua respecto a los volúmenes de producción y a cada subgrupo, los cuales a su vez dependen de la planificación, fallas imprevistas, mantenimientos correctivos y preventivos, limpiezas y saneamientos de las áreas, falta de insumos, velocidad reducida, cambios de turno, relevos, comidas, entre otros.
2. Pruebas de hipótesis para establecer diferencias tanto en la dispersión y en las medias obtenidas para cada subgrupo.

5.2.3.1 Correlación del rendimiento de agua respecto al volumen de producción

Los resultados obtenidos en la Tabla 5.8 del porcentaje de rendimiento y los volúmenes de agua producidos, fueron correlacionados, tomando como variable de respuesta ($Y = [F(x)]$) el rendimiento de agua, los cuales se muestran en la Figura 5.11:

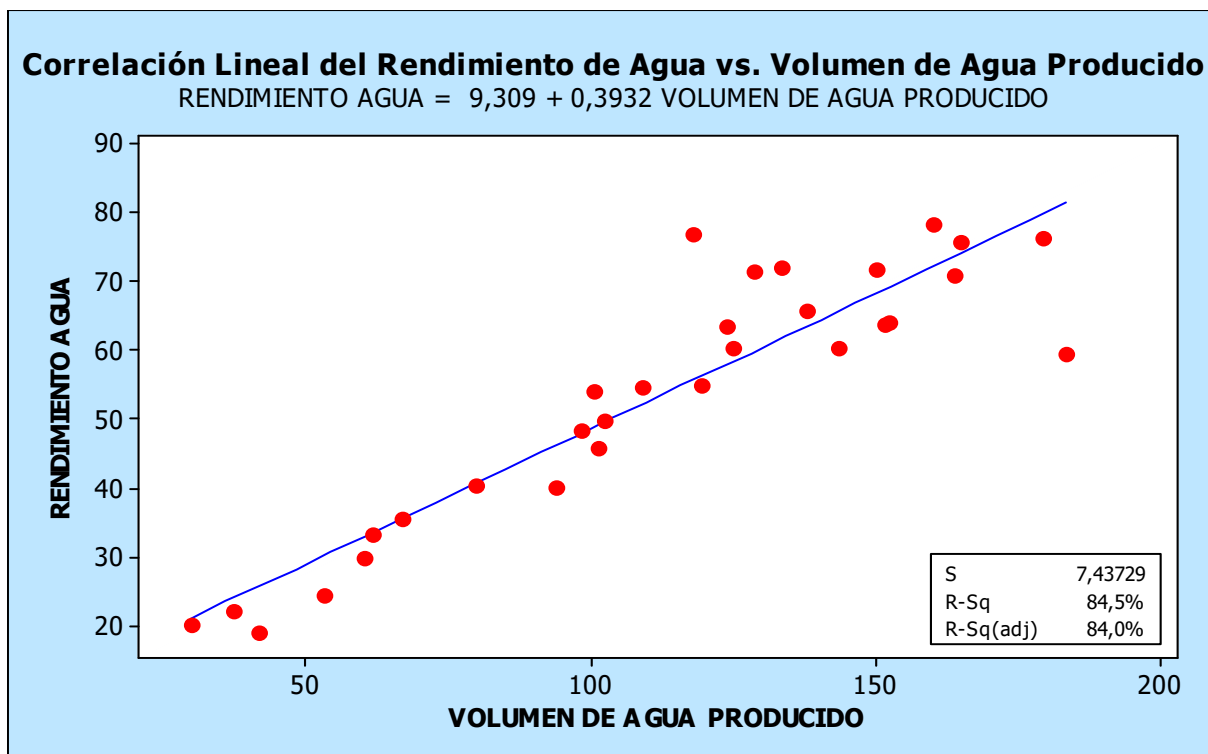


Figura 5.11. Correlación lineal del rendimiento de agua respecto al volumen de agua producido

Se observó que el rendimiento de agua tiene una relación lineal respecto al volumen de agua producido, el cual es directamente proporcional a la cantidad de producto que sale de cada línea de producción (Figura 5.11, correlación).

De la correlación obtenida se tuvo que por cada $\pm 10 \text{ m}^3$ de agua producido, incide en el porcentaje rendimiento en $\pm 3,93\%$, es decir, si aumenta la producción aumenta el rendimiento o viceversa en la magnitud antes establecida; por consiguiente, los factores que afecten a la producción afectaran al rendimiento, tales como: paradas por fallas mecánicas, falta de insumos, cambios de turno, comidas, relevos, fugas en tuberías y equipos, limpiezas y saneamientos, entre otros, ya que se observó que todo lo que implique parada de máquina, trae como efecto que los equipos auxiliares al proceso (torres de enfriamiento, caldera, enjuagadores de botellas, túnel de enfriamiento, entre otros), continúen operando. Esto también ocurre, cuando la capacidad de producción es baja, ya que no se dispone de dispositivos de paro automático o cierre de válvulas. Las razones por las cuales se vio afectada la producción durante el periodo de evaluación se muestran en la Tabla 5.10:

Tabla 5.10. Resumen de fallas que afectaron la producción durante el periodo de estudio

Nº	Falla	%TIEMPO	%ACUM
1	Parada por Sobre Stock	26,07%	26,07%
2	Falta de Preformas	17,06%	43,12%
3	Falta de Espacio para Almacenar	16,34%	59,47%
4	Falta de Paletas	5,17%	64,63%
5	Falla de Cuchilla de Corte	3,95%	68,59%
6	Falla de Sincronización	3,44%	72,03%
7	Regulación Entrada de Botella	2,35%	74,38%
8	Ajuste de Pedales	2,31%	76,68%
9	Trancamiento de Botella a la Salida	1,91%	78,60%
10	Mantenimiento Preventivo	1,85%	80,45%
11	Sincronización de Llenadora	1,53%	81,98%
12	Calibración del Molde	1,18%	83,16%
13	Falla Rueda de Carga de Preformas	1,00%	84,17%
14	Falta de Insumos	1,00%	85,17%
15	Otras Fallas	14,64%	100,00%

La Tabla 5.10, muestra las fallas que mas afectaron la producción, sin embargo para hacer más practico el análisis se procedió a construir el siguiente diagrama de Pareto:

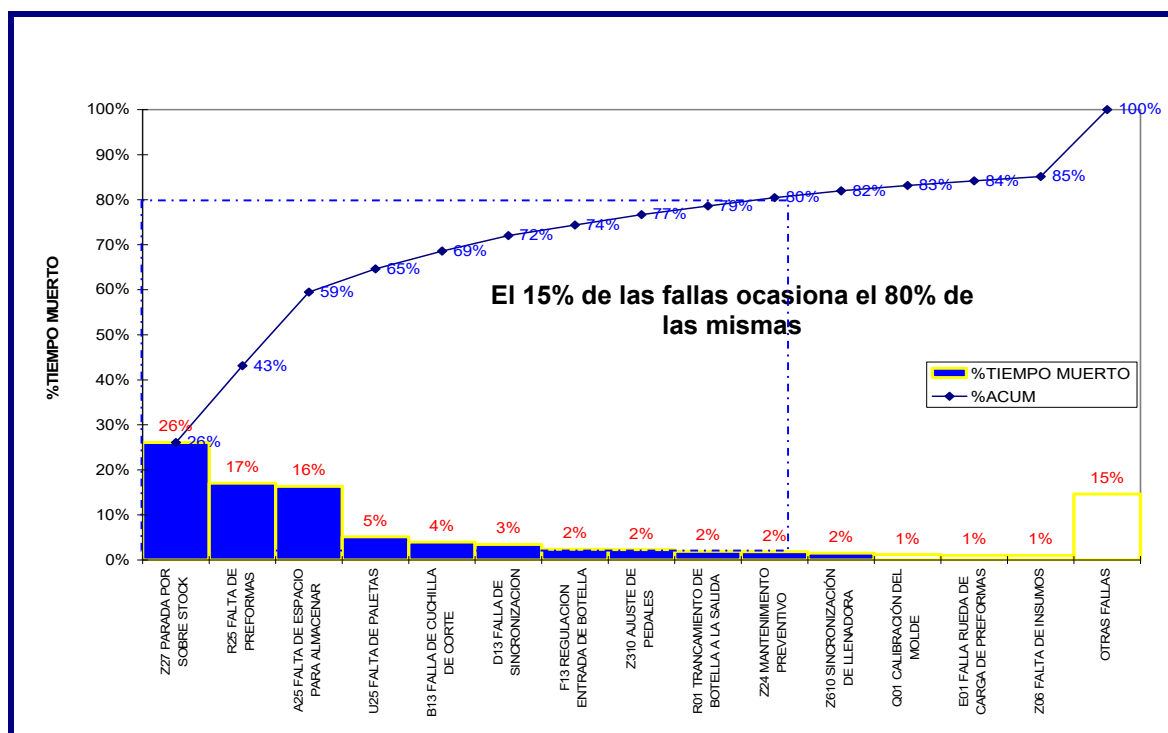


Figura 5.12. Gráfico de Pareto de fallas relevantes durante el periodo de estudio.

Fuente: Dpto. de Planificación. AJEVEN. Abril 2008

El gráfico muestra que el 15% de las fallas presentadas en el proceso, ocasionó el 80% de las mismas. Estas fallas trajeron como efecto las paradas de producción y como consecuencia la afección del rendimiento de agua de la manera siguiente:

- La parada por sobre stock (Centros de distribución sin espacio para almacenar producto), falta de preformas, falta de espacio para almacenar dentro de las áreas de la planta, falta de insumos y la falta de paletas, son fallas ajenas a las líneas que ocasionaron la parada de producción, sin embargo los equipos auxiliares continuaron operando, lo que generó un consumo de agua innecesario que afectó el porcentaje de rendimiento.
- Falla de cuchilla de corte, falla de sincronización y regulación entrada de botella, son fallas de la maquina termoencogible, la misma se encarga de empacar las botellas al salir de la llenadora y se encuentra al final del proceso. Si la termoencogible falla el proceso se detiene y ocurre lo comentado anteriormente, pero sumado a esto si la falla no se corrige en las cuatro horas siguientes, se debe drenar el producto terminado no envasado, ocasionado pérdidas de jarabe, dióxido de carbono y agua en mayor proporción.
- El ajuste de pedales y el mantenimiento preventivo, son fallas de la llenadora y el trancamiento de botella a la salida, es una falla de la sopladora. Al ocurrir este tipo de fallas se debe detener la producción, ocasionando los efectos que se mencionaron anteriormente.

Como resumen de lo discutido, se muestra en la Figura 5.13, las maquinas que más fallas presentaron durante el periodo de estudio.

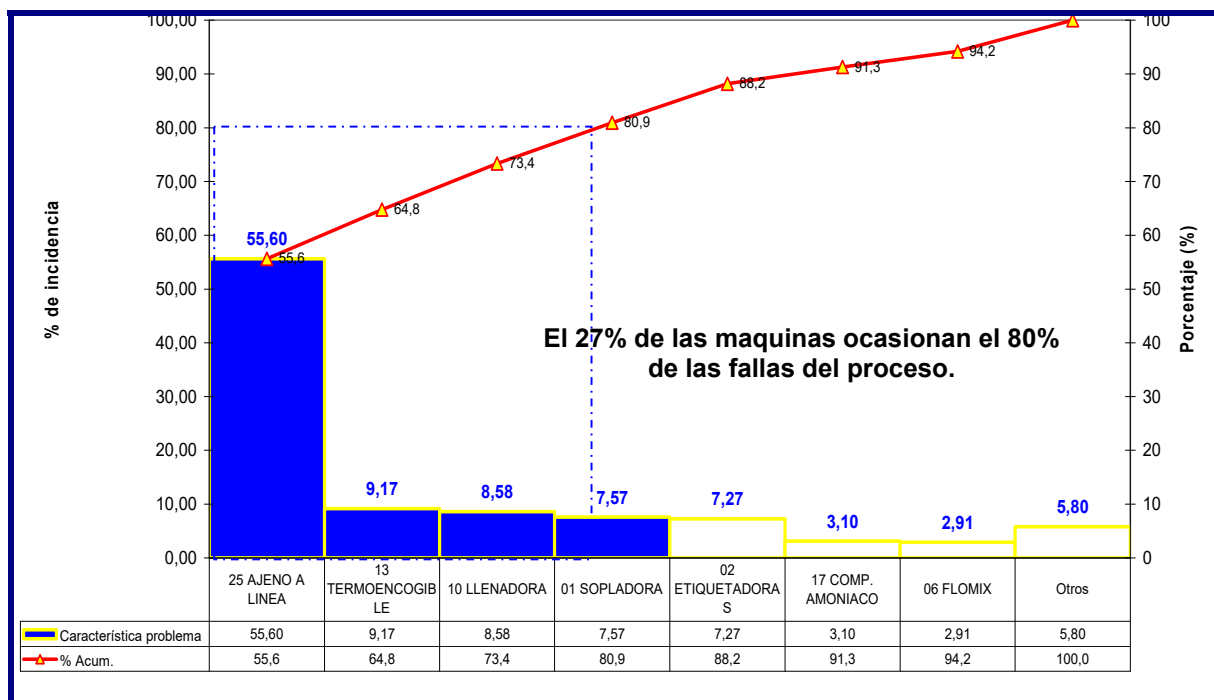


Figura 5.13. Gráfico de Pareto. Resumen de las maquinas con el mayor número de incidencia de las fallas durante el periodo de evaluación.

Fuente: Dpto. de Planificación. AJEVEN. Abril 2008

Del gráfico se observa, que el 27% de las maquinas ocasionó el 80% de las fallas durante el periodo de evaluación, teniendo el mayor porcentaje los factores ajenos a las líneas.

De igual forma, se llevó a cabo el análisis de la correlación existente entre el rendimiento de agua y el volumen de producción, para el subgrupo de la mañana y la tarde; los resultados se muestran en la Figura 5.14.

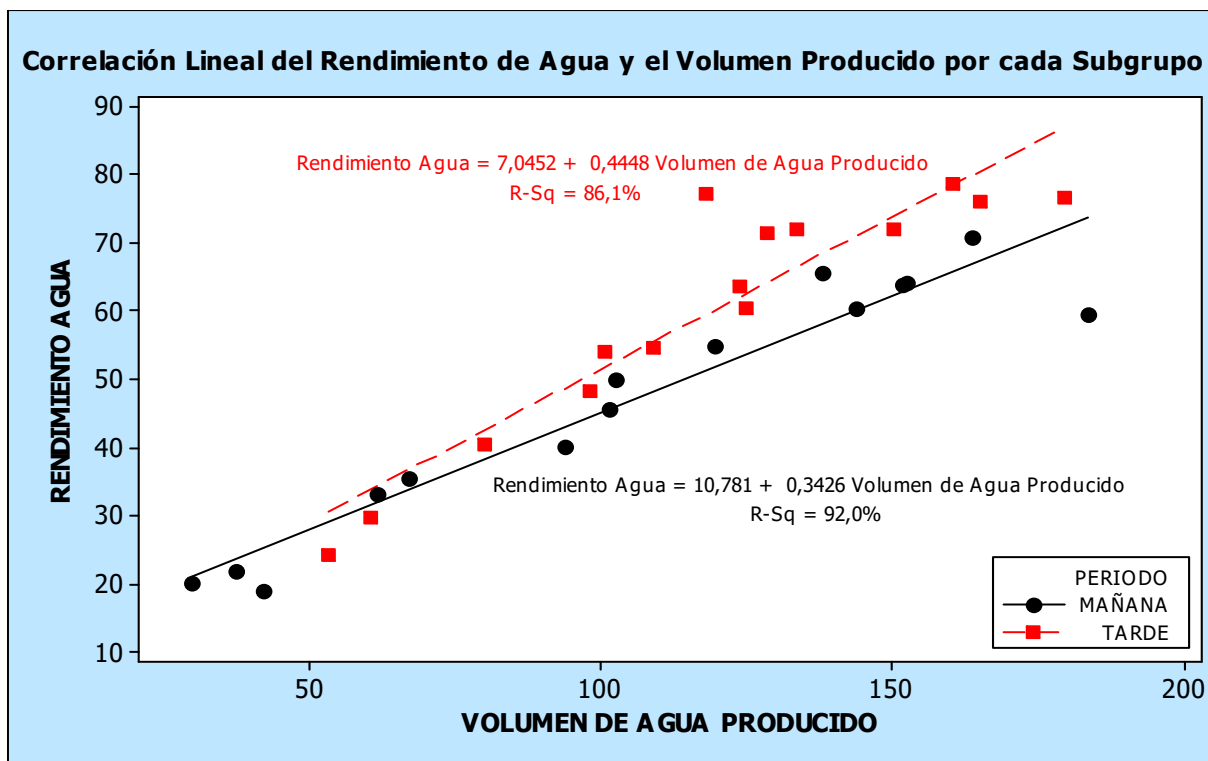


Figura 5.14. Correlación lineal del rendimiento de agua respecto al volumen de agua producido en los subgrupos de la mañana y la tarde

Se observó que el rendimiento de agua, mantiene una relación lineal entre los volúmenes de agua producidos, tanto para el subgrupo de la mañana como de la tarde, presentando mayor pendiente el periodo de evaluación llevado a cabo en la tarde. Análogamente al análisis previo, se tuvo que por cada $\pm 10 \text{ m}^3$ de agua que se producen en la tarde el rendimiento se ve afectado en $\pm 4,45\%$, mientras que en el subgrupo de la mañana, por cada $\pm 10 \text{ m}^3$ de agua que se producen, el rendimiento se ve afectado en $\pm 3,43\%$; estos valores permitieron estimar el efecto de los volúmenes de producción en el rendimiento de agua, observando que durante el subgrupo de la tarde los rendimientos obtenidos fueron mayores a los rendimientos de la mañana, excepto por dos valores de quince por debajo del 30% (Figura 5.14); sin embargo, se realizó una evaluación estadística comparativa entre ambos subgrupos para determinar si existe o no diferencia significativa, la cual permitirá verificar las hipótesis planteadas al inicio de la fase de medición, respecto a las actividades ejecutadas en cada subgrupo.

5.2.3.2 Pruebas de hipótesis para establecer las diferencias existentes entre los subgrupos de la mañana y la tarde

Las pruebas de hipótesis proporcionan un enfoque para la toma de decisiones, lo cual constituye la razón para realizar una adecuada selección, y determinar los factores que tengan gran influencia.

Las pruebas de hipótesis estadística, permiten detectar una diferencia entre lo que se observa y lo que se espera, lo cual depende de la dispersión de los datos muestrales. La diferencia puede ser de dos tipos:

1. Diferencia de significancia estadística, la cual puede detectarse empleando herramientas estadísticas en un cierto nivel de confianza especificado.
2. Diferencia de significancia práctica, la cual es lo suficientemente importante para generar acciones concretas e inmediatas.

Partiendo de los argumentos expuestos anteriormente, se desea establecer la diferencia existente entre el rendimiento de agua obtenido en cada subgrupo evaluado. Para ello, se realizó inicialmente dos gráficos comparativos, los cuales se muestran en la Figura 5.15.

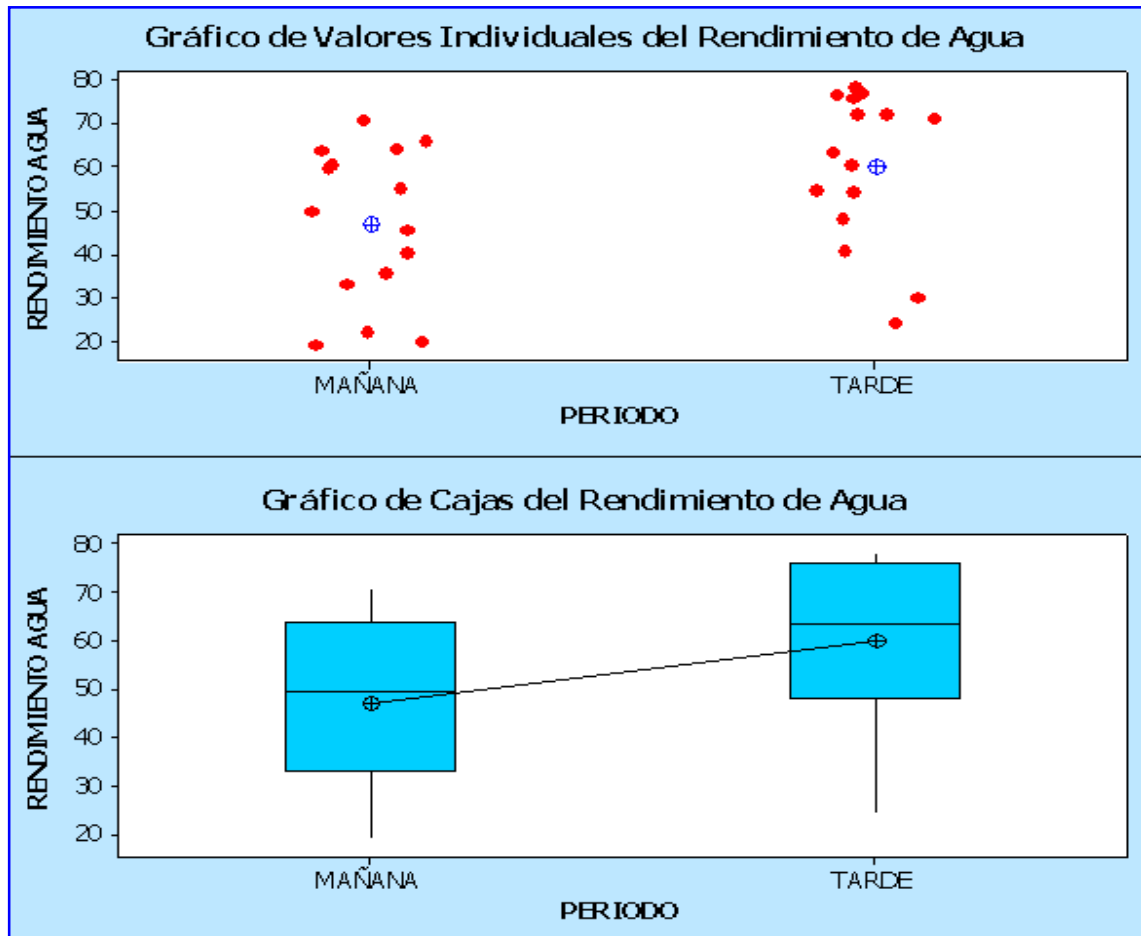


Figura 5.15. Gráfico de puntos y de caja del rendimiento de agua para los subgrupos de la mañana y la tarde

La Figura 5.15, exhibe en primer lugar un gráfico de puntos correspondientes a los valores obtenidos tanto en la mañana y en la tarde, observando los valores promedio de cada uno indicados en azul; para el turno de la tarde el valor fue cercano al 60% mientras que en la mañana se encontró próximo al 50%, indicando una diferencia entre las medias cercano al 10%. El segundo gráfico, muestra mediante cajas la dispersión y distribución de los datos para cada subgrupo, observando de forma ordenada las posibles diferencias en la variación del conjunto de datos, la cual no fue fácil de percibir ya que se observó un rango de variación similar.

Para determinar si existe o no diferencia significativa, se desarrollaron dos tipos de pruebas de hipótesis, tanto para la dispersión como para la media.

1. Prueba estadística “F”: permite establecer si las varianzas de dos muestras son iguales.
2. Prueba estadística “t”: permite establecer si las medias de dos muestras son iguales.

5.2.3.2.1 Prueba de hipótesis “F” para establecer las diferencias en la dispersión de los subgrupos de la mañana y la tarde

Los resultados obtenidos del rendimiento en cada subgrupo (Tabla 5.8), fueron procesados empleando el software estadístico Minitab 14.0, para determinar si las varianzas del subgrupo de la mañana respecto a la tarde son iguales. El resultado arrojado se muestra en la Figura 5.16.

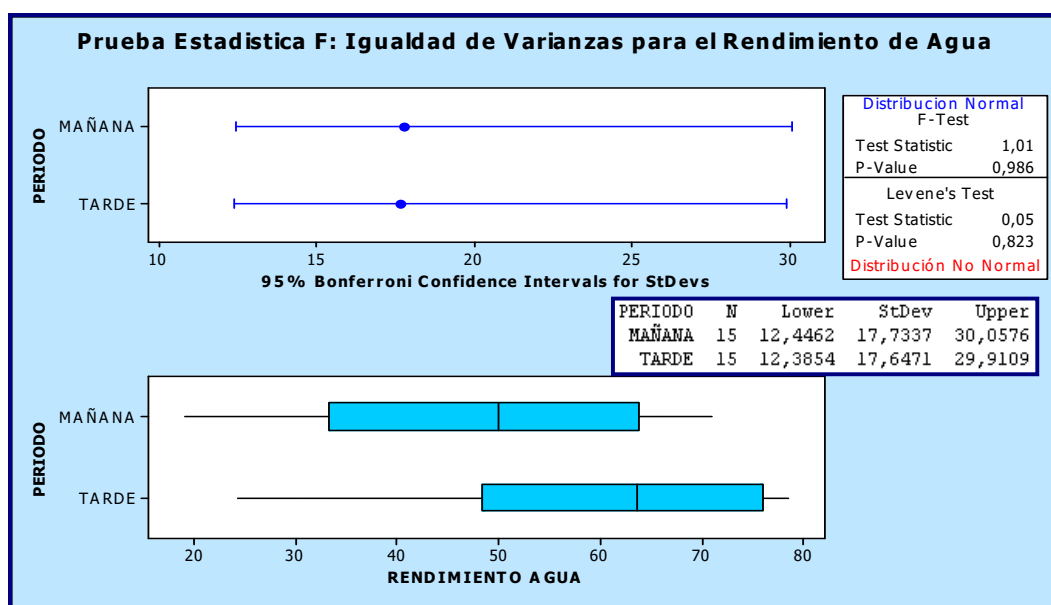


Figura 5.16. Prueba estadística “F” para establecer diferencias en el rendimiento de agua, entre los subgrupos de la mañana y la tarde

Para realizar el análisis de datos, fue necesario partir de la distribución de frecuencia de los datos, ya que si la distribución es normal se empleara el valor probabilístico (p-valor) correspondiente a la prueba “F”, de lo contrario se debe emplear el valor probabilístico arrojado por la prueba de Levine; ambos casos están indicados en la Figura 5.15.

La distribución de datos es normal (Figura 5.8), por consiguiente el valor probabilístico de comparación fue 0,986; la hipótesis nula es que las dos varianzas sean iguales, y para ello se debe cumplir que el valor probabilística debe mayor o igual a 0,05. Por consiguiente, ya que se obtuvo un valor probabilístico mayor a 0,05 no se rechaza la hipótesis nula, es decir, se puede asumir que tanto el subgrupo de la mañana como el de la tarde eran iguales en dispersión de datos.

El resultado de la prueba de varianzas arrojó que las dispersiones de datos en ambos subgrupos eran iguales, indicando esto que las causas que afectan la variación de cada conjunto de muestras, pueden ser las mismas. De acuerdo a lo dicho anteriormente, las hipótesis planteadas al inicio de la fase de medición para cada subgrupo, la cantidad de actividades que afectaron el rendimiento de agua en la mañana eran mayores con respecto a la tarde, queda descartada, puesto que los resultados obtenidos exhiben que las operaciones ejecutadas en ambos subgrupos, afectan de igual manera a la dispersión de datos, y tienen relación directa con los agentes que afectaron la producción durante el periodo de evaluación (Tabla 5.10 y Figura 5.12) ya que la misma tiene una relación lineal con el rendimiento de agua (Figuras 5.11 y 5.14).

Una vez analizado los resultados obtenidos de la prueba estadística “F”, se procedió a desarrollar la prueba de hipótesis “t-Student”, con la finalidad de verificar si existe o no, diferencias entre las medias obtenidas de los porcentajes de rendimiento para cada subgrupo.

5.2.3.2.2 Prueba de hipótesis “t-Student” para establecer las diferencias en las medias obtenidas de los subgrupos de la mañana y la tarde

De forma similar a la prueba “F”, los resultados obtenidos del rendimiento en cada subgrupo (Tabla 5.8), fueron procesados empleando el software estadístico Minitab 14.0, para determinar si las medias del subgrupo de la mañana respecto a la tarde son iguales, y se muestran en la Figura 5.17.

Two-Sample T-Test and CI: RENDIMIENTO AGUA. PERIODO

Two-sample T for RENDIMIENTO AGUA

PERIODO	N	Mean	StDev	SE Mean
MAÑANA	15	47,0	17,7	4,6
TARDE	15	60,0	17,6	4,6

Difference = μ (MAÑANA) - μ (TARDE)

Estimate for difference: -12,9240

95% CI for difference: (-26,1560, 0,3080)

T-Test of difference = 0 (vs not =): T-Value = -2,00 P-Value = 0,055 DF = 28

Both use Pooled StDev = 17,6904

Figura 5.17. Resumen de la prueba estadística “t-Student”

Para realizar el análisis de datos, también fue necesario partir de la distribución de frecuencia de los datos, ya que si la distribución es normal se puede emplear el valor probabilístico (p-valor) correspondiente a la prueba “t”, indicados en la Figura 5.17.

La distribución de datos es normal (Figura 5.8), por lo cual, el valor probabilístico obtenido fue de 0,055; la hipótesis nula es que las medias de los subgrupos sean iguales, y para ello se debe cumplir que el valor probabilístico debe ser mayor o igual a 0,05. El valor obtenido fue un valor probabilístico mayor a 0,05, por lo que no se rechaza la hipótesis nula, es decir, se puede asumir que tanto el subgrupo de la mañana como el de la tarde presentan medias que no son diferentes.

Los resultados obtenidos en la prueba estadística “t”, exhibió que las medias no son diferentes, por lo que las razones que afectaron la media obtenida en la medición realizada en la mañana, pudieran ser las mismas que afectaron la media obtenida en la medición del turno de la tarde. Sin embargo desde el punto de vista práctico, para realizar una corrección del centrado del proceso, se debe iniciar con la corrección del consumo de agua en el subgrupo de la mañana, ya que el mismo presenta una media de 47% (Figura 5.17, “Mean” o Media), respecto al subgrupo de la tarde el cual obtuvo una media de 60%, siendo la diferencia práctica obtenida del 13%.

Con los resultados obtenidos en las pruebas de hipótesis, se descartó lo planteado al inicio de la fase de medición, indicando con esto que los factores que afectaron el rendimiento en la mañana pudieron afectar el rendimiento en la tarde, debido a que presentaron la misma dispersión de datos.

Con estos resultados finaliza la caracterización estadística, pudiendo resumir de manera general, que las herramientas empleadas permitieron validar los valores arrojados en la fase de medición. En resumen, los resultados relevantes se muestran continuación.

Tabla 5.11. Porcentajes de rendimiento y pérdida de agua de la planta AJEVEN C.A.

Rendimiento de agua		Pérdidas Global de agua (%P $\pm$ 24)%
Teórico (%R $\pm$ 24)%	Experimental (%R $\pm$ 24)%	46,50
73,27	53,49	

El porcentaje de pérdidas global representa el porcentaje de agua no aprovechada, sin embargo, es importante acotar que el término de no aprovechada es relativo, debido a que dentro de ese porcentaje de pérdidas se encuentran los consumos de los equipos auxiliares o de servicios, los cuales representan una pérdida inherente al proceso.

Con esta información se procedió a clasificar y cuantificar las pérdidas, tomando en cuenta las causas potenciales analizadas durante el desarrollo de este objetivo y en la fase de diagnóstico.

5.3 Cuantificación de las pérdidas de agua en puntos críticos no controlados a través de métodos experimentales con la finalidad de clasificarlas.

En el objetivo anterior se obtuvo el porcentaje de pérdida global, (Tabla 5.11) que permitió determinar que las pérdidas de agua representan un problema para la empresa; sin embargo, para determinar los factores de mayor incidencia en la pérdida, fue necesario cuantificar los consumos de agua de los equipos mas críticos obtenidos en la fase de análisis de causas (Figura 5.4, 5.5, 5.6 y 5.7), tales como: enjuagadores

de botellas, retrolavado de filtros, regeneración de suavizadores, torres de enfriamiento y limpiezas.

Para el periodo de estudio un grupo multidisciplinario de la empresa, realizó la medición de los volúmenes consumidos por los equipos mencionados; debido a esto, no fue necesario repetir la medición. Sin embargo, se realizaron las observaciones necesarias, que permitieran identificar los equipos y servicios que estuvieron en funcionamiento durante el periodo de estudio y con esta información cuantificar los volúmenes consumidos por cada equipo en cada subgrupo evaluado (Tabla A.19). Es importante acotar que los volúmenes de consumo de diseño de cada equipo también fueron suministrados por la empresa.

Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 5.12:

Tabla 5.12. Pérdidas por volumen consumido por distintos equipos pertenecientes al proceso de bebidas gaseosas de la planta AJEVEN C.A.

Equipos	Volumen (m ³)			%Pérdidas de agua			Tipo de Pérdida
	Mañana	Tarde	Total	Mañana	Tarde	%Promedio	
Retrolavado de filtros (V ± 0,04)	578,49	420,20	998,69	42,71%	40,93%	41,94%	Inherente Crónica
Limpieza Externa (V ± 0,01)	373,28	258,07	631,34	27,56%	25,14%	26,52%	Crónica
Torre de enfriamiento RODELCA 2 (V ± 0,002)	63,900	63,900	127,800	4,72%	6,22%	5,37%	Inherente
Enjuagador de botella 8 (V ± 0,0006)	61,2000	61,2000	122,4000	4,52%	5,96%	5,14%	Inherente
Torre de enfriamiento MEBRAFE. 8 (V ± 0,001)	37,050	37,050	74,100	2,74%	3,61%	3,11%	Inherente
Torre de enfriamiento RODELCA 1 (V ± 0,0008)	29,8500	29,8500	59,7000	2,20%	2,91%	2,51%	Crónica
Regeneración de suavizadores (V ± 0,002)	56,250	0,000	56,250	4,15%	0,00%	2,36%	Inherente/Esporádica
Torre de enfriamiento EVAPCO 2 (V ± 0,0008)	27,1500	27,1500	54,3000	2,00%	2,64%	2,28%	Inherente
Torre de enfriamiento BALTIMORE 4 (V ± 0,0008)	26,8500	26,8500	53,7000	1,98%	2,62%	2,26%	Inherente
Torre de enfriamiento VILTER 3 (V ± 0,0006)	25,6500	25,6500	51,3000	1,89%	2,50%	2,15%	Inherente
Torre de enfriamiento EVAPCO 1 (V ± 0,0008)	23,9200	25,7600	49,6800	1,77%	2,51%	2,09%	Inherente
Enjuagador de Botella 1 (V ± 0,0002)	18,9000	18,9000	37,8000	1,40%	1,84%	1,59%	Inherente
Enjuagador de Botella 7 (V ± 0,0001)	15,7500	15,7500	31,5000	1,16%	1,53%	1,32%	Inherente
Enjuagador de Botella 3 (V ± 0,00008)	8,10000	8,10000	16,20000	0,60%	0,79%	0,68%	Inherente
Enjuagador de Botella 4 (V ± 0,00008)	8,10000	8,10000	16,20000	0,60%	0,79%	0,68%	Inherente
Enjuagadores de Botella 2	0,00	0,00	0,00	0,00%	0,00%	0,00%	Inherente
Torre de enfriamiento TEVA 7	0,00	0,00	0,00	0,00%	0,00%	0,00%	Inherente
TOTAL (V ± 0,06)	1.354,44	1.026,52	2.380,96	100,00%	100,00%	100,00%	

Fecha de evaluación: Abril 2008.

En la Tabla 5.12 se observa el volumen total consumido por los equipos de servicio (pérdidas en el proceso), durante el periodo de evaluación, el cual fue aproximadamente de 2380,96 m³, siendo el valor de la pérdida calculado durante el mismo periodo de 2826 m³, (Apéndice B tabla B.3), presentando una diferencia de 444 m³, la cual se considera una diferencia práctica poco significativa, debido a que tanto el valor de pérdida determinado a partir del rendimiento y la pérdida por equipos son estimaciones. Adicionalmente, las pérdidas no pueden considerarse como un consumo estable en el tiempo, ya que algunas han sido catalogadas como crónicas y esporádicas (Tabla 5.12, limpiezas externas, entre otras), ya que las mismas pueden variar no solo en el tiempo de duración de la actividad, sino también en el caudal empleado para las mismas.

A partir de los resultados obtenidos de cada una de las pérdidas, durante el periodo de evaluación, se procedió a comparar las pérdidas en los puntos fuera de control (Figura 5.9), para los días 4 y 8 con menor rendimiento obtenido (mayor porcentaje de pérdida):

- Para el día 4 en el subgrupo de la mañana se consumieron 37,38 m³ (Tabla 5.8; día 4, a.m.) en la producción y 113,17 m³ por los equipos auxiliares (Tabla B.2). Con estos valores se observó que el rendimiento obtenido de 22,03%, fue afectado por el consumo de los equipos auxiliares, ya que continuaron operando, trabajando solamente tres líneas en la producción. Por otro lado, si se observa el volumen extraído del pozo 169,70 m³ en ese subgrupo, se obtiene un excedente de 19,15 m³, que corresponden probablemente con la fuga en los filtros y las limpiezas realizadas en la nueva línea de producción, tal como se describió en la sección 5.2.2 en el estudio de capacidad. En la tarde se consumieron 60,27 m³ en la producción, y 113,08 m³ por los equipos auxiliares, presentándose algo semejante a lo discutido anteriormente, ya que operaron las mismas líneas de producción. En este caso, la producción tuvo mayor consumo, y por tal razón el rendimiento aumento en 7,73% respecto al turno de la mañana; sin embargo, el mismo se ve afectado porque el consumo de los equipos continuó siendo mucho mayor y el excedente obtenido correspondiente probablemente a las fugas y a las limpiezas también aumento de 19,15 m³ en la mañana, a 24,73 m³ en la tarde.

- El día 8 en el turno de la mañana, solo trabajaron dos líneas de producción, consumiendo las mismas 41,83 m³ de agua, y los equipos auxiliares 132,91 m³, presentando un excedente de 45 m³. Esto impactó de manera importante, el valor de rendimiento, 19,04%, viéndose afectado nuevamente por las pruebas de las nuevas líneas, la reincidencia de la fuga en el filtro presentada el día 4, el funcionamiento de todos los equipos auxiliares con pocas líneas de producción operando y el retrolavado en el filtro de arena. En el turno de la tarde el porcentaje de rendimiento fue de 24,31%, y esto debido a que el consumo de los equipos auxiliares fue de 117,33 y el excedente fue de 48,05 m³.

De esta manera se confirmó que los factores que mas impactaron el rendimiento de agua, fueron los volúmenes consumidos por pérdidas esporádicas y porque los equipos auxiliares continuaron operando independientemente de las líneas que se encuentren en funcionamiento. Adicionalmente, de la Tabla 5.12 se observa que el volumen de pérdidas en la mañana fue mayor al de la tarde, lo cual afectó directamente el rendimiento determinado en dicho turno.

Posteriormente, se analizaron las pérdidas por equipo, con la finalidad de identificar cual de ellas impacta en mayor proporción al rendimiento de agua, a partir del análisis Paretiano.

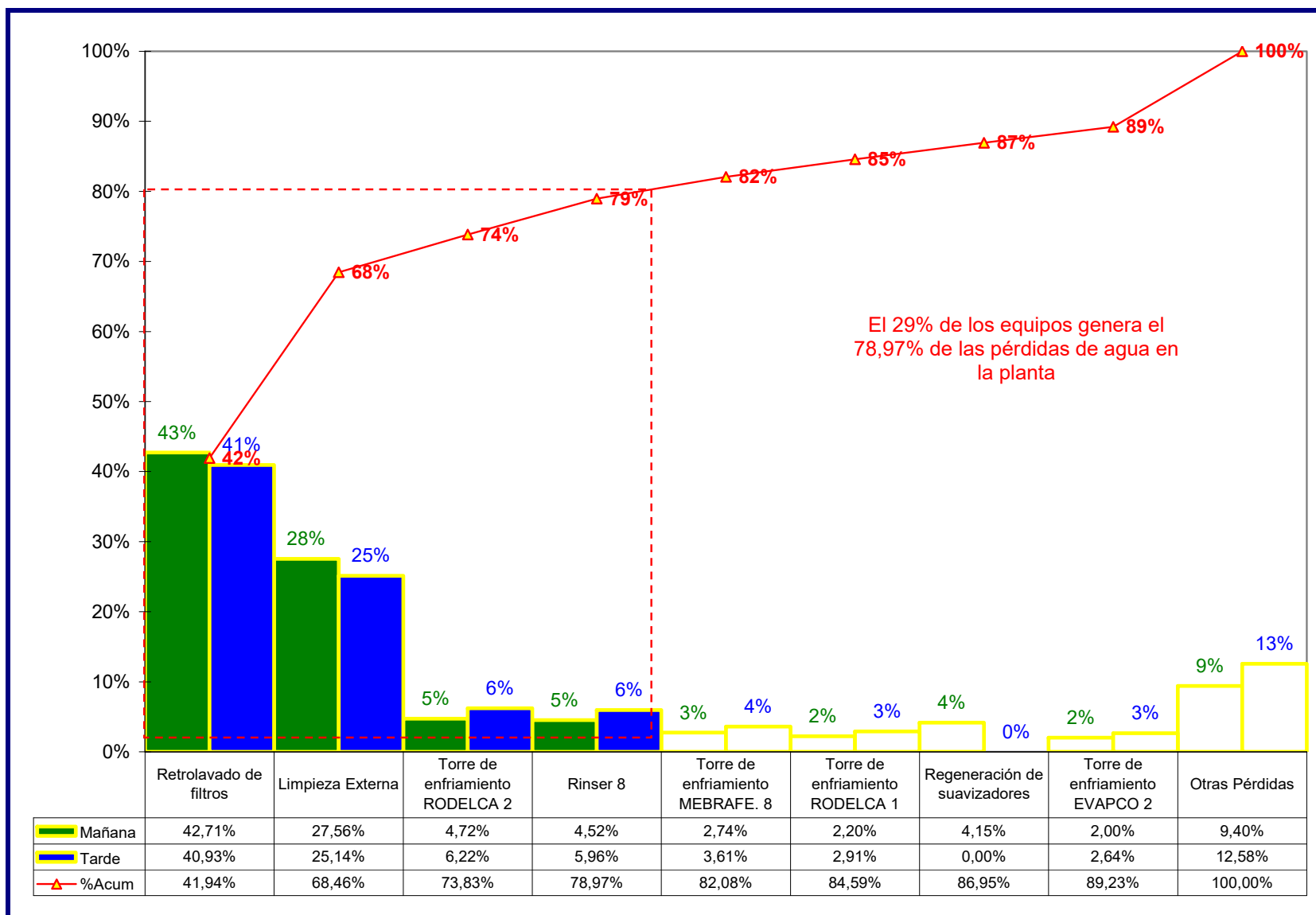


Figura 5.18. Diagrama de Pareto. Equipos que inciden en las pérdidas de agua.

En la Figura 5.18, se observa que solo el 29% de los equipos del proceso generan el 78,97% de las pérdidas de agua. En el subgrupo de la mañana, los retrolavados de los filtros, generaron mayor pérdida de agua que en la tarde y esto se debió a que el tiempo limpieza en la mañana, fue mayor durante el periodo de evaluación comparado con el de la tarde. Es importante acotar, que para ambos subgrupos, el tiempo de retrolavado esta por encima del establecido para la limpieza, en los planes de la calidad, tal como se indica en la Tabla 5.13.

Tabla 5.13. Comparación de los tiempos de retrolavados durante el periodo de evaluación y el establecido por la empresa

	Tiempo de Retrolavado ($t \pm 0,01$) min		
	Retrolavado	Enjuague	Total
Mañana	45,00	40,00	85,00
Tarde	21,00	19,00	40,00
Global	66,00	59,00	125,00
Establecido (*)	30,00	15,00	45,00

(*): Fuente: Plan de la calidad de planta de agua (AJEVEN, 2007).

Esto confirma lo discutido en la fase de diagnóstico (Figura 5.5), con respecto a que los filtros se retrolavan en un tiempo mayor al establecido, debido a que los parámetros que indican la necesidad de limpieza, ejemplo, cuando la presión a la entrada en los filtros aumenta, indica que el filtro esta saturado de sólidos requiriendo de limpieza, por lo que no se les presta la debida atención sino hasta cuando el filtro esta sobresaturado, trayendo esto como consecuencia el necesidad de retrolavar el tiempo que sea necesario hasta que se garantice la total limpieza, ocasionado esto pérdida de volúmenes significativos de agua.

Las limpiezas externas están como segunda prioridad en el diagrama de Pareto (Figura 5.18), generando mayores pérdidas en la mañana equivalentes a 373,28 m³ de agua, respecto a la tarde la cual tuvo un consumo de 258,07 m³. La limpiezas externas representan un pérdida importante debido al descontrol del tiempo de limpieza o por uso inadecuado, ejemplo, durante la medición se observó, que una vez concluida la

limpieza, las válvulas permanecen abiertas durante un tiempo considerable, causando este efecto la falta de información con respecto a la pérdida que se genera.

La torre de enfriamiento RODELCA 2 representa la pérdida de tercera prioridad (Figura 5.18) generadas por las purgas continuas y esporádicas, que son utilizadas para controlar la concentración de los sólidos y químicos, que requiere la torre para evitar incrustaciones. La pérdida se genera porque el método de control de purga es manual, generando esto el drenaje de importantes cantidades de agua, siendo este un método poco eficiente.

El enjuagador de botellas de la línea 8 (rinser), se encuentra como cuarta prioridad en la generación de pérdidas (Figura 5.18). Como se discutió en los objetivos anteriores, la pérdida en los enjuagadores, se genera porque toda el agua que enjuaga la botella cae en una canal muy angosta y posteriormente es derramada al suelo. Esto genera gran humedad en el área de llenado, favoreciendo el crecimiento de microorganismos que pudieran afectar la inocuidad de la bebida.

El resto de las torres que contribuyen con las pérdidas (Figura 5.18), impactan menos el rendimiento de agua, debido a que son equipos de menor tamaño y por tal razón, los volúmenes consumidos son menores.

La regeneración de los suavizadores, también contribuyen con las pérdidas pero como se observa en la Figura 5.18, en menor proporción, porque durante el periodo de estudio solo se realizó en el subgrupo de la mañana. Esta pérdida se asocia de manera similar a los filtros, debido a que se regenera el suavizador cuando la resina esta sobresaturada de sólidos, requiriendo mayor tiempo de regeneración y por consiguiente mayor volumen de agua consumido.

Seguidamente se procedió a evaluar el porcentaje de pérdidas que genera cada grupo de equipos. Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 5.14 y en la Figura 5.19.

Tabla 5.14. Porcentaje de pérdidas generado por un grupo de equipos del proceso de bebidas gaseosas en la planta AJEVEN C.A.

EQUIPO	Volumen de agua (Vp ± 0,06)m ³	%Pérdida
Retrolavados y Regeneraciones de filtros y Suavizadores	1.054,94	44,31%
Limpiezas Externas	631,34	26,52%
Torres de Enfriamiento	470,58	19,76%
Enjuagadores de Botellas (rinser)	224,10	9,41%

Fecha de evaluación: Abril 2008.

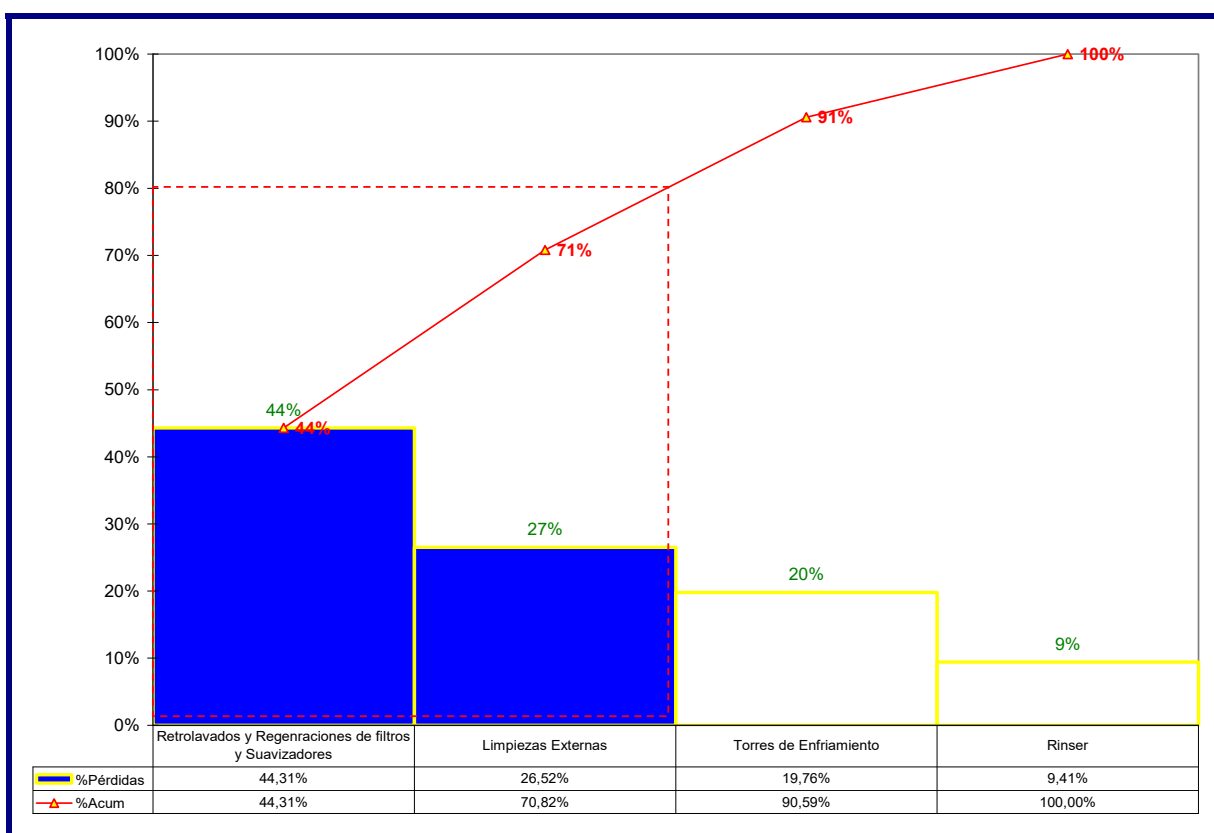


Figura 5.19. Diagrama de Pareto. Equipos que generan las mayores pérdidas de agua en la planta AJEVEN C.A.

En la Figura 5.19 se observó una vez más, que los retrolavados, las regeneraciones y las limpiezas externas causan la mayor pérdida de agua, las cuales fueron catalogadas como pérdidas crónicas debido a que consumen un volumen de agua mayor al necesario, y equivalente al 80% de la pérdida. Las torres de enfriamiento y los enjuagadores de botella (rinser), se consideraron pérdidas inherentes al proceso, las

cuales son necesarias para el funcionamiento del proceso, por lo cual se debe cuidar y controlar los consumos para que no pase a ser una pérdida crónica.

Una vez analizado todos los tipos de pérdidas generados durante el periodo de estudio, y observando la necesidad de establecer planes de acción a corto y largo plazo para disminuir las pérdidas inherentes y eliminar las crónicas en cada equipo, se establecieron los siguientes equipos multidisciplinario, acordando lo siguiente:

1. Los equipos auxiliares tales como torres de enfriamiento, filtros y suavizadores fueron evaluados mediante el desarrollo del trabajo especial de grado titulado “Evaluación de alternativas para mejorar la calidad del agua de servicio utilizada en los equipos de la Empresa AJEVEN C.A.”
2. Los enjuagadores de botellas, limpiezas externas y retrolavados (desde el punto de vista operacional), quedaron bajo la responsabilidad de este trabajo especial de grado.
3. Los retrolavados y regeneraciones desde el punto de vista de recuperación de agua quedaron bajo la responsabilidad del departamento de proyectos.

Con respecto a las aguas destinadas para las limpiezas externas de equipos y los retrolavados, se limitará a formular alternativas de control que permitan disminuir el consumo. En lo que respecta a los enjuagadores de botellas, se requiere evaluar las características del efluente, con la finalidad de evaluar la posibilidad de recuperar los volúmenes de agua, los cuales son derramados al suelo y posteriormente al drenaje.

5.4. Caracterización de los efluentes por medios fisicoquímicos y microbiológicos para identificar aquellos que puedan ser recuperados

Los análisis fisicoquímicos y microbiológicos permitirán conocer la calidad de las aguas del punto de interés obtenido del objetivo anterior, el cual es el enjuagador de botellas de cada una de las líneas de producción (rinsers).

5.4.1 Caracterización Fisicoquímica de las aguas empleadas en los enjuagadores de botellas

La calidad del agua utilizada en el enjuague de botellas (rinser), es caracterizada frecuentemente por el departamento de calidad, debido al contacto interno que tiene con la misma. La deficiente canalización que existe en el equipo, ocasiona el derrame de esta agua al suelo y posteriormente al drenaje, por lo que un sistema de recuperación de agua en este equipo podría ser factible. Sin embargo, fue necesario caracterizarlas en el periodo de estudio para detallar su contenido, obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 5.15. Resumen de análisis fisicoquímicos aplicados a las aguas de los enjuagadores de botellas

Propiedad	Enjuagador de Botellas						COVENIN 1431-1982
	Entrada			Salida			
	Mínimo	Media	Máximo	Mínimo	Media	Máximo	
Alcalinidad P (Ap + 2)ppmCaCO ₃	0	8	80	0	14	80	-----
Alcalinidad M (Am ± 2)ppmCaCO ₃	208	252	288	212	256	340	500
Dureza Total (Dt ± 2) ppmCaCO ₃	0	12	110	4	14	112	500 0 -10 (*)
pH (pH ± 0,001)	7,210	8,002	8,712	7,691	8,241	8,892	6,5 – 8,5
Aspecto del efluente	Características de agua potable			Agua clara, con presencia de pocos sólidos			Características de agua potable

(*) Estándar AJEVEN Vigente 2.008

La Tabla 5.15 muestra los valores de las características, tanto a la entrada y a la salida de los enjuagadores de botellas, los cuales se encuentran dentro del rango permitido, excepto el pH el cual presenta valores máximos superiores a la especificación. La estadística descriptiva de cada parámetro se muestra en las Figuras 5.20, 5.21 y 5.22.

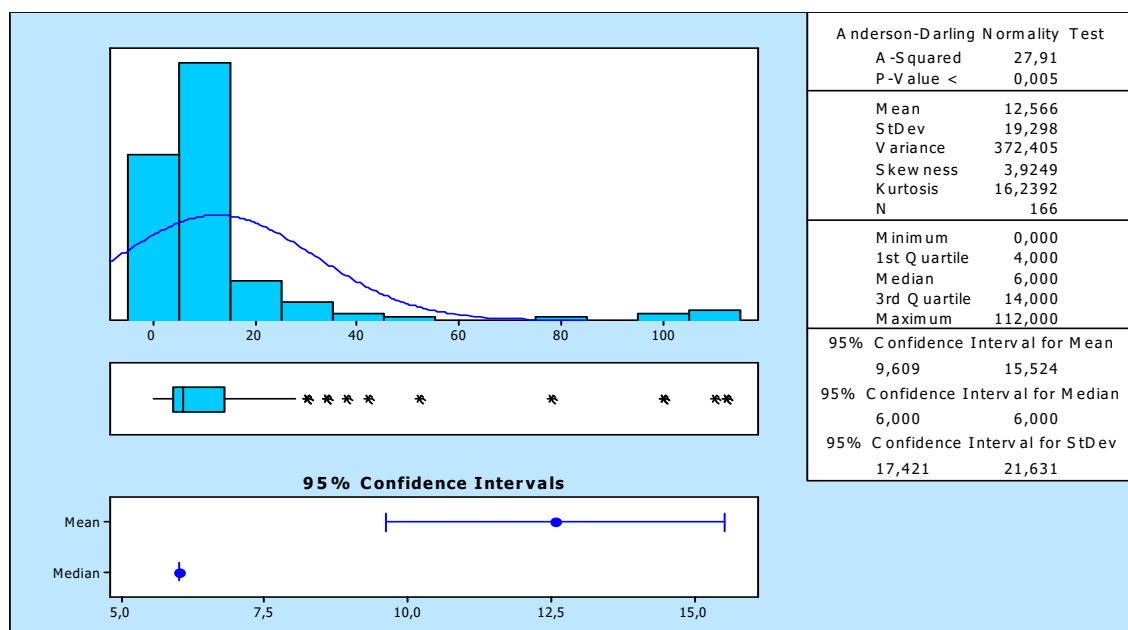


Figura 5.20. Estadística descriptiva de la dureza total del agua en suavizadores y enjuagadores de botella

Para el caso de la dureza, se observó que la distribución es asimétrica desplazada hacia la izquierda con el 75% de los datos por debajo de 14 ppm CaCO_3 (Figura 5.20, 3er cuartil), y el 25% restante desde 14 hasta 112 ppm CaCO_3 , lo cual ocasiona que la distribución sea “no normal”; este comportamiento puede atribuirse a causas especiales (asignables) de variación, tales como la saturación de la resina catiónica y por consiguiente el incremento de la dureza, ya que se observa en la figura valores atípicos de comportamiento identificados con el símbolo “*”. Este aspecto en particular se analizará posteriormente, mediante el análisis gráfico del comportamiento (gráficos de control) y el estudio de capacidad de procesos.

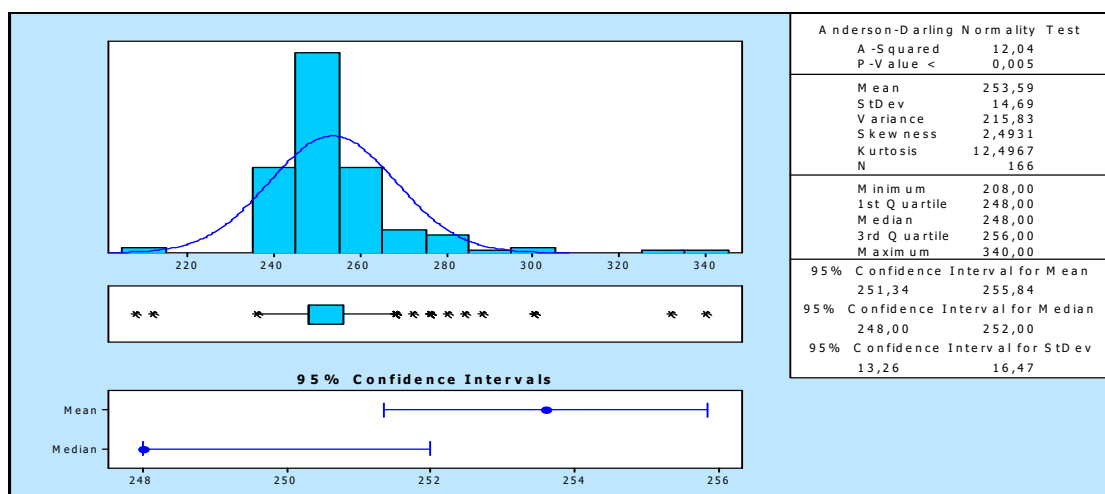


Figura 5.21. Estadística descriptiva de la alcalinidad total del agua en suavizadores y enjuagadores de botella

Para el caso de la alcalinidad, presenta una distribución ligeramente simétrica respecto a la dureza, sin embargo el valor probabilístico de la prueba de normalidad es menor a 0,05; Por consiguiente la distribución es “no-normal”; este comportamiento puede atribuirse a causas especiales (asignables) de variación, indicadas en el gráfico de cajas de la Figura 5.21, con el símbolo “*”, los cuales son valores atípicos de la distribución de frecuencia, y pueden estar relacionados a las causas de variación especial de la alcalinidad de la fuente de origen (pozo subterráneo). Este aspecto en particular se analizará posteriormente, mediante el análisis gráfico del comportamiento (gráficos de control) y el estudio de capacidad de procesos.

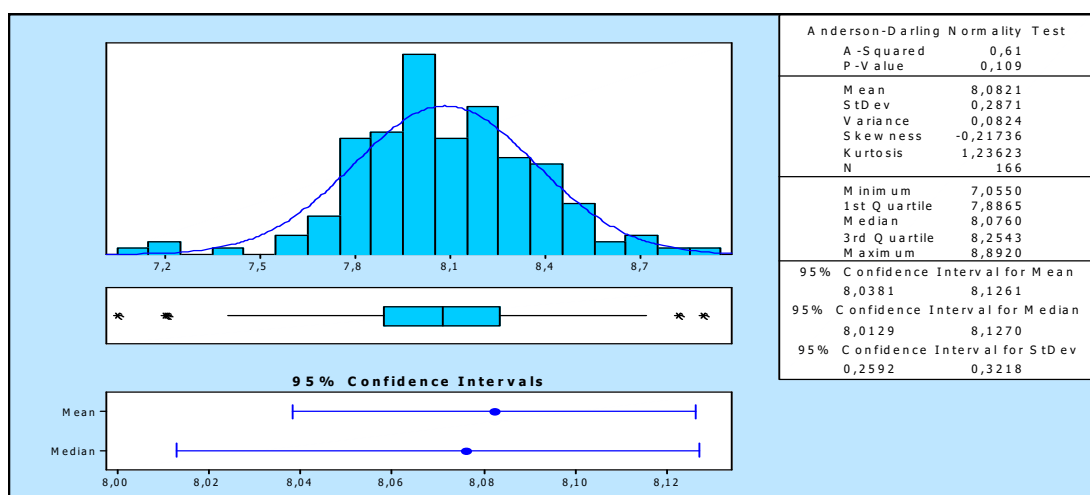


Figura 5.22. Estadística descriptiva del pH del agua en suavizadores y enjuagadores de botella

Para el caso del pH, presentó una distribución simétrica respecto a los dos parámetros anteriores, siendo el valor probabilístico de la prueba de normalidad mayor a 0,05 (Figura 5.22, p-valor = 0,109), por consiguiente la distribución de datos es “normal”. Se observó de igual forma, puntos atípicos atribuibles a causas especiales (asignables) de variación, indicadas en el gráfico de cajas de la Figura 5.22, con el símbolo “*”, los cuales pueden estar relacionados a las causas de variación especial de la alcalinidad de la fuente de origen (pozo subterráneo). Este aspecto en particular se analizará posteriormente, mediante el estudio de capacidad de procesos.

5.4.2 Estudio de capacidad de procesos de los parámetros fisicoquímicos

Los resultados fisicoquímicos tanto de los enjuagadores de botellas y suavizadores (Apéndice B, tabla B.4), fueron procesados empleando el software estadístico Minitab 14.0, estableciendo como subgrupo de estudio a cada día de evaluación, disponiendo de 16 muestras correspondientes a la evaluación de los 4 suavizadores y los 6 enjuagadores de botellas, tanto en la entrada como a la salida del mismo.

Los resultados arrojados para la dureza se muestran en la Figura 5.23.

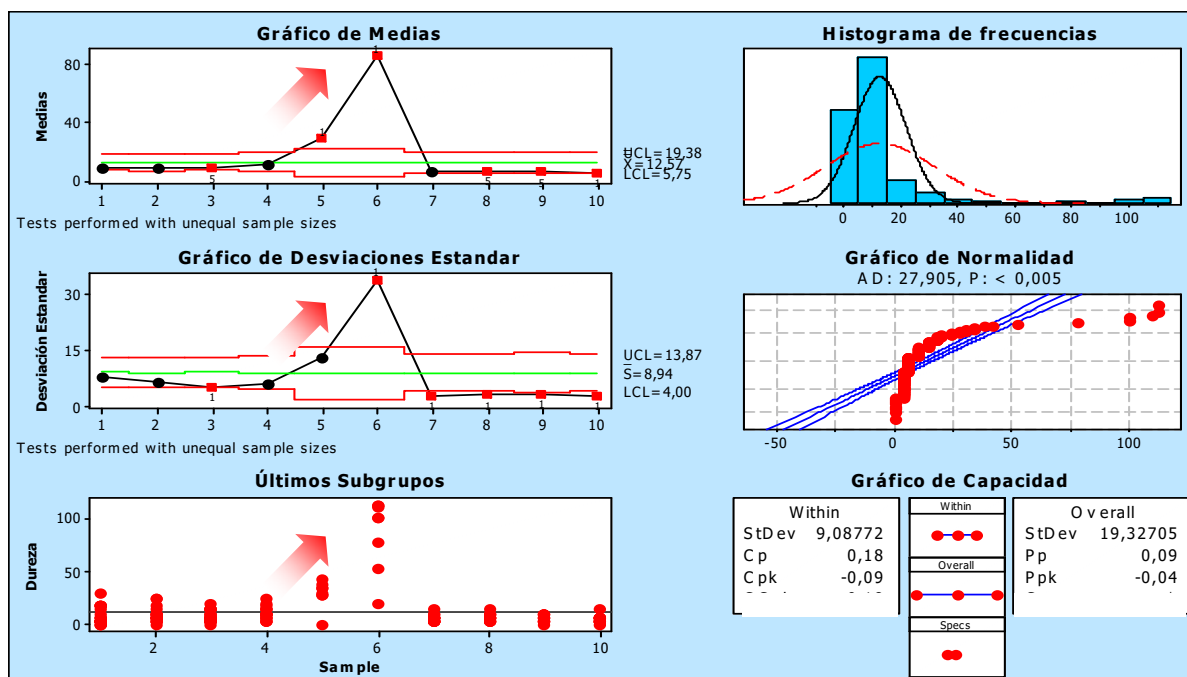


Figura 5.23. Estudio de capacidad de procesos (SixPack) para la dureza del agua en los suavizadores y enjuagadores de botellas

De la Figura 5.23 se observan los siguientes comportamientos:

1. *Gráfico de control de medias, desviación estándar y de los últimos subgrupos:* en el gráfico de medias se observa a partir del día 4, tendencia en incremento de los valores promedios de dureza, lo cual puede deberse a la sobresaturación de la resina y/o regeneración deficiente de los suavizadores. Para el día 6 (Apéndice B, tabla B.4, día 13/02/2008) se alcanzo el pico máximo, lo cual requirió de la intervención de los 4 equipos suavizadores para determinar la causa especial de variación. Posteriormente, será discutido que para el mismo día en particular, se determinó contaminación microbiológica por pseudomonas. En el gráfico de rangos se observó el mismo comportamiento de los promedios, indicando para el día 6 la mayor variación registrada, entre suavizadores y enjuagadores de botellas; la dispersión de los datos se observa en el gráfico de subgrupos, indicando con puntos los valores individuales obtenidos.

2. *Histograma de frecuencias, prueba de normalidad y gráfico de capacidad:* se observa nuevamente la asimetría de los datos, lo cual generó un valor probabilístico menor a 0,05, lo cual se demuestra en la distribución acumulada de datos del gráfico de normalidad, ya que los datos no se ajustan a una línea recta. El gráfico de capacidad indicó una capacidad potencial de proceso a corto (Cp) y largo plazo (Pp), de 0,18 y 0,09 respectivamente, siendo no capaz de producir dentro de especificación de agua suavizada, es decir, "0" dureza, ya que la misma en contacto con los químicos de limpieza y saneamiento, pudiera ocasionar la formación de compuestos indeseados. La capacidad del proceso real a corto (Cpk) y largo (Ppk) plazo, fue de -0,09 y -0,04, lo cual es menor a la unidad (1), lo cual indica nuevamente, que el proceso de suavización de agua no es capaz de producir dentro de las especificaciones de dureza, con sesgo hacia la izquierda, es decir, hacia "0" dureza indicado por el signo negativo del los índices calculados y la distribución de frecuencia. En general, los resultados arrojados de capacidad de proceso indicaron que en el caso de los suavizadores, los cuales son los encargados de eliminar la dureza del agua, no son capaces de operar dentro del rango establecido afectando por consiguiente a los enjugadores de botellas.

Los resultados de la alcalinidad se muestran en la Figura 5.24.

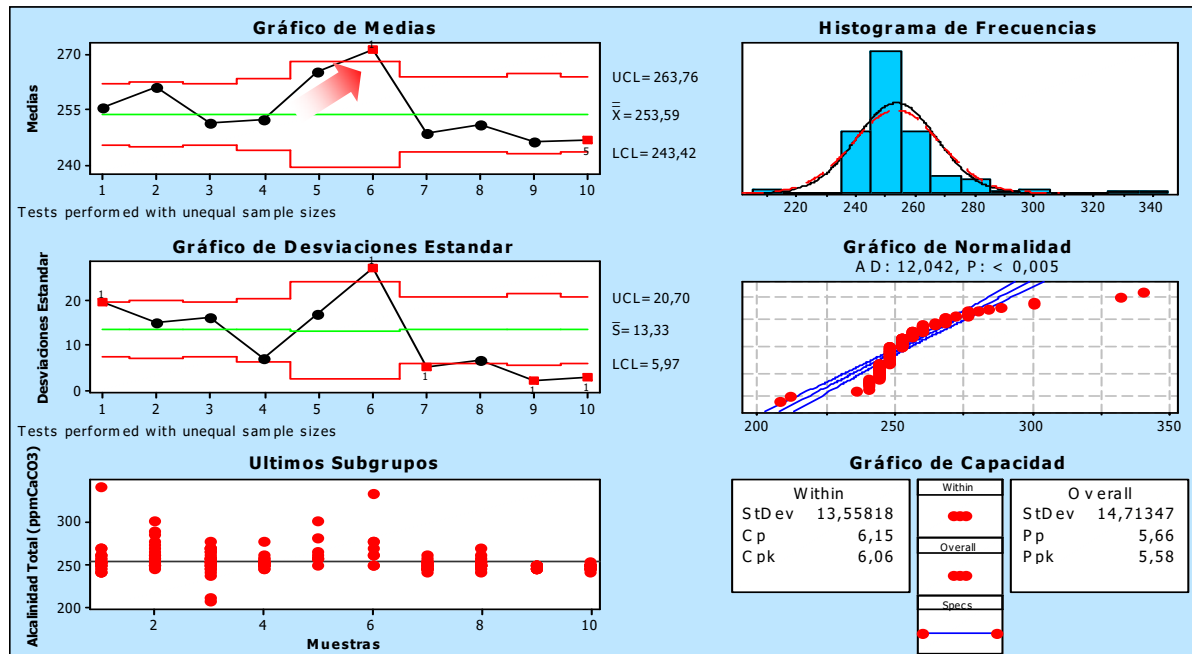


Figura 5.24. Estudio de capacidad de procesos (SixPack) para la alcalinidad total del agua en los suavizadores y enjuagadores de botellas

De la Figura 5.24 se observan los siguientes comportamientos:

1. *Gráfico de control de medias, desviación estándar y de los últimos subgrupos*: en el gráfico de medias se observó, al igual que para el comportamiento de la dureza, tendencia en incremento de los valores promedios a partir del día 4, alcanzando su punto máximo el día 6 (Apéndice B, tabla B.4 día 13/02/2008), lo cual no tiene relación con las condiciones de la resina catiónica, sino probablemente con las variaciones de la calidad del agua de la fuente de origen (pozo subterráneo 1 y/o 2). En el gráfico de rangos se observó el mismo comportamiento de los promedios, indicando para el día 6 la mayor variación registrada, entre suavizadores y enjuagadores de botellas; la dispersión de los datos se observa en el gráfico de subgrupos.

2. *Histograma de frecuencias, prueba de normalidad y gráfico de capacidad*: los datos fueron ligeramente asimétricos, lo cual generó un valor probabilístico menor a 0,05, por lo cual la distribución de frecuencias es “no-normal”. El gráfico de capacidad indica una capacidad potencial de proceso a corto (Cp) y largo plazo (Pp), de 6,15 y 5,66 respectivamente, siendo capaz de producir dentro de especificación. La capacidad del proceso real a corto (Cpk) y largo (Ppk) plazo, es de 6,06 y 5,58 respectivamente, las cuales son mayores a la unidad (1), lo cual indica nuevamente, que el proceso es

capaz de producir dentro de las especificaciones para la alcalinidad total, con una distribución centrada entre los límites especificados.

Los resultados del pH se muestran en la Figura 5.25.

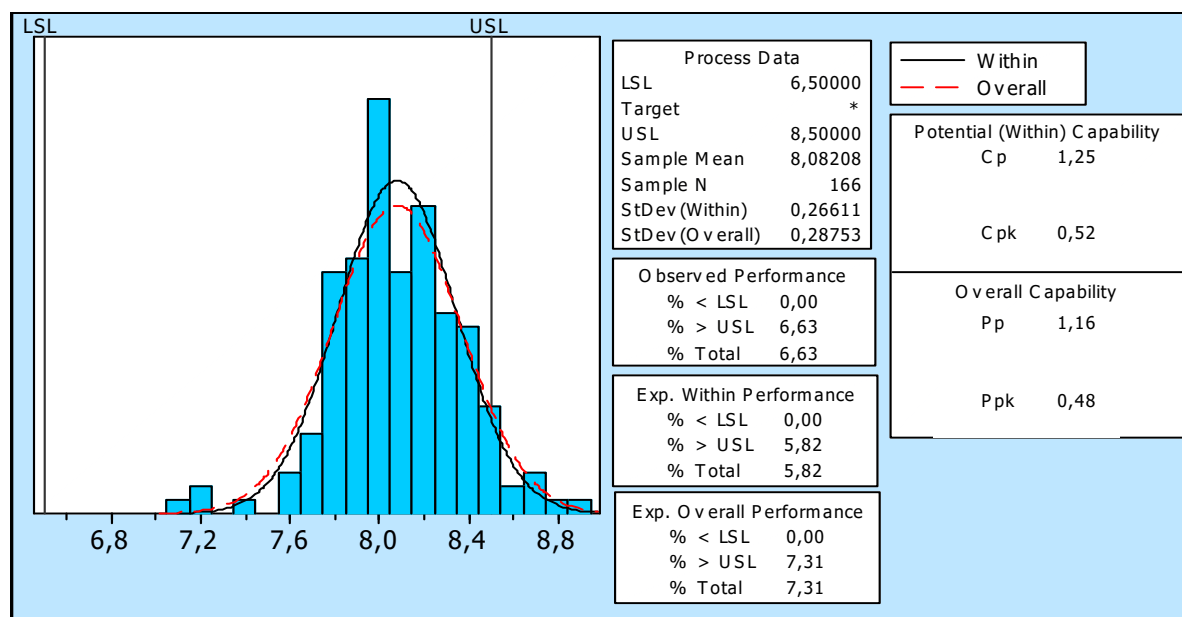


Figura 5.25. Estudio de capacidad de procesos (Normal) para el pH del agua en los suavizadores y enjuagadores de botellas

Para el caso del pH, se efectuó el estudio de capacidad normal, el cual solo consistió en comparar la distribución de frecuencias con los límites de especificación. Se observó en la Figura 5.25 los índices de capacidad potencial a corto (Cp) y largo plazo (Pp), de 1,25 y 1,16 respectivamente, los cuales indicaron que la dispersión de datos es menor al rango de variación requerido para el pH (dado por las especificaciones); sin embargo, al observar los índices de capacidad real a corto (Cpk) y largo plazo (Ppk), de 0,52 y 0,48 respectivamente, se observa mediante el signo positivo (+) de los índices, que existe un problema de centrado de la distribución, con tendencia al límite superior de especificación, arrojando un 6,63% de los datos observados fuera de la especificación superior; esto puede deberse a que las características del agua de la fuente, de acuerdo a lo establecido en el trabajo especial de grado: Durango, Ayda. 2007. "Evaluación del Proceso de Tratamiento del Agua utilizada en la Elaboración de Bebidas Gaseosas y Agua Potable de Industrias Añños de Venezuela C.A.", se tiene mayor contenido de bicarbonatos de sodio que de calcio o magnesio, debido a que la

alcalinidad es mayor a la dureza, y debido a que el pH está relacionado al equilibrio del ión carbonato (CO_3^{2-}), entonces ha de esperarse que varíe según la concentración y el equilibrio predominante del carbonato en el primer punto de equivalencia del carbonato a pH aprox. a 8,5.

Se seleccionó como parámetro fisicoquímico crítico a la dureza del agua, debido al comportamiento exhibido y los índices de capacidad obtenida. En la siguiente sección, el análisis gráfico del comportamiento observado en cada equipo estará asociado solo a la dureza.

5.4.3 Análisis gráfico de los factores que intervienen en el comportamiento de los parámetros fisicoquímicos

Una vez analizados los parámetros fisicoquímicos generales del agua suavizada, en su recorrido desde el suavizador al enjuagador de botellas, se procedió a analizar individualmente el comportamiento de cada uno de los puntos de muestreo (subgrupos), establecidos en cada suavizador y enjuagador de botellas. Los resultados se muestran en el gráfico de cajas de la Figura 5.26.

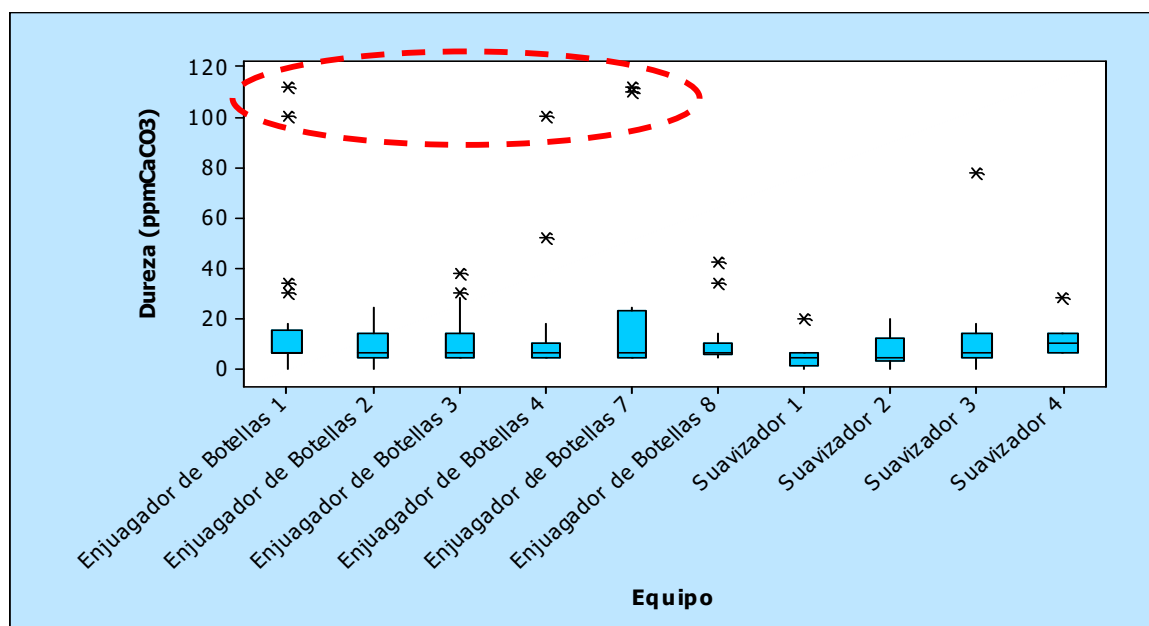


Figura 5.26. Gráfico de cajas de la dureza en los suavizadores y enjuagadores de botella

En la Figura 5.26 se observó mediante gráficos estadísticos de caja, la ubicación de la media y la dispersión de los datos por cada equipo evaluado, observando que en cuanto al centrado de las cajas que los valores de cada equipo son cercanos entre sí, mientras que respecto a la dispersión de datos, el equipo que presentó mayor variación es el enjuagador de la línea 7, mientras que la menor dispersión observable fue del suavizador 1. Sin embargo, se observaron en el enjuagador de botellas 1, 3, 4, 7 y 8, así como en el suavizador 1, 3 y 4, puntos atípicos a la distribución indicados en “*”; estos puntos son indicativos de los puntos fuera de control mostrados en la figura 5.23, ya que los mismos fueron valores extremadamente elevados (especialmente para los enjuagadores 1, 4 y 7), siendo los puntos indicados en el círculo rojo de la figura 5.26, correspondientes al día 6 (Apéndice B, tabla B.4, día 13/02/2008).

Para observar de manera práctica el comportamiento, se construyó un gráfico de efectos por cada equipo en el parámetro de dureza, así como en los subgrupos de la mañana y la tarde, obteniendo los resultados que se muestran en la Figura 5.27.

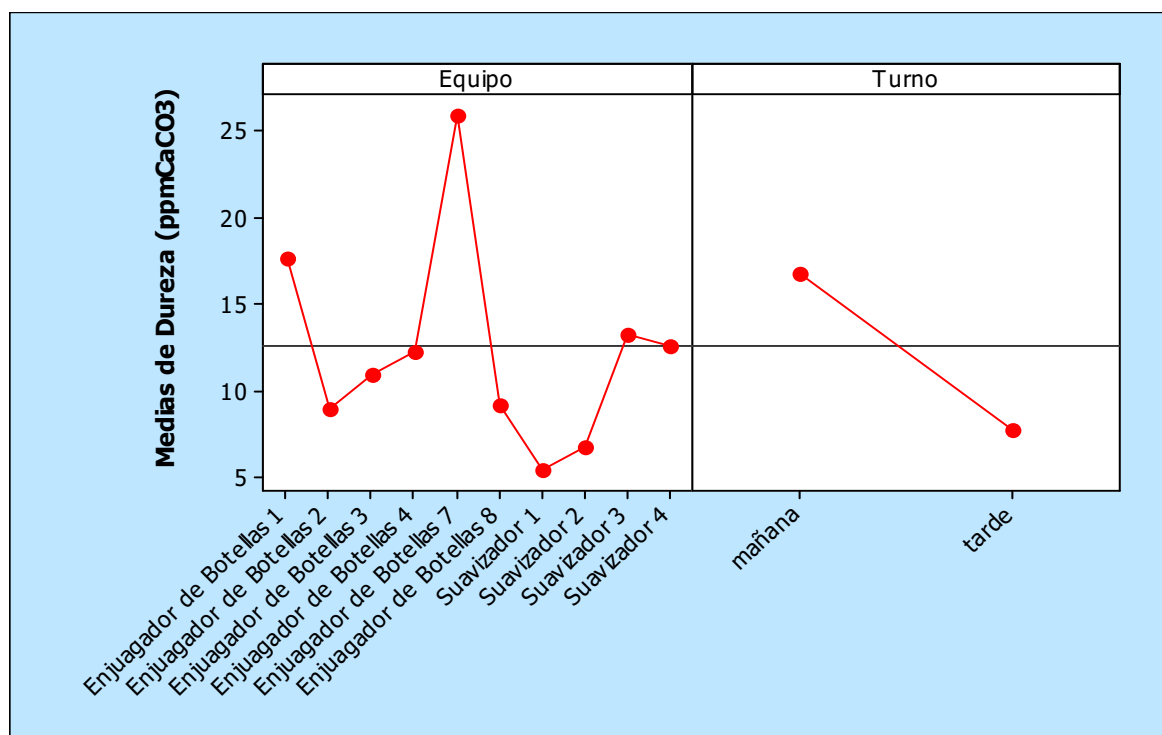


Figura 5.27. Gráfico de efectos por cada equipo y periodo de evaluación en la dureza del agua suavizada.

En la Figura 5.27 se observó en el bloque de equipos, los promedios obtenidos por cada uno, observando que el mayor promedio de dureza correspondió al enjugador de la línea 7, seguido por la línea 1, lo cual pudo deberse a su ubicación en la planta ya que la red de tuberías alimenta en primer lugar a la línea 7, seguido por la línea 1 y el resto de las líneas, las cuales a su vez, por ubicarse en las cercanías de la planta de agua, cualquier cambio o perturbación en los suavizadores, repercutirá directamente y primero en dichas líneas. En cuanto a los valores obtenidos en los suavizadores, se observó que los mayores promedios correspondieron a los suavizadores 3 y 4, los cuales son los de mayor capacidad, manejan el mayor caudal de procesamiento y probablemente operan con mayor frecuencia y tienden a saturarse en menor tiempo respecto a los suavizadores 1 y 2.

De forma similar, se observó que la tendencia de la dureza, es a ser mayor en la mañana respecto a la tarde, esto debido a que la regeneración de los suavizadores se realiza en la mañana, con periodos de uno a dos días antes de la próxima regeneración (Tabla 5.12), lo cual puede indicar que los periodos de regeneración fueron inadecuados y largos en comparación a los resultados obtenidos, tanto en la mañana como en la tarde; sin embargo, este punto de igual manera esta fuera del alcance del trabajo especial de grado.

Una vez caracterizados los parámetros fisicoquímicos, y analizados el comportamiento de los mismos en los enjugadores de botellas, se procedió a caracterizar y analizar el comportamiento microbiológico del agua suavizada y el efluente del rinser.

5.4.4 Caracterización Microbiológicos de las aguas empleadas en los enjugadores de botellas

Las características microbiológicas durante el periodo de estudio y los estándares de comparación se muestran en la Tabla 5.16

Tabla 5.16. Resumen de análisis microbiológicos aplicados a las aguas de los enjuagadores de botellas

Propiedad	Enjuagador de Botellas						COVENIN 1431-82
	Entrada			Salida			
	Mínimo	Media	Máximo	Mínimo	Media	Máximo	
Coliformes E. Coli (NMP/mL)	0	77	460	0	699	2400	0 -10
Bacterias (UFC/mL)	0	29	82	0	Incontables	Incontables	0 – 100 (*)
Mohos (UFC/mL)	0	0	1	0	3	7	0 – 100 (*)
Levaduras (UFC/mL)	0	8	38	7	110	292	0 – 100 (*)
Pseudomonas (NMP/mL)	0	5	14	0	194	1100	0 – 3

(*) Estándar AJEVEN Vigente 2.008

La Tabla 5.16 muestra los valores de las características microbiológicas, tanto a la entrada y a la salida de los enjuagadores de botellas, las cuales se encuentran fuera de parámetros en mayor proporción en la salida respecto a la entrada. La entrada de agua, tal como se mencionó en la sección anterior debe tener características de agua potable, sin embargo, se observa que tanto en los parámetros de coliformes y pseudomonas, tanto la media como el máximo alcanzado se encuentran fuera de parámetros. Esto pudo deberse a las condiciones de la toma de muestra y las condiciones del ambiente, ya que no garantizan eliminar los riesgos de contaminación cruzada, por manipulación del operador, incumplimiento de las buenas prácticas y las normas de higiene; adicionalmente, el método de toma de muestras microbiológicas requiere de flamear el punto de muestra, lo cual no se pudo ejecutar en la mayoría de ellos, debido al empleo de mangueras flexibles para el suministro de agua a las válvulas de los enjuagadores, las cuales se pueden dañar, ya que no están diseñadas para soportar calor.

En el caso de las evaluaciones realizadas al efluente del enjuagador, se observó que tanto en coliformes, bacterias, levaduras y pseudomonas se encontraron fuera de la especificación. De forma análoga al caso de la alimentación al enjuagador, las condiciones del ambiente y la manipulación son de mayor relevancia, ya que el enjuagador presenta deficiente canalización, la cual ocasiona el derrame del agua al suelo y posteriormente al drenaje, incrementando la humedad del ambiente, e

incrementando los riesgos de contaminación cruzada, por manipulación del operador, condiciones higiénicas del mismo y del medio ambiente.

Otro punto de interés microbiológico es la calidad del agua de la fuente de alimentación, el agua de los suavizadores; para ello, se realizó muestreo microbiológico a los suavizadores y enjuagadores de botellas, en paralelo a los análisis fisicoquímicos. Se construyeron gráficos de control para las características microbiológicas, estableciendo como subgrupo cada día de evaluación, monitoreando a su vez, los equipos en operación más críticos a nivel fisicoquímico tales como el enjuagador 1, 3, 4, 7 y 8 y todos los suavizadores. Los resultados de los gráficos de control se exhiben en la Figura 5.28.

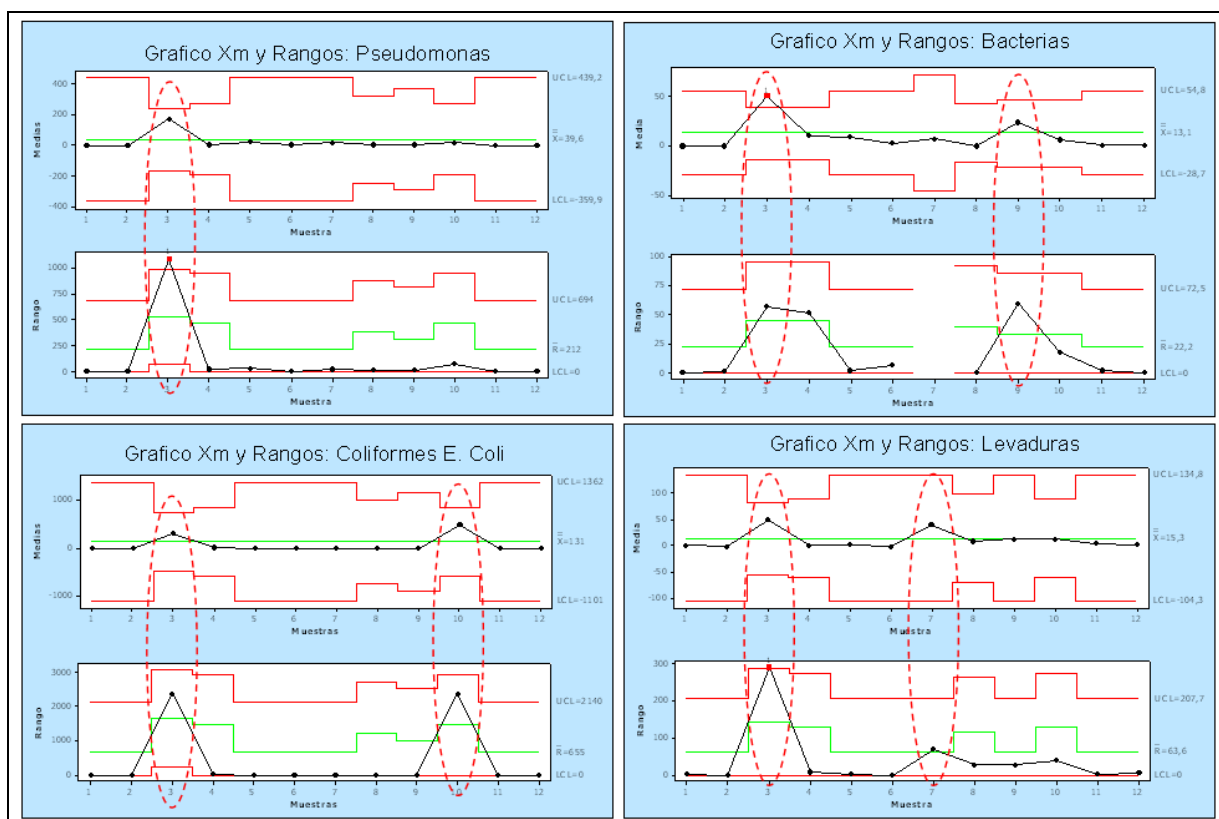


Figura 5.28. Gráfico de control de los parámetros microbiológicos del agua de los suavizadores y enjuagadores de botellas

En la Figura 5.28 se observó que los parámetros microbiológicos tuvieron un punto común fuera de control o más elevado, al tercer día de evaluación (Apéndice B, Tabla

B.5, día 13/02/2008), el cual coincidió con el punto fuera de control fisicoquímico tanto para la dureza como la alcalinidad en los suavizadores. La acción de contención ejecutada fue la parada general de planta, e inspección de los equipos suavizadores, limpieza y mantenimiento profundo con oxonia activa (ácido peracético), y recubrimiento interno epóxico. La efectividad de las actividades realizadas, fue monitoreada continuamente, determinando nuevamente durante los días 7 y 9 (Apéndice B, Tabla B.5, días 21/02 y 27/02/2008), desviación microbiológica específicamente en el suavizador 4, el cual fue puesto nuevamente a disposición del departamento de aseguramiento de la calidad y mantenimiento, para las limpiezas y saneamiento del equipo empleando nuevamente oxonia activa, lo cual puede ser indicativo del saneamiento incorrecto del equipo durante estos días. Para el día 10, se observó un punto elevado a nivel de coliformes E. Coli, el cual corresponde al enjuagador de botellas de la línea 8, y esto pudo deberse nuevamente a las condiciones de humedad del área, ocasionada por el inadecuado diseño de las bandejas recolectoras de agua, el descontrol de la presión de operación, las condiciones higiénicas de los operadores, entre otras.

Con la finalidad de analizar específicamente los focos de contaminación, y los tipos de microorganismos presentes en las mismas, a nivel de los enjuagadores de botellas se procedió a realizar gráficos de efectos de cada equipo en los parámetros microbiológicos; los resultados se muestran en la Figura 5.29.

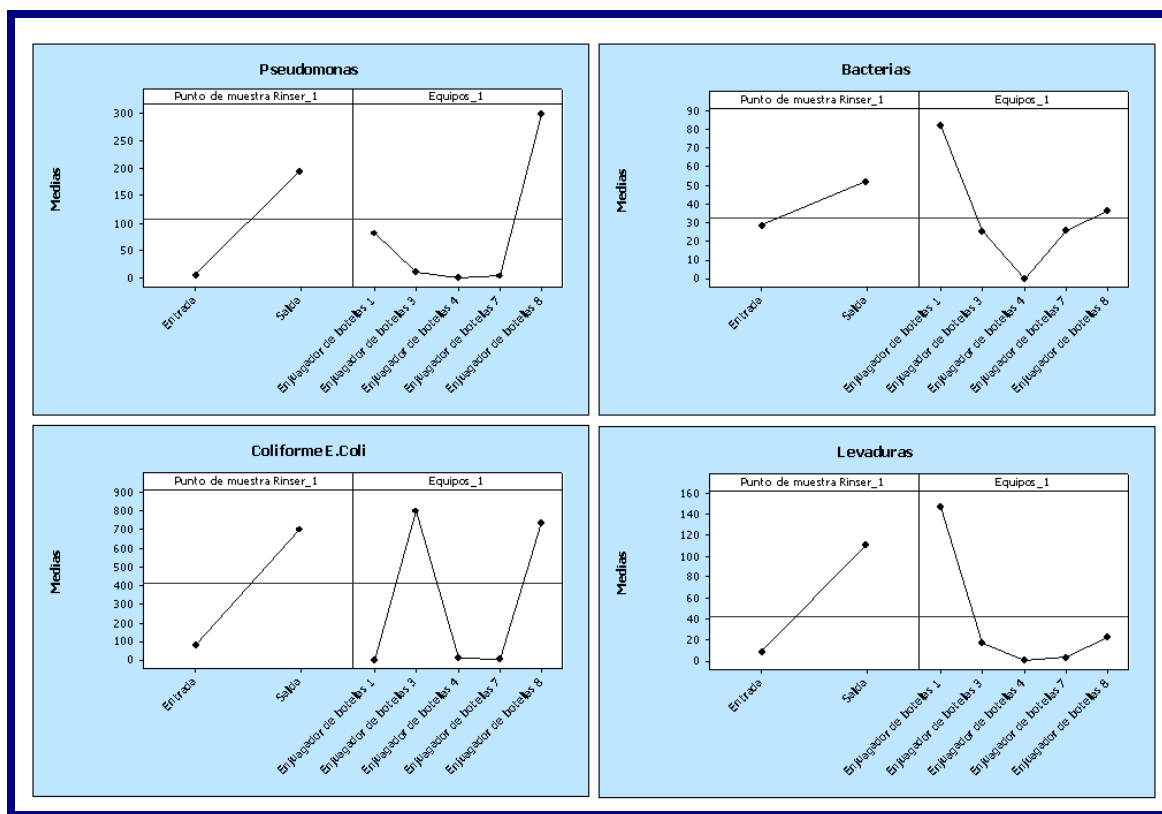


Figura 5.29. Gráficos de efectos de cada enjuagador de botellas en los parámetros microbiológicos.

Los gráficos de efectos de la Figura 5.29 muestra para el primer bloque que los valores de los parámetros microbiológicos estudiados fueron mayores a la salida de los enjuagadores de botellas con respecto a las entradas, probablemente las causas principales de este comportamiento sean las condiciones de humedad en el ambiente y las condiciones higiénicas de los operadores encargados del área, por incumplimiento de las buenas prácticas.

Para reconocer los equipos más críticos con respecto a los estándares microbiológicos se procedió a realizar una matriz causa – efecto, el resultado se muestra en la Tabla 5.17

Tabla 5.17. Matriz de causa – efecto del efecto sobre los parámetros microbiológicos de cada enjuagador de botellas

Proceso		Salidas del Proceso						
		1	2	3	4			
Condición Microbiológica		Pseudomonas	Coliformes E. Coli	Bacterias	Levaduras			
Nº	Entradas del Proceso	Importancia (1 a 10)				Total	%	%ACUM
		10	9	8	7			
1	Enjuagador de Botellas 8	9	9	4	4	231	35%	35%
2	Enjuagador de Botellas 1	4	1	9	9	184	28%	63%
3	Enjuagador de Botellas 3	1	9	4	4	151	23%	86%
4	Enjuagador de Botellas 7	1	1	4	1	58	9%	95%
5	Enjuagador de Botellas 4	1	1	1	1	34	5%	100%
Total		160	189	176	133			
0: No hay relación 1: Relación Débil 4: Relación Moderada 9: Relación Fuerte								

En la Tabla 5.17 se observó que el punto más crítico de contaminación se encontró en el enjuagador de botellas correspondiente a la línea 8, esto debido probablemente a que es el equipo que se encuentra con mayor exposición al ambiente, con respecto a los otros; seguido de los enjuagadores de las líneas 1 y 3, los cuales probablemente puedan sufrir las mismas causas de contaminación pero con un efecto menor porque sus áreas están limitadas y se encuentran menos afectado por las condiciones ambientales.

5.5 Establecimiento de alternativas de solución de sistemas de recuperación con el objeto de eliminar o disminuir las pérdidas de agua

De acuerdo a los resultados obtenidos en el objetivo anterior, se plantearon las posibles alternativas que permitirán disminuir la pérdida de agua, generada por los enjuagadores

de botellas, retrolavado de filtros y las limpiezas externas. Las alternativas se describen a continuación:

5.5.1 Propuesta de disminución de pérdidas de agua en los retrolavados de los filtros (desde el punto de vista operacional) y limpiezas externas

La propuesta esta centrada en alternativas que pudieran disminuir el consumo de agua en los retrolavados y limpiezas externas, tales como:

a) Retrolavado de filtros

Una de las alternativas de solución pudiera ser: la vigilancia continúa por parte de los supervisores de la planta de tratamiento de agua de los indicadores de saturación de los filtros, con la finalidad de evitar la sobresaturación del mismo y cumplir con el tiempo de retrolavado establecido en los planes de la calidad. Sin embargo, por fines prácticos se propone la instalación de un indicador de presión digital, que emita una señal de alarma cuando el equipo este fuera del delta de presión permitido (40 psig). Es importante acotar que cuando la diferencia de presión de los filtros se eleva por encima o por debajo del delta de presión, es indicativo de que los filtros están saturados de sólidos requiriendo limpieza, por lo cual se considera útil el equipo propuesto.

Los modelos de indicadores, que pudieran ser eficientes bajo las condiciones de operación de los filtros, se muestran a continuación:

Tabla 5.18. Características de los controladores de presión recomendados.
Propuesta N° 1

Equipo recomendado	Descripción	Aspecto físico
ATC770. Controlador de presión y procesos con auto sintonía en formato 1/4 DIN	Indicador de presión digital. Alerta de sobrepresión, presión absoluta y presión diferencial, ideal para líquidos, con 17 diferentes rangos de presión, también con protección ATEX	
Ventajas		Desventajas
• Rangos de medición de 0 - 300 bar. • Ajustable a cualquier tipo de transmisor. • Intervalo fijo de detección de fugas: 1 minuto. • Medición de la temperatura. • Funciona con energía eléctrica. • Ajuste de rango de control. • Sistema de alarmas • Ideal para líquidos • Puede operar en un rango de temperaturas de (20-45) °C • Grafica una curva de comportamiento de la presión. • Costo unitario \$ 1.556,29		• Reducido rango de temperatura

Tabla 5.19. Características de los controladores de presión recomendados. Propuesta N° 2

Equipo recomendado	Descripción	Aspecto físico
Medidor de presión digital serie DPI 705/IS	Indicador de presión digital serie DPI 705/IS. Alerta de sobrepresión, presión absoluta y presión diferencial, ideal para gases y líquidos, con 10 diferentes rangos de presión	
Ventajas		Desventajas
• Rangos de medición de 0 - 700 bar. • Límite de error: 0,1 % del valor final. 16 unidades de presión. • Medidor de mano compacto y ligero. Tara, memoria del valor máximo y mínimo. • No precisa tiempo de calentamiento. • Intervalo fijo de detección de fugas: 1,5 minuto. • Medición de la temperatura ambiental. • Sensor interno • Ajuste de rango de control. • Sistema de alarmas • Costo unitario \$ 1.329,97		• Es más eficiente con los gases.

Comparando los equipos mostrados en las tablas 5.18 y 5.19 se observó que el modelo de la propuesta N° 2 en cuanto a costos es el más económico, sin embargo el modelo

de la propuesta N° 1 presentó ventajas significativas como es el funcionar con energía eléctrica y el poder observar la variación de la presión en un gráfico de comportamiento. Por tales razones se recomienda el uso del controlador ATC770 con auto sintonía en formato 1/4 DIN 705/IS para la implementación de esta propuesta.

b) Propuesta de disminución de pérdidas de agua en las limpiezas de las áreas de la planta

La causa más influyente en las pérdidas de agua por limpiezas es el descontrol en el uso de la misma, debido a que se dejan las válvulas 100% abiertas. Por otro lado, las mangueras usadas para las limpiezas poseen un diámetro de 1 pulg, implicando esto mayor pérdida. Por tal razón se propone lo siguiente:

1. Supervisión continua por parte del departamento de aseguramiento de la calidad, producción y mantenimiento, del cumplimiento de las buenas prácticas de fabricación, con la finalidad de garantizar el uso adecuado del agua, trayendo esto como beneficio menor humedad en el ambiente y disminución en el riesgo de crecimiento de microorganismos.

2. El cambio de mangueras por una de menor diámetro y la incorporación de pistolas reguladoras de flujo a la salida de la misma, permitirá controlar el gasto de agua. Entre las posibles opciones de propuesta se encuentra:

2.1 Pistolas reguladoras de flujo en las mangueras

Las pistolas reguladoras son colocadas en los picos de las mangueras, permitiendo con esto la salida del flujo solo cuando se acciona la empuñadura. Los modelos que más se ajustaron a las condiciones operacionales se muestran a continuación:

Tabla 5.20. Características de las pistolas de flujo recomendadas en la propuesta N° 1

Equipo recomendado	Descripción	Aspecto físico
Pistola Metálica de ¾"	Pistola de riego, 8 posiciones, alargada, en aluminio. Se conecta a la manguera y tiene las funcionalidades de rocío y chorro directo. Mango ergonómico recubierto de PVC, empuñadura de accionamiento sencillo.	
Ventajas		Desventajas
• Resistentes a caídas. • Fácil adaptación a la manguera • Control de flujo manual. • Rango de temperaturas (10 – 45) °C • Costo unitario 7,90 \$		• No es sanitaria.

Tabla 5.21. Características de las pistolas de flujo recomendadas en la propuesta N° 2

Equipo recomendado	Descripción	Aspecto físico
Pistola Metálica de ¾"	Pistola de riego, 3 posiciones, alargada, en aluminio. Se conecta a la manguera y tiene las funcionalidades de rocío y chorro directo. Mango ergonómico recubierto en goma y empuñadura de accionamiento sencillo.	
Ventajas		Desventajas
• Resistentes a caídas. • Fácil adaptación a la manguera • Control de flujo manual. • Rango de temperaturas (10 – 50) °C • Costo unitario 30,69 \$		• No es sanitaria.

En las Tablas 5.20 y 5.21 se observó que la propuesta N° 1 de las pistolas es el más económico, sin embargo la propuesta N° 2 presenta una ventaja relevante debido a que

su carcasa esta elaborada en goma, asegurando mayor resistencia a posibles caídas. Por esta razón se recomienda el uso de la pistola metálica de $\frac{3}{4}$ pulg de la propuesta N° 2.

2.2 Mangueras para las limpiezas

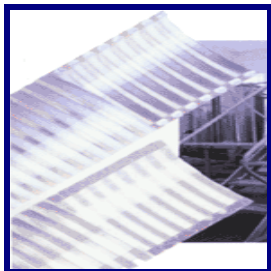
Como se comentó anteriormente, se recomienda utilizar mangueras de menor diámetro y específicamente se propone un diámetro de $\frac{3}{4}$ ", debido a que se obtendría un caudal de agua suficiente para desarrollar las limpiezas, ya que la reducción de diámetro equivale a un 75%; asumiendo una reducción de flujo lineal al diámetro (criterio práctico), el impacto en la pérdida por limpieza podría ser de 27,65 m³/h a 20,74 m³/h, con una reducción del desperdicio de agua por limpieza de 6,91 m³/h. Las características de las mangueras que se recomiendan se muestran a continuación.

Tabla 5.22. Características de las mangueras *optihose -aire-agua*. Propuesta N° 1
Características generales

Tubo interior	Compuesto de caucho natural y sintético de color negro (con gran resistencia a la absorción de agua).
Refuerzo	Tela nylon de alta tenacidad
Cubierta	Compuesto de caucho natural y sintético, resistente a la abrasión, arrastre, intemperie y envejecimiento prematuro.
Color	Negro con franja naranja, con impresión de tela fina
Temperatura	Rango -30°C a 80°C
Diámetro	$\frac{3}{4}$ "
Presión de trabajo	17kg/cm ²
Longitud	Se suministra en tramos hasta 100 metros.
Costo \$ (100 m)	232,56

Manguera sanitaria atóxica totalmente transparente indicada para succión y descarga de productos alimenticios (agua, leche, néctar, jarabe, entre otros).

Tabla 5.23. Características de las mangueras kat-rexon. Propuesta N° 2

Descripción	Aspecto físico	Desventajas
Su estructura totalmente transparente elaborada en silicona, es flexible y permite visualizar la operación. Su cara interna totalmente lisa, evita la fijación de residuos, evitando contaminaciones. Opera en un rango de temperatura (0 -75)°C. Costo \$ (100 m) de 1.162,79		• Presenta costos elevados

Comparando las características de mangueras mostradas en las Tablas 5.22 y 5.23 se observa que la OPTIHOSE-AIRE-AGUA es más económica con respecto a la KAT-REXON, por ser esta última de uso sanitario, además de estar elaborada en silicona y evitar la fijación de residuos, por lo que se recomienda su uso por estar siendo manipulada en una industria de alimentos.

5.5.2 Primera propuesta del sistemas de recuperación del agua proveniente de los enjuagadores de botellas del área de llenado

Como primera propuesta de sistemas de recuperación, se propone el rediseño de las bandejas canalizadoras del agua, el aumento de frecuencias en los saneamientos y un sistema de recolección basado en un tanque subterráneo, una bomba centrífuga o de desplazamiento positivo y un sistema de tuberías y válvulas, que permita el envío del agua hacia la planta de tratamiento. Los pasos seguidos en el planteamiento de este sistema se muestra a continuación:

a) Rediseño de las bandejas canalizadoras del enjuagador de botellas

Las bandejas que actualmente poseen los enjuagadores de botellas de las líneas de producción N° 1, 2, 3, 4 y 8, son poco eficientes en la canalización del agua debido a que no poseen las medidas requeridas por el sistema, por otro lado están elaboradas en acero inoxidable 304, debido a que estas aguas van directamente al drenaje; por tal

razón, se propone el rediseño de las mismas, haciendo uso de acero inoxidable 316, debido a que es el mas recomendado para la industrias de alimentos. Las propuestas de rediseño se muestran a continuación:

1. Enjuagador de botellas de la línea de producción N° 1

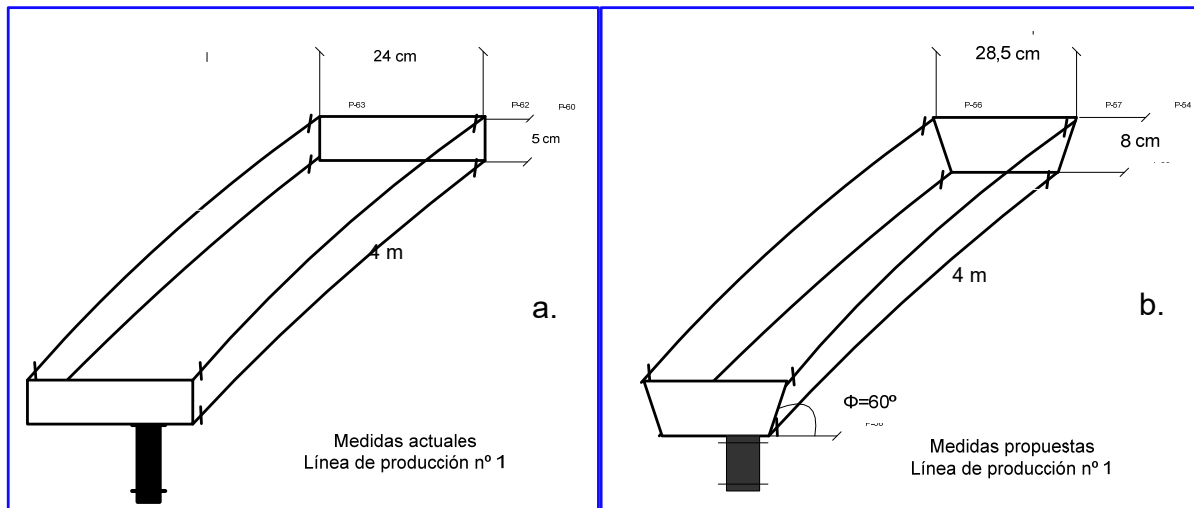


Figura 5.30. Propuesta de rediseño de las bandejas canalizadoras del enjuagador de botellas de la línea de producción N° 1. AJEVEN C.A.

En la Figura 5.30, a., se observan las medidas actuales que posee la bandeja del enjuagador de botellas de la línea N° 1. Se propone rediseñar la bandeja existente, aumentando el ancho de 24,5cm a 28,5cm, con bordes inclinados aproximadamente 60° (Figura 5.30 b.), con la finalidad de garantizar, que la mayor cantidad de agua sea vertida dentro del canal.

2. Enjuagador de botellas de la línea de producción N°2

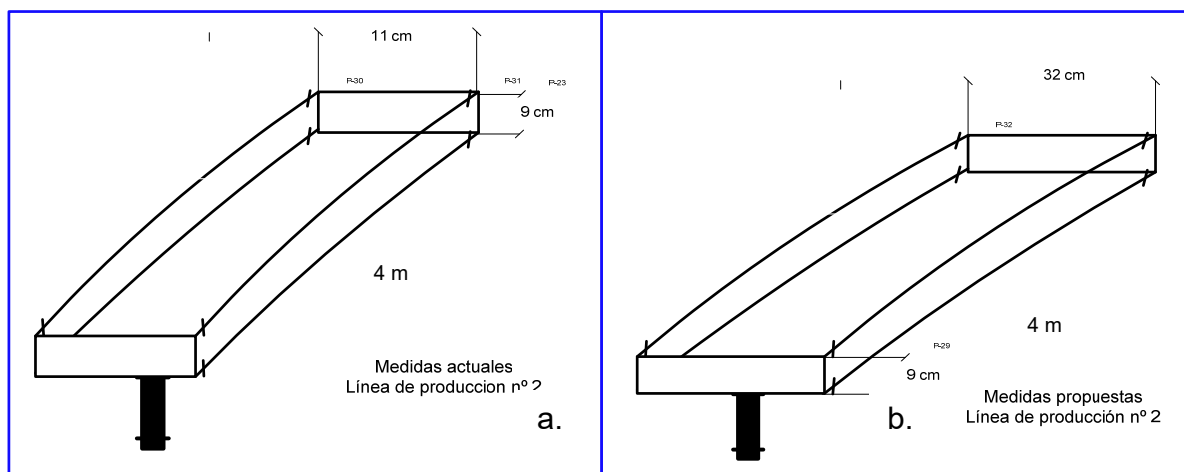


Figura 5.31. Propuesta de rediseño de las bandejas canalizadoras del enjuagador de botellas de la línea de producción N° 2. AJEVEN C.A.

Para la línea de producción N° 2, (Figura 5.30 b), se propone el diseño de bandejas de 32 cm de ancho, con bordes rectos de 9 cm de alto. En la Figura 5.30, se observa la diferencia existente entre el ancho de la bandeja actual con la propuesta, indicando esto que la bandeja en funcionamiento es significativamente deficiente.

3. Enjuagador de botellas de la línea de producción N°3

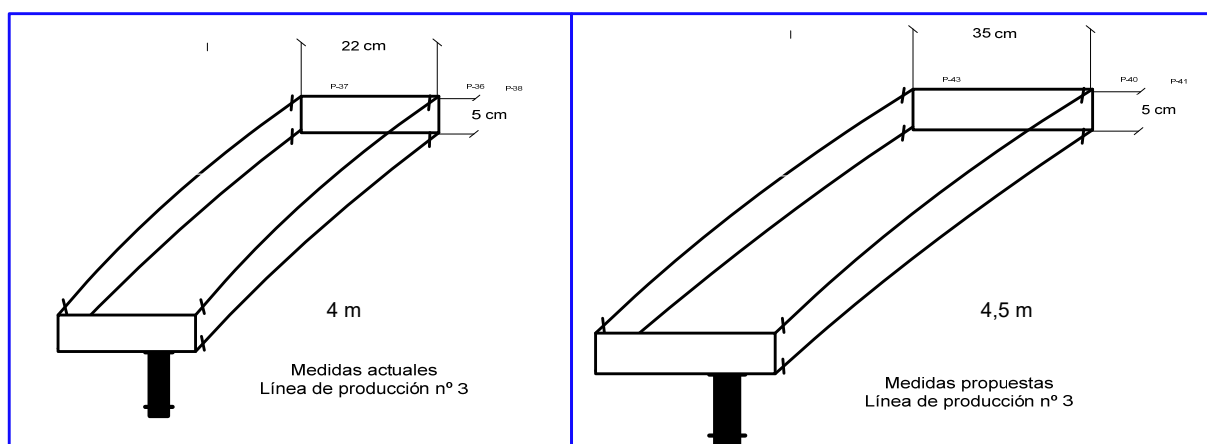


Figura 5.32. Propuesta de rediseño de las bandejas canalizadoras del enjuagador de botellas de la línea de producción N° 3. AJEVEN C.A.

Para este sistema de canalización se propone adicionar 12 cm de ancho, 5 cm del largo y mantener los bordes en 5 cm de alto.

4. Enjuagador de botellas de la línea de producción N°4

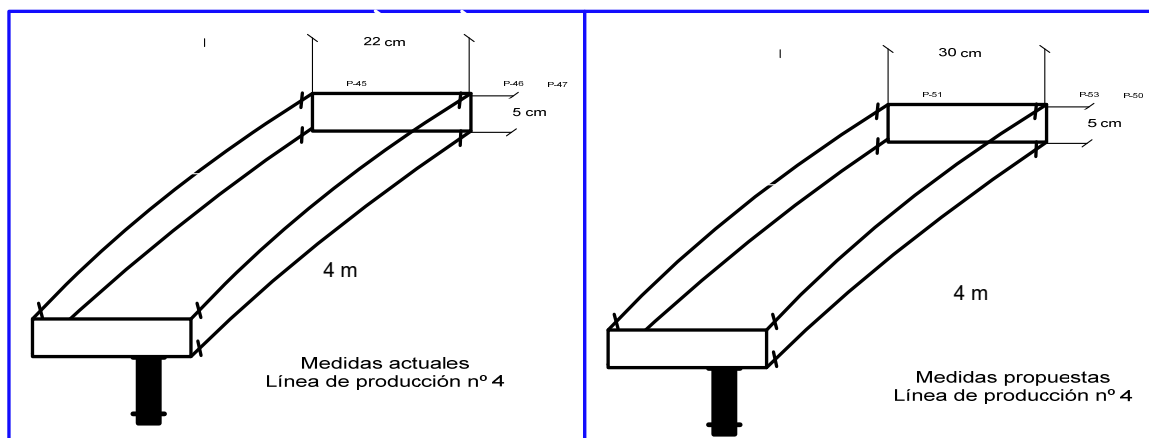


Figura 5.33. Propuesta de rediseño de las bandejas canalizadoras del enjuagador de botellas de la línea de producción N° 4 AJEVEN C.A.

La propuesta consiste en adicionar a las bandejas ya existentes 7 cm de ancho, manteniendo el largo y la altura del borde.

5. Enjuagador de botellas de la línea de producción N° 8

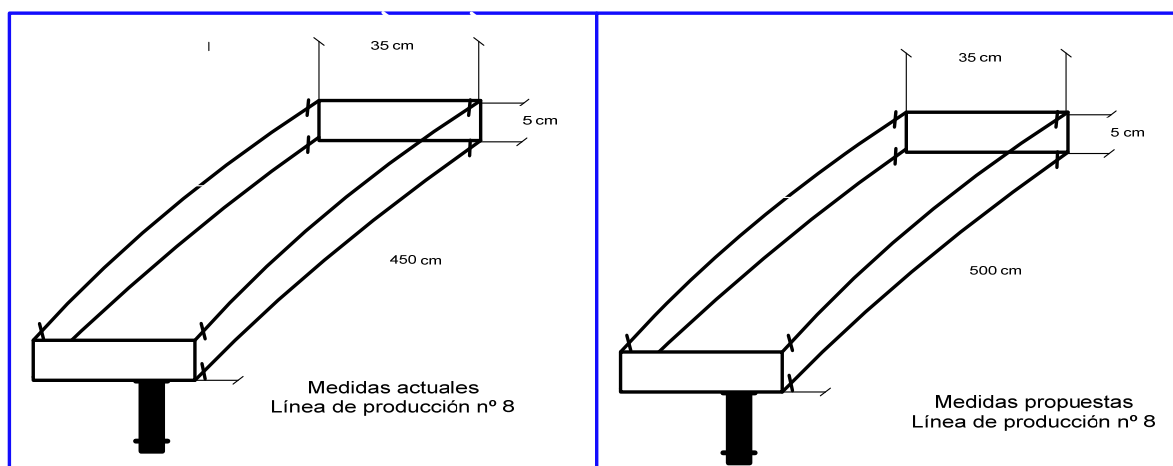


Figura 5.34. Propuesta de rediseño de las bandejas canalizadoras del enjuagador de botellas de la línea de producción N° 8 AJEVEN C.A.

La propuesta consiste en adicionar a las bandejas ya existentes 50 cm de largo y ubicarla a 5 cm hacia el exterior a partir de donde se encuentra actualmente.

b) Sistema de recuperación

El sistema de recuperación de agua que se propone para los enjuagadores de botellas, consiste en un sistema de recolección y bombeo, que permita el traslado a la planta de tratamiento de aguas de la empresa, específicamente al tanque cisterna (Mellizos, Figura 3.2, Cáp. III). La propuesta consiste en lo siguiente:

1. Tanque subterráneo, con sensores de nivel

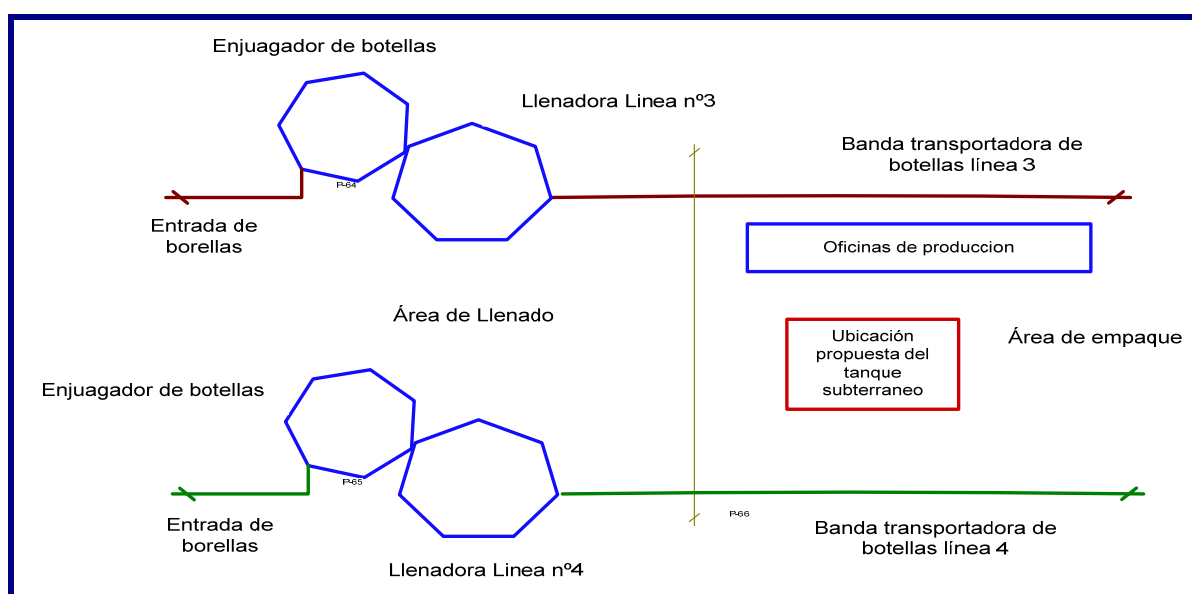


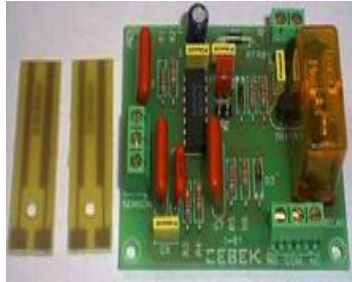
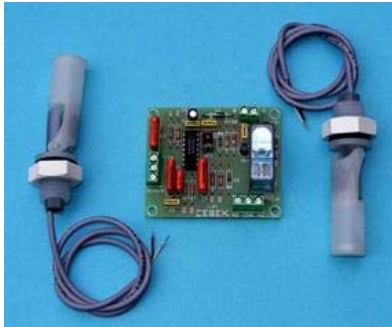
Figura 5.35. Gráfico esquemático de la ubicación del tanque subterráneo correspondiente a la propuesta del sistema de recuperación. AJEVEN C.A.

Como se observa en la Figura 5.35, se propone construir un tanque subterráneo entre las líneas de producción 3 y 4, con 10 m^3 de capacidad, adecuado al caudal de agua que se desea recuperar, siendo aproximadamente de $9 \text{ m}^3/\text{h}$ (Tabla A.21, consumo de los enjuagadores de botella de diseño). Elaborado en concreto armado y recubierto con pintura epóxica. Las dimensiones específicas del tanque son las siguientes:

2 m de largo x 2 m de ancho x 2,5 m de profundidad.

Los sensores de nivel permitirán controlar el volumen almacenado en el tanque, y la ubicación dependerá del tipo de sensor. Entre los posibles equipos a usar se encuentran:

Tabla 5.24. Características de los sensores de nivel de líquido

Características del equipo	Equipo
- Automatismo de control - Salida a Relé - Admite dos modos de control - El circuito mantendrá entre los niveles máximo y mínimo el nivel del agua, actuando sobre la salida en consecuencia. - Fuente recomendada FE-103. - Alimentación: 12V 60mA. - Carga: 5A max. - Medidas: 77X55X30mm. - Costo unitario \$ 64,27	Detector nivel de pozos y depósitos. Marca CEBEK: 
- Detector de nivel para cualquier solución líquida aunque sea conductiva. -Permite una selección mediante jumper entre funcionamiento en modo llenado o vaciado. - Sensor de inclinación/posición. - Las aplicaciones más comunes son control de sistemas de bombeo, bombas en embarcaciones y sistemas de irrigación. - Medidas: 180 x 110 x 45 mm - Peso: 110 gramos. - Consumo máximo: 60mA. - Salida Relé: 250 v/5^a - Costo unitario \$ 118,97	Control de líquido CEBEX: 

En la tabla anterior se observa que el detector de nivel es más económico con respecto al controlador de líquido, además de cumplir con las características requeridas para el diseño, por lo que se recomienda dicho equipo. Teniendo en cuenta que las características de las aguas a recuperar estarán dentro de parámetros de agua potable.

2. Bomba de recuperación

La selección de la bomba, se desarrollo a partir de los datos establecidos en las siguientes tablas:

Tabla 5.25. Parámetros generales para la selección de la bomba del sistema de recuperación

Cabezal de altura:	4,5	m
Longitud total de tubería:	60	m
Caudal de diseño	9,18	m ³ /h
	0,00255	m ³ /s

La longitud total de la tubería necesaria para trasladar el agua hasta la planta de tratamiento de agua, se obtuvo de manera aproximada a través de un recorrido observado en la Figura 5.36.

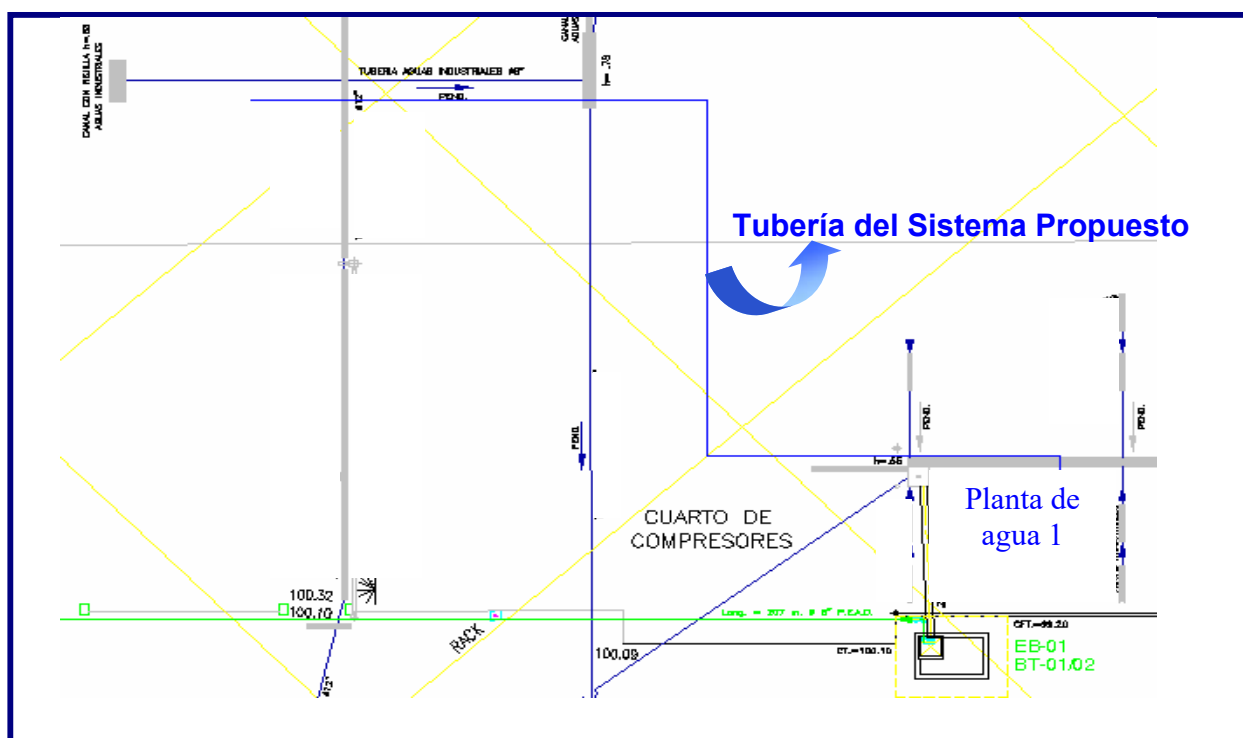


Figura 5.36. Gráfico esquemático de la ubicación de la tubería del sistema de recuperación.

Con esta información se procedió, a obtener el diámetro económico de la tubería, del sistema (Apéndice, C, caculo típico N° 4), obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 5.26. Resumen del diámetro económico obtenido

SELECCIÓN DEL DIÁMETRO ECONÓMICO		
Caudal de diseño	5,4031	ft ³ /min
Densidad	62,25	Lb/ft ³
Diámetro económico	1,5	pulg

La selección del material, se basó en los criterios de un equipo experto de la empresa, recomendando hierro galvanizado porque es más resistente a la corrosión con respecto al acero al carbono, y menos costoso que el acero inoxidable, el cual no se requiere por el tipo de aplicación.

Una vez establecido, los parámetros de la Tabla 5.26, se procedió a obtener los accesorios necesarios en el sistema, obteniendo como resultado lo siguiente:

Tabla 5.27. Accesorios necesarios en el sistema de recuperación

Tipo	Longitud Equivalente Le/D	Cantidad	Total
Codo 90°	30	8	240
Uniones	20	10	200
Válvula compuerta	13	2	26
Válvula de retención	135	1	135
Total			601

Con esta información y con la presentada en la Tabla 5.28 se procedió a construir la curva característica de la bomba, para comprobar si las pérdidas asociadas al sistema influyen de manera significativa.

Tabla 5.28. Características de las tuberías del sistema

CARACTERÍSTICAS DE TUBERÍAS			
Diámetro Nominal (pulg)	Diámetro Int. (m)	Rugosidad (E)m	Rug. Rel (E/D)
1	0,02664	0,0001524	0,005720721
1 1/2	0,04089		0,003727073
2	0,0525		0,002902857

Los resultados obtenidos (Tabla B.6, apéndice B), se muestran en la Figura 5.37.

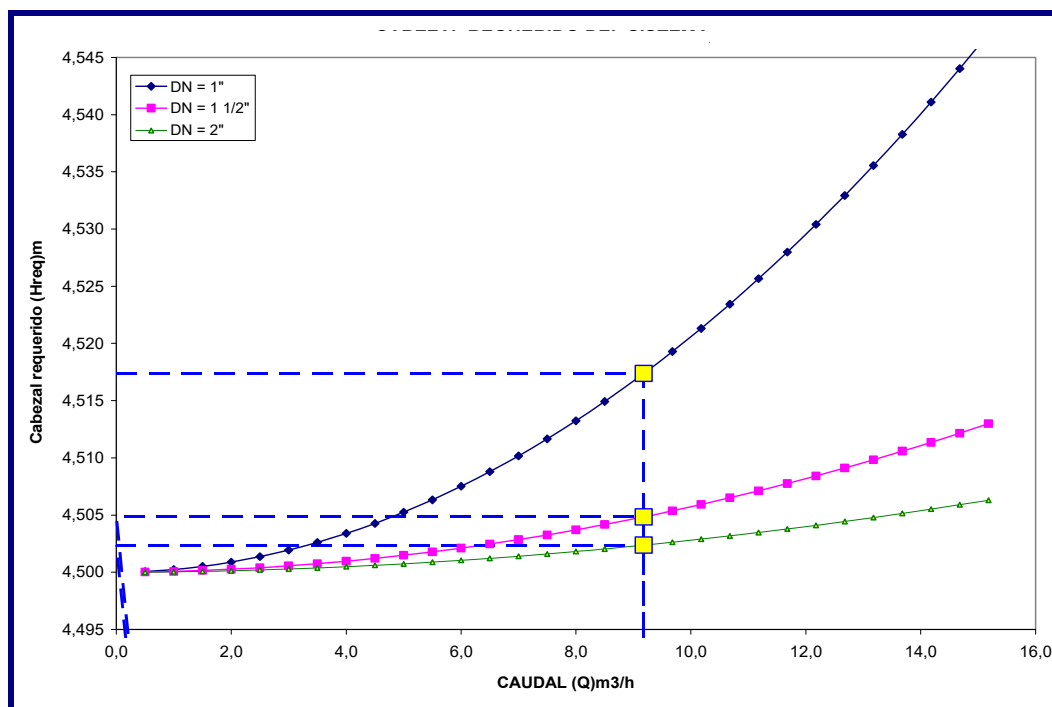


Figura 5.37. Cabezal requerido por le sistema de recuperación propuesto.

En la Figura 5.37, se observa que el cabezal requerido por el sistema se encuentra en un rango de (4,517 - 4,519) m, para un caudal de 9,2 y 9,7 m³/h respectivamente (Tabla B.6 apéndice B). La diferencia entre los valores que se encuentran en este rango, y el cabezal de altura establecido, (Tabla 5.25), es totalmente despreciable, indicando esto que las pérdidas que pudieran afectar el sistema están en gran proporción determinadas por el cabezal de altura. También se observa, que la curva que menos pérdida presenta es la obtenida con un diámetro nominal de 2 pulg., seguido por la tubería de 1 ½ pulg.; esta última si se compara con la preselección del diámetro económico (Tabla 5.26), es la tubería mas recomendada. De esta manera se procedió a seleccionar el modelo de la bomba, haciendo uso de los modelos presentados por los proveedores de bombas centrífugas APV de la empresa, obteniendo lo siguiente:

Tabla 5.29. Especificaciones de modelos de bombas APV.

PUMP MODEL	UNIT	PUMP CASING INLET x OUTLET	MAXIMUM IMPELLER SIZE	PERFORMANCE AT B.E.P			
				1750 RPM		3500 RPM	
				Q GPM (m /hr)	HEAD FT (m)	Q GPM (m /hr)	HEAD FT (m)
4v - 14v	in	1.5 x 1.5	3.8	37	13	74	45
	mm	38 x 38	97	8.4	4	16.8	13.7
4v - 14v	in	2 x 1.5	3.8	42	13	84	52
	mm	51 x 38	97	9.5	4	19.1	15.8
6v - 16v	in	2 x 1.5	5.8	85	33	158	143
	mm	51 x 38	148	19.3	10	35.9	43.6
6v - 16v	in	2.5 x 1.5	5.8	80	36	160	144
	mm	63 x 38	148	18.2	11	36.3	43.9
6vs	in	3 x 2	5.8	195	29	390	103
	mm	76 x 51	148	44.3	8.8	88.6	31.4
8v - 18v	in	2 x 1.5	7.8	117	67	234	268
	mm	51 x 38	200	26.6	20.4	53.2	81.7
8v - 18v	in	3 x 2	7.8	137	63	274	252
	mm	76 x 51	200	31.1	19.2	62.2	76.8
8vs - 18vs	in	3 x 2	7.8	231	63	462	252
	mm	76 x 51	200	52.5	19.2	104.9	76.8

Fuente: Proveedor APV

Finalmente en la Tabla 5.29, se observa que el modelo que se ajusta a los requerimientos del sistema de recuperación, es el APV 1750 RPM. La misma también presenta un cabezal neto de succión positiva de 2,01m indicado por los fabricantes, siendo el cabezal neto de succión requerido por el sistema de 5,02 (Apéndice C), indicando esto que la bomba en las condiciones exigidas no presentara problemas de cavitación.

5.5.3 Segunda propuesta del sistema de recuperación del agua proveniente de los enjuagadores de botellas del área de llenado

Esta propuesta consiste en el aislamiento del área de los enjuagadores de botellas de cada línea, el rediseño de las bandejas, la inyección de aire estéril, la ubicación de aspersores para la desinfección del área interna y el sistema de recuperación. El rediseño de las bandejas se mantiene, como se explicó en la sección anterior, por lo que seguidamente se muestra el resto de la propuesta:

a) Aislamiento el área

El enjuagador de botellas de las líneas 1, 3 y 4, se encuentra actualmente cerrado con cinco puertas de acero inoxidable exceptuando la parte superior; también poseen ventanillas intercaladas entre cada puerta, tal como se muestra en la Figura 5.38.

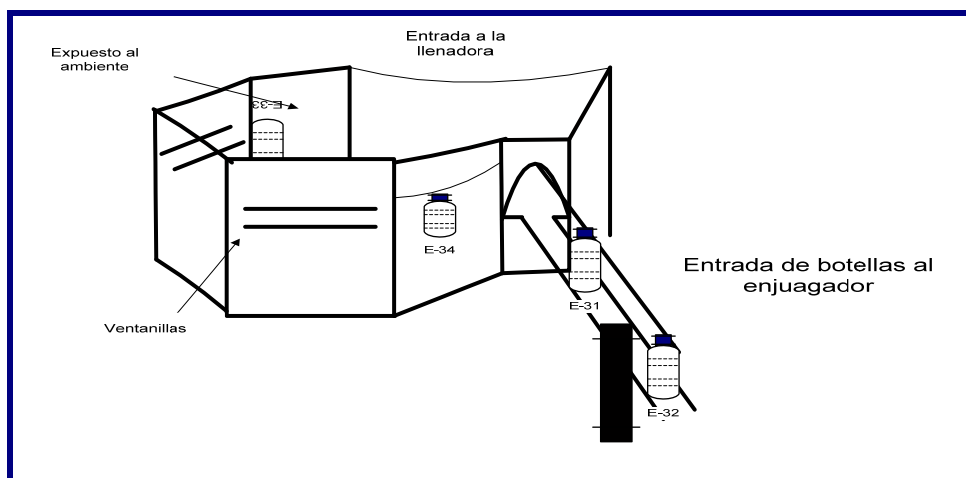


Figura 5.38. Enjuagador de botellas de la línea de producción N° 1, 3 y 4, del área de llenado de la planta AJEVEN C.A.

En estas condiciones el enjuagador se encuentra expuesto al ambiente y a la manipulación de los operadores, trayendo esto como consecuencia contaminación cruzada con el ambiente. Por tal razón, la propuesta consiste en cerrar con láminas acrílicas, la parte superior del enjuagador (especie de techo) y las ventanillas de las puertas, tal como se muestra en la Figura 5.39.

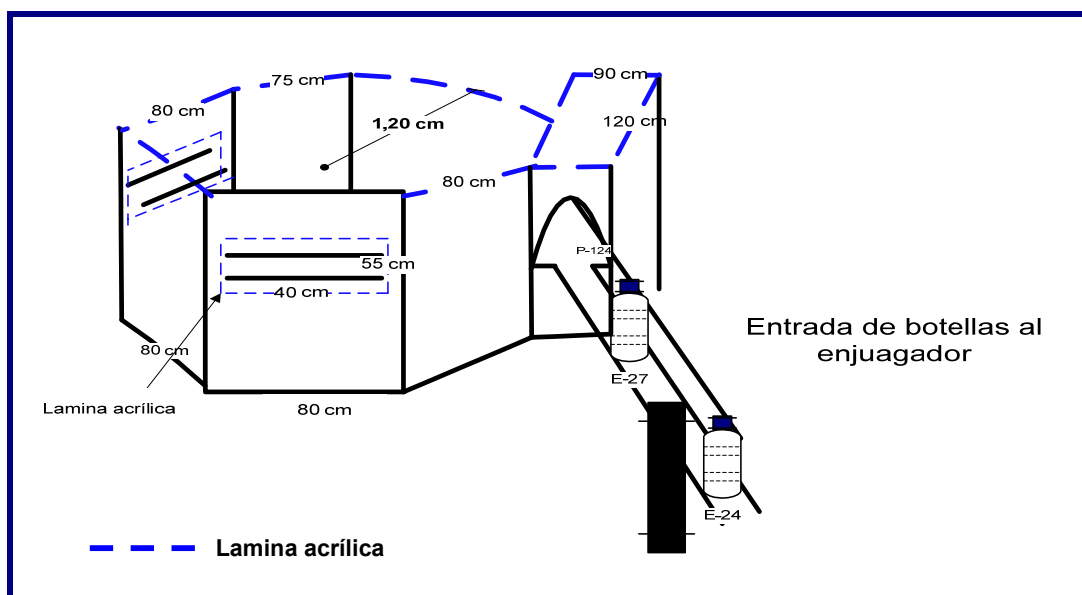


Figura 5.39. Propuesta de aislamiento del enjuagador de botellas de las líneas de producción N° 1, 3 y 4. AJEVEN C.A.

Las ventanillas actualmente poseen las siguientes medidas:

38 cm largo x 50 cm ancho

La lámina acrílica se debe colocar en la parte interna de la ventanilla, con las siguientes medidas:

40 cm largo x 55 cm ancho

Por otro lado la lamina especie de techo, dependerá de las medidas de cada puerta que encierran el enjuagador de botellas tal como se muestra en la Figura 5.39. Es importante acotar que las medidas mostradas anteriormente son aplicables para el enjuagador de las líneas N° 1,3 y 4, solamente, el resto de los enjuagadores se mostrara seguidamente.

Las puertas del enjuagador de la línea N° 2, son acrílicas y no poseen ventanillas, indicando esto, que con la colocación del techo acrílico será suficiente para aislar el área, tal como se muestra en la siguiente figura:

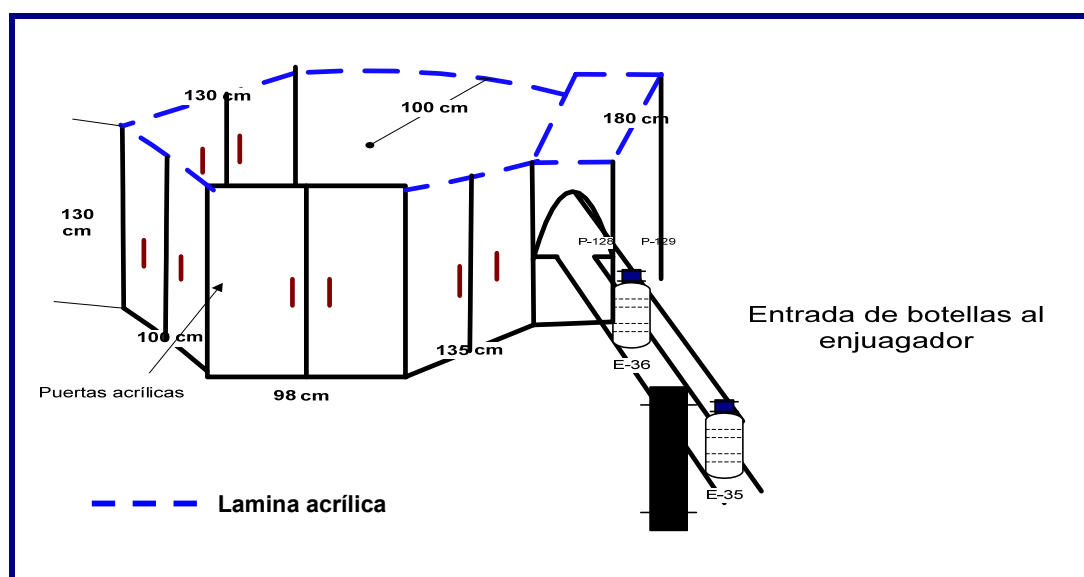


Figura 5.40. Propuesta de aislamiento del enjuagador de botellas de la línea de producción N° 2. AJEVEN C.A.

Para el enjuagador de la línea de producción N° 8, se propuso lo siguiente, Figura 5.41:

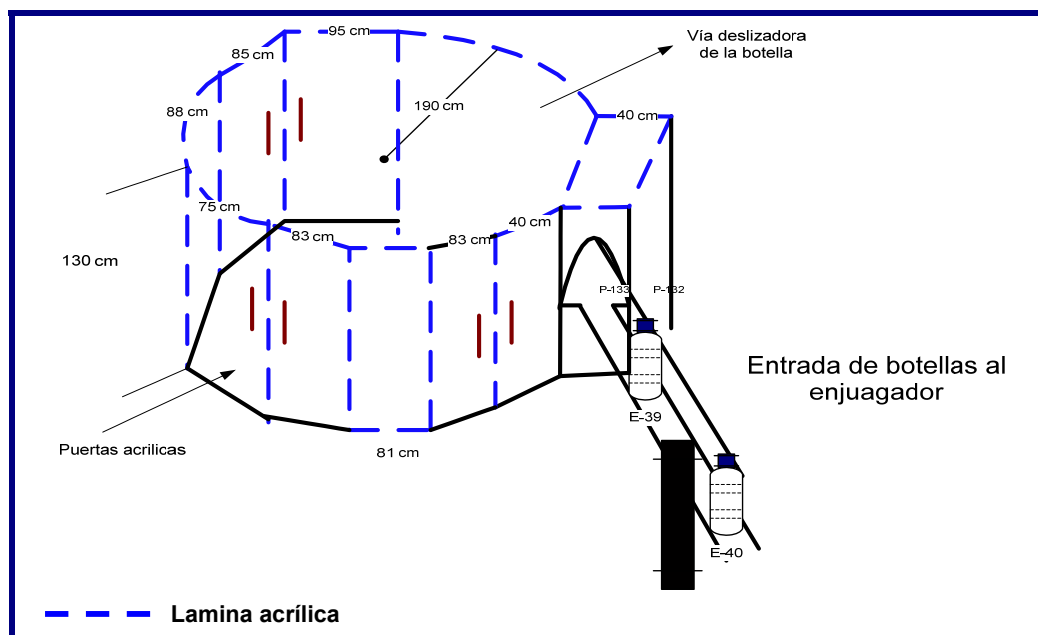
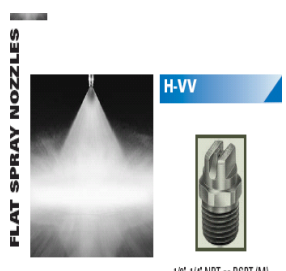


Figura 5.41. Propuesta de aislamiento del enjuagador de botellas de la línea de producción N° 8. AJEVEN C.A.

Como se observa en la Figura 5.41, se propone la colocación de puertas acrílicas alrededor del enjuagador y techo acrílico, con las medidas asignadas en la figura. Para garantizar el aislamiento se propone también, inyectar aire estéril a la entrada y salida de la botella del enjuagador con presión positiva, para evitar la entrada de partículas provenientes del ambiente externo. Es importante acotar que el aire es proporcionado por la planta, ya que se dispone de 296,9 A m³/h aire de baja presión a 7 bar, siendo necesario una válvula reguladora para disminuir la presión a 2 bar, además será necesario incluir un filtro para garantizar la limpieza del aire; y finalmente colocar un aspersor que permita desinfectar el área con ozono cuando las pruebas microbiológicas lo indiquen.

Las características de los posibles equipos y materiales que pudieran ser usados se muestran en las siguientes tablas:

Tabla 5.30. Características de los equipos necesarios para el rediseño del enjuagador de botellas

Equipo	Condiciones requeridas	Características del equipo	Foto referencial
Filtro para Aire Estéril	-----	Filtro de Aire Comprimido, Elemento 0,1 Micrones, Presión Max: 150 PSI,	
Filtro de Humedad para Aire, 1/2 NPT, 60 PCM, Vaso 4 OZ	Presión: 2 bar	Filtro de Aire comprimido Modelo F334W-K, Vaso Metálico con Mirilla, Elemento 40 Micrones, Purga Semi-Automática (se purga automáticamente al despresurizar la Línea de Aire), Presion Max: 250 PSI,	
Laminas acrílicas	Área a cubrir 2,5 m de diámetro	Medidas: • 1,50 x 2,50 m • 4 mm de espesor • Color: Cristal / Opal / Humo	No disponible
Rociador H-VV	Presión: 2 bar	Rociador con válvulas ajustables, presión de operación 3 bar, diseñado en acero inoxidable, ideal para desinfección de áreas con productos químicos.	

El sistema a implementar requiere de una filtración de 0,1 micrones para garantizar la limpieza del aire, al comparar las opciones mostradas en la Tabla 5.30 se seleccionó el **Filtro para Aire estéril** por ajustarse a la filtración requerida.

5.6 Selección de la alternativa factible por medio de un análisis costo – beneficio con el fin de garantizar la gestión ambiental de la planta

En esta fase de estudio se desarrolló el análisis costo – beneficio, con la finalidad de evaluar los costos de las propuestas planteadas en el objetivo anterior y determinar la factibilidad de cada una de ellas.

El análisis costo – beneficio de las propuestas de recuperación de las aguas destinadas para las limpiezas externas de equipos y los retrolavados, se limitó a formular alternativas de control que permitan disminuir el consumo. En lo que respecta a los enjuagadores de botellas, se evaluaron los costos de implementación de cada una de las propuestas descritas en el objetivo anterior.

Para conocer el tiempo de retorno de la inversión de cada propuesta se estimó el costo total de pérdidas por materia prima, utilizando datos suministrados por la empresa de costo individual de materia prima y consumo promedio de cada una de ellas, el resumen se muestra en la Tabla 5.31.

Tabla 5.31. Costo total de pérdidas por materia prima

Insumo	Costo Unidad (\$/Kg)	Consumo Promedio (Kg)	Pérdidas (Kg)	Costo Total de Pérdidas (\$)
Cal Hidratada	0,37	4711,79	2190,98	1748,12
Sal Industrial	0,12	3899,00	1813,04	450,49
Cloruro De Calcio	0,68	4443,30	2066,13	3036,45
Hipoclorito De Calcio	3,86	199,10	92,58	767,36
TOTAL		13253,20	6162,74	6002,42

a) Evaluación de costos de la propuesta de disminución de pérdidas de agua en los retrolavados de los filtros (desde el punto de vista operacional)

Debido a la simplicidad de esta propuesta, el análisis costo – beneficio se basó en una relación de los volúmenes de pérdidas, generadas por este equipo durante la

evaluación (Apéndice C, cálculo típico 5.1). Los resultados obtenidos se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 5.32. Relación de costos de pérdidas de los retrolavados de filtros

Condición	Tiempo de retrolavado (min)	Costo de pérdida (\$)	Porcentaje de mejora (%)	Ahorro (\$)
Actual	62,5	2.517,41	-----	-----
Propuesta	45,0	1.812,54	28,0	704,87

En la Tabla 5.32 se observa el ahorro generado por la implementación de la propuesta antes mencionada, siendo este de 704,87 \$ con una mejora de 28,0 %. La inversión de dicha propuesta es de 1.553,29 \$ (Tabla 5.18), al ser comparada con el costo de pérdidas promedio (Tabla 5.31) de 6.002,42 \$ se observa que es poco significativo calcular la tasa interna de retorno.

b) Mangueras para las limpiezas

El análisis de costos de esta propuesta se resume en la siguiente tabla:

Tabla 5.33. Relación de costos de pérdidas de las limpiezas externas

Condición	Diámetro de tubería (plg)	Costo de pérdida (\$)	Porcentaje de mejora (%)	Ahorro (\$)
Actual	1	1.591,84	-----	-----
Propuesta	3/4	1.193,88	25,0	397,96

Con la disminución de los diámetros de tubería se obtiene una mejora del 25 %, representando esto un ahorro de 397,96 \$. El costo de inversión es de 2.540,43 \$ y de manera similar a la propuesta anterior no es significativo calcular la tasa interna de retorno.

Las propuestas mencionadas anteriormente serán incluidas en el cálculo de la tasa interna de retorno, que generen las propuestas de los sistemas de recuperación en los enjuagadores de botellas.

5.6.1 Evaluación de costos de la propuesta de recuperación del agua proveniente de los enjuagadores de botellas del área de llenado

En esta fase se estudiaron los costos generados por cada propuesta.

a) Costos del rediseño de las bandejas canalizadoras del enjuagador de botellas y el sistema de recuperación. (Propuesta N° 1)

Tabla 5.34. Costo de los equipos y materiales a utilizar para la aplicación de la propuesta N° 1

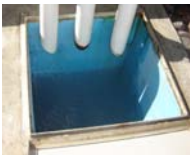
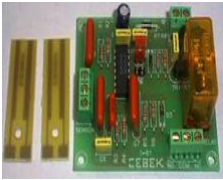
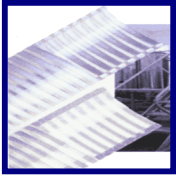
Equipo recomendado	Cantidad necesaria	Costos Unitario (\$)	Costo Total (\$)	Foto referencial
Lámina de acero inoxidable 316 (235 x 68) cm	1	480,97	480,97	
Tanque de almacenamiento de 2 m x 2 m x 2,5 m	1	1860,47	1860,47	
Detector nivel de pozos y depósitos. Marca CEBEK	1	0,64	0,64	
Bomba de recuperación APV 175 RPM	1	13.023,25	13.023,25	
Longitud de tubería hierro galvanizado 1 1/2" x 6 m	10	70,32	703,20	
Codo 90° 1 1/2"	8	23,26	186,05	

Tabla 5.34. (Cont.) Costo de los equipos y materiales a utilizar para la aplicación de la propuesta N° 1

Equipo recomendado	Cantidad necesaria	Costos Unitario (\$)	Costo Total (\$)	Foto referencial
Uniones 1 1/2"	10	23,26	232,55	
Válvula de compuerta 1 1/2"	2	111,86	223,72	
Válvula de retención 1 1/2"	1	139,53	139,53	
ATC770. Controlador de presión y procesos con auto sintonía en formato 1/4 DIN	1	1.556,29	1.556,29	
Pistola Metálica 3/4"	7	30,69	214,83	
KAT-REXON (100 m)	2	1.162,79	2.325,58	
TOTAL			20.547,08	

De manera general se tiene que para la propuesta N° 1 se requiere una inversión de 20.547,08 \$

5.6.2 Costo del aislamiento del área de enjuague de botellas, adicional el rediseño de las bandejas y el sistema de recuperación. (Propuesta N° 2)

Tabla 5.35. Costo de los equipos y materiales a utilizar para la aplicación de la propuesta N° 2

Equipo recomendado	Cantidad necesaria	Costos Unitario (\$)	Costo Total (\$)	Foto referencial
Filtro de Humedad para Aire, 1/2 NPT, 100 PCM, Vaso 5 OZ.	6	69,26	415,74	
Laminas acrílicas 50 x 2,50 m 4 mm de espesor	6	440,58	2.643,4	No disponible
Rociador H-VV	12	33,22	398,64	
Válvula reguladora de presión	1	780	780.	
Propuesta n° 1			20.547,08	
TOTAL			24.780.86	

Se tiene que la inversión inicial para el aislamiento del área de enjuagadores de botellas es de 24.780,86 \$.

5.6.3 Tiempo de retorno de la inversión

El comportamiento de la tasa interna de retorno se observa en el siguiente gráfico:

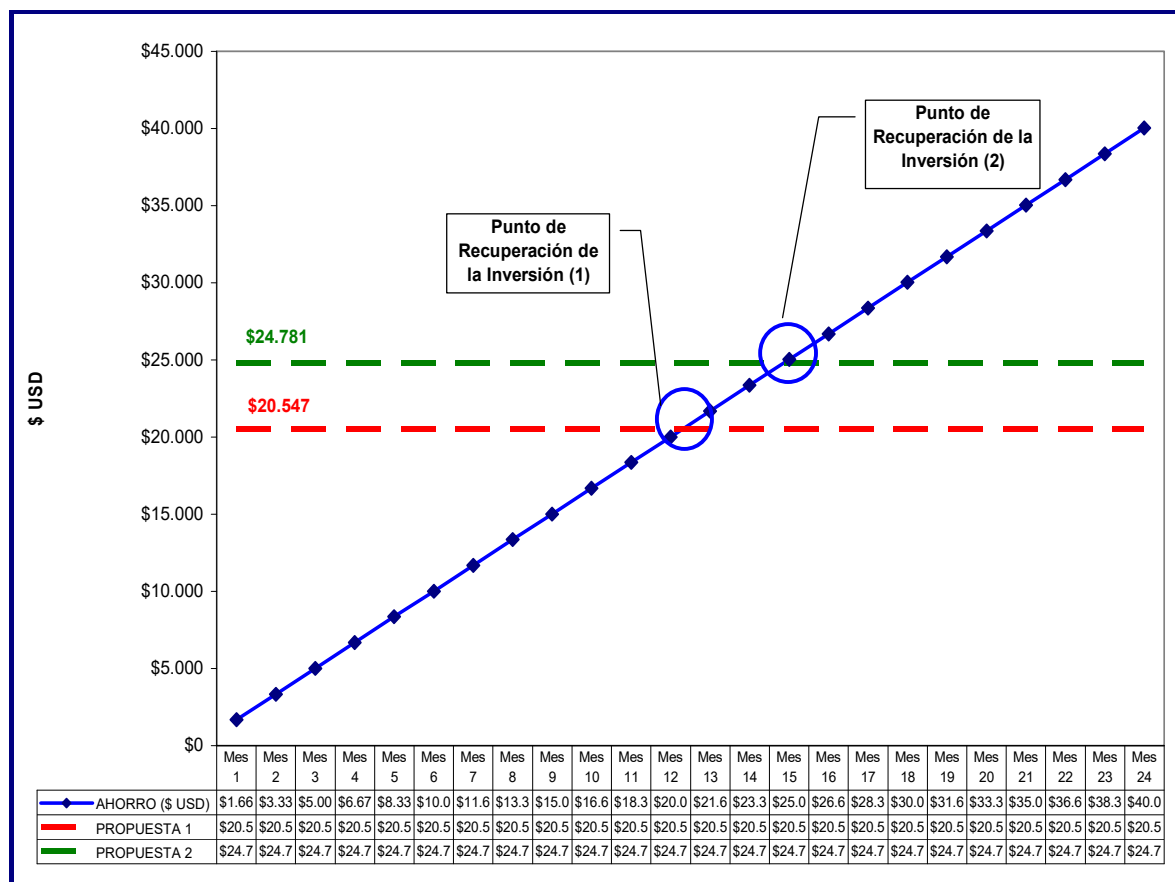


Figura 5.42. Comportamiento de la tasa interna de retorno de las propuestas de los sistemas de recuperación de los enjuagadores de botellas.

En la Figura 5.42 se observa que la recuperación de la inversión de la propuesta N° 1 se obtiene en 12 meses, y para la propuesta N° 2 se recupera en 15 meses, indicando que ambas propuestas son factibles

5.6.4 Selección de la propuesta a partir del análisis Costo-Beneficio

Para establecer la selección de la alternativa más factible se realizó una matriz causa – efecto, tomando en cuenta los siguientes factores:

- Inversión
- Reducción de pérdidas de agua
- Calidad del agua
- Impacto ambiental
- Mejora del ambiente de trabajo

- Mantenibilidad

Obteniendo como resultado lo siguiente:

Tabla 5.36. Matriz de causa – efecto aplicada a las propuestas de recuperación de agua

Proceso		Salidas del Proceso							
		1	2	3	4	5	6		
RECUPERACIÓN DE AGUA		Inversión	Reducción de pérdidas de agua	Calidad del agua	Impacto ambiental	Mejoras del ambiente de Trabajo	Mantenibilidad		
Nº	Entradas del Proceso	Importancia (1 a 10)						Total	%
		10	10	9	8	7	8		
1	Propuesta 1	9	4	4	9	4	1	274	43%
2	Propuesta 2	4	4	9	9	9	9	368	57%
Total		130	80	117	144	91	80		

0: No hay relación
1: Impacto Débil
4: Impacto Moderada
9: Impacto Fuerte

En la Tabla 5.36 se observa que la propuesta N° 2 es la más factible porque representa mayores beneficios para el proceso de la planta AJEVEN C.A. En primer lugar, se asegura la calidad del agua al tener el menor contacto posible con el área en la que se encuentra (enjuagadores de botellas); como segundo punto importante se tiene que el impacto sobre el medio ambiente es poco, asegurando un desarrollo sustentable dentro de la planta; por otro lado, la mantenibilidad de los enjuagadores de botella se ve favorecida porque se cuenta con un sistema de aspersión, asegurando la calidad del aire y el ambiente de trabajo, requiriendo los equipos de menor frecuencia de limpieza, lo que implica menos paradas de las líneas de producción. Por último, con esta propuesta se garantiza una mejora en el ambiente de trabajo porque se asegura la disminución de la humedad en el mismo, disminuyendo de esta manera riesgos de contaminación.

La propuesta N° 2 es la más factible para garantizar una gestión ambiental en cuanto agua se refiere en la planta AJEVEN C.A, además de proporcionar mejoras al proceso y lograr un manejo adecuado de las aguas para su mejor aprovechamiento.

CONCLUSIONES

A continuación se presentan las conclusiones del trabajo de grado en relación a los objetivos planteados.

1. Los enjuagadores de botellas presentan el mayor número de fallas que afectan el rendimiento del agua, el costo de pérdidas, la calidad e inocuidad del agua y el desarrollo sustentable.
2. Los reactores poseen un índice de prioridad de riesgo importante que incide directamente en la inocuidad y calidad del agua.
3. La supervisión, la capacitación y el mantenimiento en planta, presentan fallas que afectan el sistema operativo de los procesos, incidiendo significativamente en el rendimiento de agua.
4. La planta no tiene estándares definidos del rendimiento de agua.
5. El porcentaje de rendimiento promedio durante el mes de abril, fue de 53,49% con un porcentaje de pérdidas asociado de 46,56% y con una desviación del 24%.
6. El 86,67% de los resultados obtenidos de rendimiento, se encontraron fuera de los límites de especificación, con un 13,33% por encima del límite de especificación superior y un 73% por debajo del límite de especificación inferior.
7. Entre las medias y las varianzas de los valores del rendimiento obtenido de cada subgrupo evaluado, no existen diferencias.
8. El volumen de pérdidas para el mes de abril fue de 2826 m³, de los cuales 2380 m³ fueron generadas por los equipos auxiliares y servicios, y 444 m³ ocasionadas por eventos esporádicos.

9. El 43,31% del total del volumen de pérdidas, fue generada por los retrolavados de los filtros, seguido de un 26,52% ocasionada por las limpiezas de las áreas de la planta, un 19,76% por las torres de enfriamiento y un 9,64% por los enjuagadores de botellas.
10. En el gráfico de medias de parámetros fisicoquímicos de dureza y alcalinidad de los enjuagadores de botellas se observó un punto atípico el día 13/02/2008 pudiendo deberse a la variación de la calidad del agua, sobresaturación de la resina y/o deficiente regeneración de suavizadores.
11. El parámetro fisicoquímico más crítico de estudio fue la dureza del agua de los enjuagadores de botellas.
12. La tendencia de la dureza en los enjuagadores de botellas fue a ser mayor en la mañana que en la tarde, esto debido a que la regeneración de los suavizadores se realiza en la mañana.
13. Los parámetros microbiológicos a la salida de los enjuagadores de botellas se encontraban fuera de norma, pudiendo deberse a las condiciones del ambiente, la toma de muestra y al incumplimiento de las buenas prácticas y las normas de higiene.
14. La propuesta N° 1 requiere una inversión de 20.547,08\$ presentando un tiempo de retorno de 12 meses.
15. La inversión de la propuesta N° 2 es de 24.780,86, con un tiempo de retorno de 15 meses.
16. La propuesta N° 2 representa mayores beneficios para el proceso tales como: garantizar un ambiente sustentable y la calidad del agua, además de lograr la disminución de la frecuencia de las limpiezas externas.

RECOMENDACIONES

A continuación se presentan las recomendaciones y sugerencias obtenidas de las evaluaciones realizadas en el área de llenado planta de agua.

1. Colocar un medidor de flujo a la salida del pozo con el fin de obtener los rendimientos del agua con más frecuencia.
2. Realizar pruebas microbiológicas en las bandejas canalizadoras de los enjuagadores de botellas.
3. Realizar jornadas de capacitación al personal operativo y de supervisión a nivel del control en los consumos de agua.
4. Elaborar un plan de acción inmediato para el control de la humedad en el área de llenado.
5. Estandarizar procedimientos de cuantificación de rendimientos de agua en el proceso.
6. Colocar dispositivos en líneas que permitan cuantificar los rendimientos de agua en cada una por separado.
7. Capacitar al personal operativo en los análisis de calidad.
8. Involucrar al personal operativo en la reducción de las pérdidas de agua en planta.
9. Implementar las mejoras propuestas.

REFERENCIAS

1. AJEVEN C.A. (1999). *Manual Técnico de Operación y Mantenimiento*, Llenadora SIDEL, ALSIM-ASMOJET. Valencia, Venezuela.
2. AJEVEN C.A. (2003). *Instructivo de Operación – Líneas de producción 1, 2, 3, 4 y 5*. Valencia, Venezuela.
3. Arias, Sulmaly y Martinez, José. (2005). *Mejoramiento del sistema de consumo de agua, generación de vapor y condensado en la empresa Rhodia Acetow Venezuela C.A.* Universidad de Carabobo. Facultad de Ingeniería.
4. Chang, R. (1999). *Química*. Séptima edición. México. Editorial Mc Graw Hill.
5. Ettedgui, C., Giugni, L., González, I. y Guerra, V. (2003). *Evaluación De Proyectos de Inversión*. Segunda edición. Valencia - Venezuela. Universidad de Carabobo.
6. Himmelblau, D. (1977). *Principios y Cálculos Básicos de la Ingeniería Química*. (2da edición, Título original: *Basic Principles And Calculations In Chemical Engineering*. Traducido por Ing. Antonio Gomez). México. Compañía Editorial Continental.
7. MECALTF; EDDY. "Ingeniería de aguas residuales- tratamiento, vertido y reutilización". Editorial Mc Graw Hill. 1996.
8. MIJARES R., Gustavo. "Tratamiento de aguas residuales". Ediciones Nega. Caracas –Venezuela. 1978.
9. Morillo, Aura y Botero, Ligia. (2005). "Evaluación de la remoción de colifagos y bacterias indicadoras de contaminación en la Planta de Tratamiento Sur de aguas servidas de la ciudad de Maracaibo". Ciencia. Vol 13, Nº 2. Disponible: www.ciencia.com
10. Norma Venezolana COVENIN 2709:2002 "Aguas naturales, industriales y residuales. Guía para las técnicas de muestreo". Comité Técnico de Normalización CT10 Productos Alimenticios, Subcomité Técnico SC12 Productos Diversos.
11. Norma Venezolana COVENIN 2634-02 "Aguas naturales, industriales y residuales. Definiciones": Comité Técnico de Normalización CT10 Productos Alimenticios, Subcomité Técnico SC12 Productos Diversos.

12. Norma Venezolana COVENIN 1431-82 "Agua potable envasada. Requisitos" Comité Técnico de Normalización CT10 Productos Alimenticios, Subcomité Técnico SC12 Productos Diversos.
13. L.L. Lichhgo. (2007). "Resumen de Recuperación de agua y de agentes de limpieza industrial". Ambientalmente Sustentable. Disponible: www.ambientalmentesustentable.com
14. Silva, J. (1995). *Transporte de Momento para Ingenieros de Procesos*. (1ª edición). Valencia – Venezuela. Universidad de Carabobo.
15. Smith, Van Ness. (1980). *Introducción a la Termodinámica de Ingeniería Química*. (3era edición, Título original: Introduction To Chemical Engineering Thermodynamics, Traducido por: Dr. José Vigil). México. Editorial McGraw-Hill.
16. Treybal, R. (1988). *Operaciones de Transferencia de Masa* (Segunda edición). México. Editorial McGRAW HILL.
17. Welty, J. (1993). *Transferencia de Calor Aplicada a la Ingeniería*. (4ta edición, Título original: *Engineering Heat Transfer*, Traducido por: Ing. Sergio Fernandez Everest). México. Noriega Editores.
18. AROQ: just-drinks.com, disponible en: <http://www.just-drinks.com/index.asp?c=1>
19. Banco Central de Venezuela, disponible en: <http://www.bcv.gov.ve>
20. Fondo de Crédito Industrial, disponible en: <http://www.foncrei.com.ve>
21. Ingeniería de Procesos Industriales, disponible en: http://www.cheresources.com/process_engineering.shtml
22. National Soft Drink Association, disponible en: <http://www.nstda.org/>
23. PepsiCo, disponible en: <http://www.pepsico.com/>
24. Refreshments Canadá, disponible en: <http://www.softdrink.ca/>
25. The Coca-Cola Company, disponible en: <http://www2.coca-cola.com/index.html>
26. United States Department of Agriculture: Food, Nutrition and Consumer Services, disponible en: <http://www.fns.usda.gov/fncs/>

APÉNDICE B

RESULTADOS DEL PROCESO

A continuación se presentan los resultados obtenidos durante la fase diagnóstica de la investigación, orientados a la evaluación del proceso de manera integral y caracterización del mismo.

Tabla B.1. Intervalos de tiempo de la bomba del pozo 1 de la planta
AJEVEN C.A.

Intervalos de tiempo de operación (t ± 0,01) min							
Fechas							
01/04/2008		02/04/2008		03/04/2008		04/04/2008	
Subgrupos							
Mañana	Tarde	Mañana	Tarde	Mañana	Tarde	Mañana	Tarde
15,51	16,25	155,36	26,09	1,16	8,57	1,73	5,23
4,36	2,26	2,14	1,34	16,01	0,47	1,28	1,50
4,50	1,95	19,52	8,37	1,35	1,83	16,00	6,27
10,68	14,90	-----	1,03	1,21	0,88	0,87	2,88
2,02	1,05	-----	1,78	12,12	1,17	0,92	2,21
2,14	1,04	-----	2,01	0,98	0,83	0,41	2,28
0,77	2,06	-----	1,43	1,00	6,16	0,8	1,82
3,00	0,72	-----	1,61	1,80	3,89	0,83	4,33
2,74	1,58	-----	1,77	1,88	1,63	1,10	63,92
5,13	1,45	-----	1,35	0,83	0,45	2,00	13,11
1,49	0,24	-----	15,09	1,62	0,36	1,93	4,55
1,89	2,10	-----	0,86	1,93	0,43	41,26	15,01
1,40	4,36	-----	0,86	0,93	1,19	0,93	3,24
2,46	2,70	-----	0,43	8,20	3,25	1,35	16,27
2,18	0,90	-----	0,86	2,76	6,97	0,86	3,35
17,10	1,11	-----	16,16	1,92	1,88	1,89	2,34
8,08	2,06	-----	1,73	0,80	1,92	0,50	3,89
1,72	2,08	-----	1,20	1,92	1,82	1,88	3,42
41,61	2,07	-----	0,93	2,96	2,43	7,75	-----
15,48	1,38	-----	1,16	2,01	1,60	5,20	-----
-----	24,64	-----	1,19	2,70	1,72	1,78	-----
-----	1,22	-----	53,99	16,94	0,81	1,79	-----
-----	0,93	-----	12,94	1,93	7,30	2,89	-----
-----	1,16	-----	-----	1,37	2,03	2,18	-----
-----	59,15	-----	-----	1,92	1,42	1,43	-----
-----	-----	-----	-----	1,94	2,06	1,18	-----
-----	-----	-----	-----	0,84	1,92	0,80	-----
-----	-----	-----	-----	11,43	6,50	0,90	-----
-----	-----	-----	-----	2,28	0,84	1,66	-----
-----	-----	-----	-----	4,94	1,67	0,86	-----
-----	-----	-----	-----	1,30	1,42	1,31	-----
-----	-----	-----	-----	1,95	1,10	1,98	-----
-----	-----	-----	-----	1,79	0,93	1,79	-----
-----	-----	-----	-----	8,90	1,62	1,73	-----
-----	-----	-----	-----	14,34	25,01	1,58	-----
-----	-----	-----	-----	1,94	2,05	15,52	-----
-----	-----	-----	-----	0,80	2,06	-----	-----
-----	-----	-----	-----	-----	10,48	-----	-----
-----	-----	-----	-----	-----	1,91	-----	-----
-----	-----	-----	-----	-----	1,12	-----	-----
-----	-----	-----	-----	-----	1,44	-----	-----

Tabla B.1 (Cont.). Intervalos de tiempo de la bomba del pozo 1 de la planta
AJEVEN C.A.

[illegible]

Tabla B.1 (Cont.). Intervalos de tiempo de la bomba del pozo 1 de la planta AJEVEN C.A.

Intervalos de tiempo de operación (t ± 0,01) min							
Fechas							
11/04/2008		14/04/2008		15/04/2008		16/04/2008	
Subgrupos							
Mañana	Tarde	Mañana	Tarde	Mañana	Tarde	Mañana	Tarde
1,20	2,24	0,29	2,00	1,18	24,28	180,00	80,52
1,28	8,81	1,77	2,93	1,81	3,09	-----	44,07
1,30	6,04	1,42	7,08	1,84	1,86	-----	52,98
2,84	2,03	0,93	1,98	9,74	15,50	-----	-----
1,86	3,03	0,32	3,03	0,90	13,19	-----	-----
13,16	1,70	0,86	1,70	0,79	1,93	-----	-----
2,00	1,33	0,85	1,33	0,88	5,35	-----	-----
1,83	1,11	2,77	1,11	1,74	4,11	-----	-----
57,62	1,12	1,87	1,12	1,56	11,98	-----	-----
0,92	4,63	4,68	4,63	1,82	2,22	-----	-----
16,71	1,68	1,23	1,68	1,89	5,76	-----	-----
3,93	1,01	1,56	1,01	1,75	8,18	-----	-----
9,04	1,10	1,01	1,10	44,4	1,80	-----	-----
1,48	1,19	1,02	1,19	13,36	21,01	-----	-----
1,44	1,30	1,03	1,30	2,70	5,41	-----	-----
1,91	21,21	1,03	50,00	2,61	15,29	-----	-----
15,09	1,71	1,01	33,98	2,04	6,97	-----	-----
18,10	6,30	0,84	9,61	16,80	2,19	-----	-----
8,21	1,20	0,93	5,21	0,37	3,98	-----	-----
4,59	5,07	0,98	3,74	0,43	-----	-----	-----
-----	1,22	0,99	2,75	0,81	-----	-----	-----
-----	6,91	5,11	1,87	0,81	-----	-----	-----
-----	5,86	5,84	2,24	0,87	-----	-----	-----
-----	1,34	1,01	4,74	2,74	-----	-----	-----
-----	1,68	0,47	2,00	2,90	-----	-----	-----
-----	1,24	0,98	-----	9,83	-----	-----	-----
-----	1,22	0,87	-----	0,42	-----	-----	-----
-----	13,83	1,70	-----	1,69	-----	-----	-----
-----	1,71	15,87	-----	1,09	-----	-----	-----
-----	1,31	0,90	-----	1,59	-----	-----	-----
-----	1,62	0,85	-----	1,26	-----	-----	-----
-----	1,64	0,78	-----	1,21	-----	-----	-----
-----	1,04	0,87	-----	0,83	-----	-----	-----
-----	0,82	0,77	-----	0,72	-----	-----	-----
-----	0,38	0,35	-----	1,90	-----	-----	-----
-----	0,98	1,98	-----	1,84	-----	-----	-----
-----	1,16	5,27	-----	2,98	-----	-----	-----
-----	20,13	3,03	-----	-----	-----	-----	-----
-----	2,07	0,97	-----	-----	-----	-----	-----
-----	0,47	1,00	-----	-----	-----	-----	-----
-----	-----	0,41	-----	-----	-----	-----	-----

Intervalos de tiempo de operación ($t \pm 0,01$) min210

Tabla B.2. Consumos de agua por los equipos del proceso de bebidas gaseosas de la planta AJEVEN C.A.

Equipos	Consumo de Equipos m ³											
	Fechas											
	01/04/2008		02/04/2008		03/04/2008		04/04/2008		07/04/2008		08/04/2008	
	Subgrupo											
	Mañana	Tarde	Mañana	Tarde	Mañana	Tarde	Mañana	Tarde	Mañana	Tarde	Mañana	Tarde
Retrolavado de filtros (V ± 0,02)	23,21		23,21		49,73		49,73	67,96	49,73	36,47	49,73	36,47
Limpieza Externa (V ± 0,006)	13,825	13,825	13,825	13,825	32,258	13,825	36,867	23,042	27,650	23,042	32,258	13,825
Torre de enfriamiento RODELCA 2 (V ± 0,0009)	4,2600	4,2600	4,2600	4,2600	4,2600	4,2600	4,2600	4,2600	4,2600	4,2600	4,2600	4,2600
Enjuagador de botella 8 (V ± 0,0003)	4,0800	4,0800	4,0800	4,0800	4,0800	4,0800	4,0800	4,0800	4,0800	4,0800	4,0800	4,0800
Torre de enfriamiento MEBRAFE. 8 (V ± 0,0005)	2,4700	2,4700	2,4700	2,4700	2,4700	2,4700	2,4700	2,4700	2,4700	2,4700	2,4700	2,4700
Torre de enfriamiento RODELCA 1 (V ± 0,0004)	1,9900	1,9900	1,9900	1,9900	1,9900	1,9900	1,9900	1,9900	1,9900	1,9900	1,9900	1,9900
Regeneración de suavizadores (V ± 0,0009)	3,0000	-----	3,0000	-----	4,5000	-----	4,5000	-----	4,5000	-----	4,5000	-----
Torre de enfriamiento EVAPCO 2 (V ± 0,0004)	1,8100	1,8100	1,8100	1,8100	1,8100	1,8100	1,8100	1,8100	1,8100	1,8100	1,8100	1,8100
Torre de enfriamiento BALTIMORE 4 (V ± 0,0004)	1,7900	1,7900	1,7900	1,7900	1,7900	1,7900	1,7900	1,7900	1,7900	1,7900	1,7900	1,7900
Torre de enfriamiento VILTER 3 (V ± 0,0003)	1,7100	1,7100	1,7100	1,7100	1,7100	1,7100	1,7100	1,7100	1,7100	1,7100	1,7100	1,7100
Torre de enfriamiento EVAPCO 1 (V ± 0,0004)	-----	-----	-----	1,8400	1,8400	1,8400	1,8400	1,8400	1,8400	1,8400	1,8400	1,8400
Enjuagador de Botella 1 (V ± 0,0001)	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
Enjuagador de Botella 7 (V ± 0,00007)	1,05000	1,05000	1,05000	1,05000	1,05000	1,05000	1,05000	1,05000	1,05000	1,05000	1,05000	1,05000
Enjuagador de Botella 3 (V ± 0,00004)	0,54000	0,54000	0,54000	0,54000	0,54000	0,54000	0,54000	0,54000	0,54000	0,54000	0,54000	0,54000
Enjuagador de Botella 4 (V ± 0,00004)	0,54000	0,54000	0,54000	0,54000	0,54000	0,54000	0,54000	0,54000	0,54000	0,54000	0,54000	0,54000
TOTAL	60,27	34,07	60,27	35,91	108,57	35,91	113,17	113,08	103,96	81,59	108,57	72,37

Tabla B.2 (Cont.). Consumos de agua por los equipos del proceso de bebidas gaseosas de la planta AJEVEN C.A.

Equipos	Consumo de Equipos m ³											
	Fechas											
	09/04/2008		10/04/2008		11/04/2008		14/04/2008		15/04/2008		16/04/2008	
	Subgrupo											
	Mañana	Tarde	Mañana	Tarde	Mañana	Tarde	Mañana	Tarde	Mañana	Tarde	Mañana	Tarde
Retrolavado de filtros (V ± 0,02)	23,21	18,23	67,96	62,99	28,18	28,18	36,47	36,47	49,73	45,58	23,21	23,21
Limpieza Externa (V ± 0,006)	23,042	9,217	36,867	32,258	23,042	23,042	23,042	23,042	32,258	27,650	23,042	9,217
Torre de enfriamiento RODELCA 2 (V ± 0,0009)	4,2600	4,2600	4,2600	4,2600	4,2600	4,2600	4,2600	4,2600	4,2600	4,2600	4,2600	4,2600
Enjuagador de botella 8 (V ± 0,0003)	4,0800	4,0800	4,0800	4,0800	4,0800	4,0800	4,0800	4,0800	4,0800	4,0800	4,0800	4,0800
Torre de enfriamiento MEBRAFE. 8 (V ± 0,0005)	2,4700	2,4700	2,4700	2,4700	2,4700	2,4700	2,4700	2,4700	2,4700	2,4700	2,4700	2,4700
Torre de enfriamiento RODELCA 1 (V ± 0,0004)	1,9900	1,9900	1,9900	1,9900	1,9900	1,9900	1,9900	1,9900	1,9900	1,9900	1,9900	1,9900
Regeneración de suavizadores (V ± 0,0009)	3,0000	-----	6,0000	-----	3,7500	-----	3,7500	-----	4,5000	-----	3,0000	-----
Torre de enfriamiento EVAPCO 2 (V ± 0,0004)	1,8100	1,8100	1,8100	1,8100	1,8100	1,8100	1,8100	1,8100	1,8100	1,8100	1,8100	1,8100
Torre de enfriamiento BALTIMORE 4 (V ± 0,0004)	1,7900	1,7900	1,7900	1,7900	1,7900	1,7900	1,7900	1,7900	1,7900	1,7900	1,7900	1,7900
Torre de enfriamiento VILTER 3 (V ± 0,0003)	1,7100	1,7100	1,7100	1,7100	1,7100	1,7100	1,7100	1,7100	1,7100	1,7100	1,7100	1,7100
Torre de enfriamiento EVAPCO 1 (V ± 0,0004)	1,8400	1,8400	1,8400	1,8400	1,8400	1,8400	1,8400	1,8400	1,8400	1,8400	1,8400	1,8400
Enjuagador de Botella 1 (V ± 0,0001)	2,1000	2,1000	2,1000	2,1000	2,1000	2,1000	2,1000	2,1000	2,1000	2,1000	2,1000	2,1000
Enjuagador de Botella 7 (V ± 0,00007)	1,05000	1,05000	1,05000	1,05000	1,05000	1,05000	1,05000	1,05000	1,05000	1,05000	1,05000	1,05000
Enjuagador de Botella 3 (V ± 0,00004)	0,54000	0,54000	0,54000	0,54000	0,54000	0,54000	0,54000	0,54000	0,54000	0,54000	0,54000	0,54000
Enjuagador de Botella 4 (V ± 0,00004)	0,54000	0,54000	0,54000	0,54000	0,54000	0,54000	0,54000	0,54000	0,54000	0,54000	0,54000	0,54000
TOTAL	71,33	49,53	132,91	117,33	77,05	73,30	85,34	81,59	108,57	95,31	71,33	54,50

Tabla B.2 (Cont.). Consumos de agua por los equipos del proceso de bebidas gaseosas de la planta AJEVEN C.A.

Equipos	Consumo de Equipos m³					
	17/04/2008		18/04/2008		21/04/2008	
	Subgrupo					
	Mañana	Tarde	Mañana	Tarde	Mañana	Tarde
Retrolavado de filtros (V ± 0,02)	49,73	23,21	23,21	23,21	31,49	18,23
Limpieza Externa (V ± 0,006)	18,433	13,825	13,825	9,217	23,042	9,217
Torre de enfriamiento RODELCA 2 (V ± 0,0009)	4,2600	4,2600	4,2600	4,2600	4,2600	4,2600
Enjuagador de botella 8 (V ± 0,0003)	4,0800	4,0800	4,0800	4,0800	4,0800	4,0800
Torre de enfriamiento MEBRAFE. 8 (V ± 0,0005)	2,4700	2,4700	2,4700	2,4700	2,4700	2,4700
Torre de enfriamiento RODELCA 1 (V ± 0,0004)	1,9900	1,9900	1,9900	1,9900	1,9900	1,9900
Regeneración de suavizadores (V ± 0,0009)	3,7500	-----	-----	-----	4,5000	-----
Torre de enfriamiento EVAPCO 2 (V ± 0,0004)	1,8100	1,8100	1,8100	1,8100	1,8100	1,8100
Torre de enfriamiento BALTIMORE 4 (V ± 0,0004)	1,7900	1,7900	1,7900	1,7900	1,7900	1,7900
Torre de enfriamiento VILTER 3 (V ± 0,0003)	1,7100	1,7100	1,7100	1,7100	1,7100	1,7100
Torre de enfriamiento EVAPCO 1 (V ± 0,0004)	1,8400	1,8400	1,8400	1,8400	1,8400	1,8400
Enjuagador de Botella 1 (V ± 0,0001)	2,1000	2,1000	2,1000	2,1000	2,1000	2,1000
Enjuagador de Botella 7 (V ± 0,00007)	1,05000	1,05000	1,05000	1,05000	1,05000	1,05000
Enjuagador de Botella 3 (V ± 0,00004)	0,54000	0,54000	0,54000	0,54000	0,54000	0,54000
Enjuagador de Botella 4 (V ± 0,00004)	0,54000	0,54000	0,54000	0,54000	0,54000	0,54000
TOTAL	93,99	59,11	59,11	54,50	81,12	49,53

Tabla B.3. Resumen de volúmenes consumidos con respecto a lo extraído del pozo 1 de la planta AJEVEN C.A.

Volumen (V ± 3) m ³		
Extraído del pozo	Consumido en la producción	Pérdidas
6123	3296	2826

Tabla B.4. Parámetros físicoquímicos del agua de los suavizadores y enjuagadores de botellas

Equipo	Pto de muestra	V _{EDTA} gastado (V ± 0,05) mL	Dureza (D ± 2) ppmCaCO ₃	V _{H₂SO₄} gastado (V ± 0,05) mL	Alcalinidad P (Alc P ± 2) ppmCaCO ₃	V _{H₂SO₄} gastado (V ± 0,05) mL	Alcalinidad M (Alc M ± 2) ppmCaCO ₃	pH (pH ± 0,001) adim	Olor	Color
Enjuagador de Botellas 1	1	0,50	18,00	0,50	20,00	6,30	252,00	7,875	Inodoro	Incoloro
	2	0,50	18,00	0,20	8,00	6,20	248,00	8,504	Inodoro	Incoloro
Enjuagador de Botellas 2	1	0,00	0,00	0,20	8,00	6,30	252,00	8,087	Inodoro	Incoloro
	2	0,20	6,00	0,40	16,00	6,20	248,00	8,289	Inodoro	Incoloro
Enjuagador de Botellas 3	1	0,90	30,00	0,00	0,00	6,40	256,00	7,869	Inodoro	Incoloro
	2	0,40	14,00	0,30	12,00	6,50	260,00	8,255	Inodoro	Incoloro
Enjuagador de Botellas 4	1	0,50	18,00	0,00	0,00	6,30	252,00	8,029	Inodoro	Incoloro
	2	0,50	18,00	0,30	12,00	6,30	252,00	8,317	Inodoro	Incoloro
Enjuagador de Botellas 7	1									
	2									
Enjuagador de Botellas 8	1	0,20	6,00	0,10	4,00	6,30	252,00	7,888	Inodoro	Incoloro
	2	0,10	4,00	0,10	4,00	6,10	244,00	8,021	Inodoro	Incoloro
Suavizador 1	3									
Suavizador 2	3	0,30	10,00	0,00	0,00	6,00	240,00	7,980	Inodoro	Incoloro
Suavizador 3	3	0,50	18,00	0,10	4,00	6,70	268,00	8,366	Inodoro	Incoloro
Suavizador 4	3									

Fecha: 06-02-08

Turno: a.m.

1: Salida de los enjuagadores de botellas

2: Salida de las bandejas

3: Salida de los suavizadores

Tabla B.4 (Cont.). Parámetros físicoquímicos del agua de los suavizadores y enjuagadores de botellas

Equipo	Pto de muestra	V _{EDTA} gastado (V ± 0,05) mL	Dureza (D ± 2) ppmCaCO ₃	V _{H₂SO₄} gastado (V ± 0,05) mL	Alcalinidad P (Alc P ± 2) ppmCaCO ₃	V _{H₂SO₄} gastado (V ± 0,05) mL	Alcalinidad M (Alc M ± 2) ppmCaCO ₃	pH (pH ± 0,001) adim	Olor	Color
Enjuagador de Botellas 1	1	0,20	6,00	0,10	4,00	6,00	240,00	8,390	Inodoro	Incoloro
	2	0,10	4,00	0,10	4,00	8,50	340,00	7,736	Inodoro	Incoloro
Enjuagador de Botellas 2	1	0,10	4,00	0,10	4,00	6,00	240,00	8,352	Inodoro	Incoloro
	2	0,10	4,00	0,10	4,00	6,40	256,00	8,511	Inodoro	Incoloro
Enjuagador de Botellas 3	1	0,10	4,00	0,10	4,00	6,30	252,00	7,980	Inodoro	Incoloro
	2	0,10	4,00	0,10	4,00	6,50	260,00	8,151	Inodoro	Incoloro
Enjuagador de Botellas 4	1	0,10	4,00	0,10	4,00	6,30	252,00	7,210	Inodoro	Incoloro
	2	0,10	4,00	0,10	4,00	6,20	248,00	8,105	Inodoro	Incoloro
Enjuagador de Botellas 7	1									
	2									
Enjuagador de Botellas 8	1	0,10	4,00	0,10	4,00	6,50	260,00	7,811	Inodoro	Incoloro
	2	0,10	4,00	0,10	4,00	6,70	268,00	8,013	Inodoro	Incoloro
Suavizador 1	3									
Suavizador 2	3	0,00	0,00	0,10	4,00	6,20	248,00	7,801	Inodoro	Incoloro
Suavizador 3	3	0,00	0,00	0,20	8,00	6,10	244,00	8,001	Inodoro	Incoloro
Suavizador 4	3									

Fecha: 06-02-08

Turno: p.m.

1: Salida de los enjuagadores de botellas

2: Salida de las bandejas

3: Salida de los suavizadores

Tabla B.4 (Cont.). Parámetros físicoquímicos del agua de los suavizadores y enjuagadores de botellas

Equipo	Pto de muestra	V _{EDTA} gastado (V ± 0,05) mL	Dureza (D ± 2) ppmCaCO ₃	V _{H₂SO₄} gastado (V ± 0,05) mL	Alcalinidad P (Alc P ± 2) ppmCaCO ₃	V _{H₂SO₄} gastado (V ± 0,05) mL	Alcalinidad M (Alc M ± 2) ppmCaCO ₃	pH (pH ± 0,001) adim	Olor	Color
Enjuagador de Botellas 1	1	0,20	6,00	0,00	0,00	6,30	252,00	7,948	Inodoro	Incoloro
	2	0,20	6,00	0,10	4,00	6,20	248,00	8,065	Inodoro	Incoloro
Enjuagador de Botellas 2	1	0,10	4,00	0,00	0,00	6,20	248,00	7,789	Inodoro	Incoloro
	2	0,10	4,00	0,20	8,00	6,20	248,00	8,168	Inodoro	Incoloro
Enjuagador de Botellas 3	1	0,20	6,00	0,00	0,00	6,20	248,00	7,923	Inodoro	Incoloro
	2	0,30	10,00	0,00	0,00	6,50	260,00	8,222	Inodoro	Incoloro
Enjuagador de Botellas 4	1	0,10	4,00	0,20	8,00	6,40	256,00	8,165	Inodoro	Incoloro
	2	0,20	6,00	0,30	12,00	6,60	264,00	8,321	Inodoro	Incoloro
Enjuagador de Botellas 7	1									
	2									
Enjuagador de Botellas 8	1									
	2									
Suavizador 1	3	0,20	6,00	0,10	4,00	6,10	244,00	7,959	Inodoro	Incoloro
Suavizador 2	3									
Suavizador 3	3									
Suavizador 4	3	0,30	10,00	0,20	8,00	6,20	248,00	8,324	Inodoro	Incoloro

Fecha: 07-02-08

Turno: a.m.

1: Salida de los enjuagadores de botellas

2: Salida de las bandejas

3: Salida de los suavizadores

Tabla B.4 (Cont.). Parámetros físicoquímicos del agua de los suavizadores y enjuagadores de botellas

Equipo	Pto de muestra	V _{EDTA} gastado (V ± 0,05) mL	Dureza (D ± 2) ppmCaCO ₃	V _{H₂SO₄} gastado (V ± 0,05) mL	Alcalinidad P (Alc P ± 2) ppmCaCO ₃	V _{H₂SO₄} gastado (V ± 0,05) mL	Alcalinidad M (Alc M ± 2) ppmCaCO ₃	pH (pH ± 0,001) adim	Olor	Color
Enjuagador de Botellas 1	1	0,20	6,00	0,40	16,00	6,50	260,00	7,838	Inodoro	Incoloro
	2	0,40	14,00	1,10	44,00	6,70	268,00	8,445	Inodoro	Incoloro
Enjuagador de Botellas 2	1	0,70	18,00	1,30	52,00	7,10	284,00	8,294	Inodoro	Incoloro
	2	0,70	24,00	1,30	52,00	7,10	284,00	8,294	Inodoro	Incoloro
Enjuagador de Botellas 3	1	0,30	10,00	0,50	20,00	7,20	288,00	8,308	Inodoro	Incoloro
	2	0,70	24,00	1,00	40,00	6,50	260,00	8,577	Inodoro	Incoloro
Enjuagador de Botellas 4	1	0,30	10,00	2,00	80,00	6,90	276,00	8,328	Inodoro	Incoloro
	2	0,30	10,00	2,00	80,00	7,50	300,00	8,200	Inodoro	Incoloro
Enjuagador de Botellas 7	1									
	2									
Enjuagador de Botellas 8	1	0,20	6,00	0,40	16,00	6,40	256,00	8,476	Inodoro	Incoloro
	2	0,20	6,00	0,70	28,00	6,40	256,00	8,094	Inodoro	Incoloro
Suavizador 1	3									
Suavizador 2	3	0,10	4,00	0,20	8,00	6,20	248,00	7,055	Inodoro	Incoloro
Suavizador 3	3	0,00	0,00	0,20	8,00	6,30	252,00	7,569	Inodoro	Incoloro
Suavizador 4	3									

Fecha: 07-02-08

Turno: p.m.

1: Salida de los enjuagadores de botellas

2: Salida de las bandejas

3: Salida de los suavizadores

Tabla B.4 (Cont.). Parámetros físicoquímicos del agua de los suavizadores y enjuagadores de botellas

Equipo	Pto de muestra	V _{EDTA} gastado (V ± 0,05) mL	Dureza (D ± 2) ppmCaCO ₃	V _{H₂SO₄} gastado (V ± 0,05) mL	Alcalinidad P (Alc P ± 2) ppmCaCO ₃	V _{H₂SO₄} gastado (V ± 0,05) mL	Alcalinidad M (Alc M ± 2) ppmCaCO ₃	pH (pH ± 0,001) adim	Olor	Color
Enjuagador de Botellas 1	1	0,10	4,00	0,00	0,00	5,90	236,00	8,279	Inodoro	Incoloro
	2	0,20	6,00	0,00	0,00	6,10	244,00	8,434	Inodoro	Incoloro
Enjuagador de Botellas 2	1	0,10	4,00	0,10	4,00	6,20	248,00	8,161	Inodoro	Incoloro
	2	0,20	6,00	0,30	12,00	6,00	240,00	8,606	Inodoro	Incoloro
Enjuagador de Botellas 3	1	0,10	4,00	0,10	4,00	6,20	248,00	7,755	Inodoro	Incoloro
	2	0,20	6,00	0,30	12,00	6,40	256,00	8,677	Inodoro	Incoloro
Enjuagador de Botellas 4	1									
	2									
Enjuagador de Botellas 7	1	0,10	4,00	0,10	4,00	6,20	248,00	7,910	Inodoro	Incoloro
	2	0,10	4,00	0,10	4,00	6,30	252,00	8,240	Inodoro	Incoloro
Enjuagador de Botellas 8	1	0,20	6,00	0,20	8,00	6,30	252,00	7,950	Inodoro	Incoloro
	2	0,20	6,00	0,30	12,00	6,60	264,00	8,697	Inodoro	Incoloro
Suavizador 1	3									
Suavizador 2	3	0,10	4,00	0,00	0,00	6,70	268,00	7,645	Inodoro	Incoloro
Suavizador 3	3									
Suavizador 4	3	0,20	6,00	0,30	12,00	6,50	260,00	8,212	Inodoro	Incoloro

Fecha: 08-02-08

Turno: a.m.

1: Salida de los enjuagadores de botellas

2: Salida de las bandejas

3: Salida de los suavizadores

Tabla B.4 (Cont.). Parámetros físicoquímicos del agua de los suavizadores y enjuagadores de botellas

Equipo	Pto de muestra	V _{EDTA} gastado (V ± 0,05) mL	Dureza (D ± 2) ppmCaCO ₃	V _{H₂SO₄} gastado (V ± 0,05) mL	Alcalinidad P (Alc P ± 2) ppmCaCO ₃	V _{H₂SO₄} gastado (V ± 0,05) mL	Alcalinidad M (Alc M ± 2) ppmCaCO ₃	pH (pH ± 0,001) adim	Olor	Color
Enjuagador de Botellas 1	1	0,00	0,00	0,60	24,00	6,30	252,00	7,750	Inodoro	Incoloro
	2	0,20	6,00	0,50	20,00	6,40	256,00	7,873	Inodoro	Incoloro
Enjuagador de Botellas 2	1	0,40	14,00	0,60	24,00	6,70	268,00	7,590	Inodoro	Incoloro
	2	0,40	14,00	0,40	16,00	6,10	244,00	8,206	Inodoro	Incoloro
Enjuagador de Botellas 3	1	0,40	14,00	0,40	16,00	6,40	256,00	8,018	Inodoro	Incoloro
	2	0,30	10,00	0,50	20,00	6,30	252,00	8,222	Inodoro	Incoloro
Enjuagador de Botellas 4	1	0,30	10,00	0,40	16,00	5,20	208,00	7,890	Inodoro	Incoloro
	2	0,30	10,00	0,40	16,00	5,30	212,00	7,989	Inodoro	Incoloro
Enjuagador de Botellas 7	1									
	2									
Enjuagador de Botellas 8	1	0,40	14,00	0,30	12,00	6,60	264,00	7,863	Inodoro	Incoloro
	2	0,40	14,00	0,50	20,00	6,40	256,00	8,160	Inodoro	Incoloro
Suavizador 1	3									
Suavizador 2	3	0,60	20,00	0,80	32,00	6,90	276,00	7,903	Inodoro	Incoloro
Suavizador 3	3									
Suavizador 4	3	0,40	14,00	0,60	24,00	6,70	268,00	7,724	Inodoro	Incoloro

Fecha: 08-02-08

Turno: p.m.

1: Salida de los enjuagadores de botellas

2: Salida de las bandejas

3: Salida de los suavizadores

Tabla B.4 (Cont.). Parámetros físicoquímicos del agua de los suavizadores y enjuagadores de botellas

Equipo	Pto de muestra	V _{EDTA} gastado (V ± 0,05) mL	Dureza (D ± 2) ppmCaCO ₃	V _{H₂SO₄} gastado (V ± 0,05) mL	Alcalinidad P (Alc P ± 2) ppmCaCO ₃	V _{H₂SO₄} gastado (V ± 0,05) mL	Alcalinidad M (Alc M ± 2) ppmCaCO ₃	pH (pH ± 0,001) adim	Olor	Color
Enjuagador de Botellas 1	1	0,30	10,00	0,00	0,00	6,20	248,00	7,919	Inodoro	Incoloro
	2	0,40	14,00	0,00	0,00	6,30	252,00	8,191	Inodoro	Incoloro
Enjuagador de Botellas 2	1									
	2									
Enjuagador de Botellas 3	1	0,20	6,00	0,10	4,00	6,10	244,00	7,774	Inodoro	Incoloro
	2	0,30	10,00	0,20	8,00	6,20	248,00	8,386	Inodoro	Incoloro
Enjuagador de Botellas 4	1									
	2									
Enjuagador de Botellas 7	1	0,60	20,00	0,10	4,00	6,10	244,00	7,807	Inodoro	Incoloro
	2	0,70	24,00	0,20	8,00	6,30	252,00	7,836	Inodoro	Incoloro
Enjuagador de Botellas 8	1	0,10	4,00	0,20	8,00	6,40	256,00	7,952	Inodoro	Incoloro
	2	0,20	6,00	0,10	4,00	6,30	252,00	8,140	Inodoro	Incoloro
Suavizador 1	3	0,10	4,00	0,00	0,00	6,20	248,00	7,744	Inodoro	Incoloro
Suavizador 2	3									
Suavizador 3	3	0,10	4,00	0,20	8,00	6,30	252,00	7,880	Inodoro	Incoloro
Suavizador 4	3									

Fecha: 11-02-08

Turno: a.m.

1: Salida de los enjuagadores de botellas

2: Salida de las bandejas

3: Salida de los suavizadores

Tabla B.4 (Cont.). Parámetros físicoquímicos del agua de los suavizadores y enjuagadores de botellas

Equipo	Pto de muestra	V _{EDTA} gastado (V ± 0,05) mL	Dureza (D ± 2) ppmCaCO ₃	V _{H₂SO₄} gastado (V ± 0,05) mL	Alcalinidad P (Alc P ± 2) ppmCaCO ₃	V _{H₂SO₄} gastado (V ± 0,05) mL	Alcalinidad M (Alc M ± 2) ppmCaCO ₃	pH (pH ± 0,001) adim	Olor	Color
Enjuagador de Botellas 1	1	0,30	10,00	0,30	12,00	6,20	248,00	7,750	Inodoro	Incoloro
	2	0,40	14,00	0,80	32,00	6,50	260,00	7,691	Inodoro	Incoloro
Enjuagador de Botellas 2	1	0,40	14,00	0,30	12,00	6,40	256,00	7,683	Inodoro	Incoloro
	2	0,30	10,00	0,40	16,00	6,90	276,00	7,792	Inodoro	Incoloro
Enjuagador de Botellas 3	1									
	2									
Enjuagador de Botellas 4	1									
	2									
Enjuagador de Botellas 7	1									
	2									
Enjuagador de Botellas 8	1	0,20	6,00	0,30	12,00	6,20	248,00	7,821	Inodoro	Incoloro
	2	0,30	10,00	0,20	8,00	6,30	252,00	7,934	Inodoro	Incoloro
Suavizador 1	3									
Suavizador 2	3	0,50	18,00	0,70	28,00	6,30	252,00	7,402	Inodoro	Incoloro
Suavizador 3	3	0,30	10,00	0,40	16,00	6,30	252,00	7,203	Inodoro	Incoloro
Suavizador 4	3									

Fecha: 11-02-08

Turno: p.m.

1: Salida de los enjuagadores de botellas

2: Salida de las bandejas

3: Salida de los suavizadores

Tabla B.4 (Cont.). Parámetros físicoquímicos del agua de los suavizadores y enjuagadores de botellas

Equipo	Pto de muestra	V _{EDTA} gastado (V ± 0,05) mL	Dureza (D ± 2) ppmCaCO ₃	V _{H₂SO₄} gastado (V ± 0,05) mL	Alcalinidad P (Alc P ± 2) ppmCaCO ₃	V _{H₂SO₄} gastado (V ± 0,05) mL	Alcalinidad M (Alc M ± 2) ppmCaCO ₃	pH (pH ± 0,001) adim	Olor	Color
Enjuagador de Botellas 1	1	0,90	30,00	0,00	0,00	6,60	264,00	8,021	Inodoro	Incoloro
	2	1,00	34,00	0,30	12,00	7,00	280,00	8,500	Inodoro	Incoloro
Enjuagador de Botellas 2	1									
	2									
Enjuagador de Botellas 3	1	0,80	28,00	0,20	8,00	6,50	260,00	8,506	Inodoro	Incoloro
	2	1,10	38,00	0,30	12,00	7,50	300,00	8,818	Inodoro	Incoloro
Enjuagador de Botellas 4	1									
	2									
Enjuagador de Botellas 7	1									
	2									
Enjuagador de Botellas 8	1	1,00	34,00	0,10	4,00	6,20	248,00	7,994	Inodoro	Incoloro
	2	1,20	42,00	0,30	12,00	6,40	256,00	8,282	Inodoro	Incoloro
Suavizador 1	3	0,00	0,00	0,00	0,00	6,40	256,00	7,967	Inodoro	Incoloro
Suavizador 2	3									
Suavizador 3	3									
Suavizador 4	3	0,80	28,00	0,10	4,00	6,40	256,00	7,880	Inodoro	Incoloro

Fecha: 12-02-08

Turno: a.m.

1: Salida de los enjuagadores de botellas

2: Salida de las bandejas

3: Salida de los suavizadores

Tabla B.4 (Cont.). Parámetros físicoquímicos del agua de los suavizadores y enjuagadores de botellas

Equipo	Pto de muestra	V _{EDTA} gastado (V ± 0,05) mL	Dureza (D ± 2) ppmCaCO ₃	V _{H₂SO₄} gastado (V ± 0,05) mL	Alcalinidad P (Alc P ± 2) ppmCaCO ₃	V _{H₂SO₄} gastado (V ± 0,05) mL	Alcalinidad M (Alc M ± 2) ppmCaCO ₃	pH (pH ± 0,001) adim	Olor	Color
Enjuagador de Botellas 1	1	2,90	100,00	0,10	4,00	6,50	260,00	7,818	Inodoro	Incoloro
	2	3,30	112,00	0,50	20,00	6,70	268,00	8,106	Inodoro	Incoloro
Enjuagador de Botellas 2	1									
	2									
Enjuagador de Botellas 3	1									
	2									
Enjuagador de Botellas 4	1	2,90	100,00	0,10	4,00	6,50	260,00	7,781	Inodoro	Incoloro
	2	1,50	52,00	1,50	60,00	8,30	332,00	8,428	Inodoro	Incoloro
Enjuagador de Botellas 7	1	3,20	110,00	0,10	4,00	6,20	248,00	7,845	Inodoro	Incoloro
	2	3,30	112,00	0,50	20,00	6,90	276,00	8,201	Inodoro	Incoloro
Enjuagador de Botellas 8	1									
	2									
Suavizador 1	3	0,60	20,00	0,10	4,00	6,20	248,00	8,127	Inodoro	Incoloro
Suavizador 2	3									
Suavizador 3	3	2,30	78,00	0,50	20,00	6,90	276,00	7,837	Inodoro	Incoloro
Suavizador 4	3									

Fecha: 13-02-08

Turno: a.m.

1: Salida de los enjuagadores de botellas

2: Salida de las bandejas

3: Salida de los suavizadores

Tabla B.4 (Cont.). Parámetros físicoquímicos del agua de los suavizadores y enjuagadores de botellas

Equipo	Pto de muestra	V _{EDTA} gastado (V ± 0,05) mL	Dureza (D ± 2) ppmCaCO ₃	V _{H₂SO₄} gastado (V ± 0,05) mL	Alcalinidad P (Alc P ± 2) ppmCaCO ₃	V _{H₂SO₄} gastado (V ± 0,05) mL	Alcalinidad M (Alc M ± 2) ppmCaCO ₃	pH (pH ± 0,001) adim	Olor	Color
Enjuagador de Botellas 1	1									
	2									
Enjuagador de Botellas 2	1									
	2									
Enjuagador de Botellas 3	1	0,10	4,00	0,10	4,00	6,30	252,00	8,185	Inodoro	Incoloro
	2	0,40	14,00	0,30	12,00	6,20	248,00	8,340	Inodoro	Incoloro
Enjuagador de Botellas 4	1	0,10	4,00	0,10	4,00	6,30	252,00	8,251	Inodoro	Incoloro
	2	0,30	10,00	0,60	24,00	6,40	256,00	8,492	Inodoro	Incoloro
Enjuagador de Botellas 7	1									
	2									
Enjuagador de Botellas 8	1									
	2									
Suavizador 1	3	0,10	4,00	0,20	8,00	6,10	244,00	8,150	Inodoro	Incoloro
Suavizador 2	3									
Suavizador 3	3	0,20	6,00	0,40	16,00	6,50	260,00	7,909	Inodoro	Incoloro
Suavizador 4	3									

Fecha: 03-03-08

Turno: a.m.

1: Salida de los enjuagadores de botellas

2: Salida de las bandejas

3: Salida de los suavizadores

Tabla B.4 (Cont.). Parámetros físicoquímicos del agua de los suavizadores y enjuagadores de botellas

Equipo	Pto de muestra	V _{EDTA} gastado (V ± 0,05) mL	Dureza (D ± 2) ppmCaCO ₃	V _{H₂SO₄} gastado (V ± 0,05) mL	Alcalinidad P (Alc P ± 2) ppmCaCO ₃	V _{H₂SO₄} gastado (V ± 0,05) mL	Alcalinidad M (Alc M ± 2) ppmCaCO ₃	pH (pH ± 0,001) adim	Olor	Color
Enjuagador de Botellas 1	1	0,20	6,00	0,20	8,00	6,10	244,00	7,985	Inodoro	Incoloro
	2	0,30	10,00	0,20	8,00	6,30	252,00	8,041	Inodoro	Incoloro
Enjuagador de Botellas 2	1									
	2									
Enjuagador de Botellas 3	1	0,10	4,00	0,10	4,00	6,20	248,00	8,712	Inodoro	Incoloro
	2	0,10	4,00	0,30	12,00	6,30	252,00	8,892	Inodoro	Incoloro
Enjuagador de Botellas 4	1	0,20	6,00	0,10	4,00	6,10	244,00	8,112	Inodoro	Incoloro
	2	0,20	6,00	0,20	8,00	6,10	244,00	8,218	Inodoro	Incoloro
Enjuagador de Botellas 7	1									
	2									
Enjuagador de Botellas 8	1	0,20	6,00	0,10	4,00	6,20	248,00	7,765	Inodoro	Incoloro
	2	0,10	4,00	0,20	8,00	6,10	244,00	8,203	Inodoro	Incoloro
Suavizador 1	3									
Suavizador 2	3	0,10	4,00	0,00	0,00	6,00	240,00	7,841	Inodoro	Incoloro
Suavizador 3	3									
Suavizador 4	3	0,20	6,00	0,10	4,00	6,20	248,00	8,128	Inodoro	Incoloro

Fecha: 03-03-08

Turno: p.m.

1: Salida de los enjuagadores de botellas

2: Salida de las bandejas

3: Salida de los suavizadores

Tabla B.4 (Cont.). Parámetros físicoquímicos del agua de los suavizadores y enjuagadores de botellas

Equipo	Pto de muestra	V _{EDTA} gastado (V ± 0,05) mL	Dureza (D ± 2) ppmCaCO ₃	V _{H₂SO₄} gastado (V ± 0,05) mL	Alcalinidad P (Alc P ± 2) ppmCaCO ₃	V _{H₂SO₄} gastado (V ± 0,05) mL	Alcalinidad M (Alc M ± 2) ppmCaCO ₃	pH (pH ± 0,001) adim	Olor	Color
Enjuagador de Botellas 1	1									
	2									
Enjuagador de Botellas 2	1									
	2									
Enjuagador de Botellas 3	1	0,10	4,00	0,00	0,00	6,20	248,00	8,025	Inodoro	Incoloro
	2	0,20	6,00	0,10	4,00	6,30	252,00	8,126	Inodoro	Incoloro
Enjuagador de Botellas 4	1	0,10	4,00	0,00	0,00	6,20	248,00	8,234	Inodoro	Incoloro
	2	0,20	6,00	0,20	8,00	6,20	248,00	8,510	Inodoro	Incoloro
Enjuagador de Botellas 7	1									
	2									
Enjuagador de Botellas 8	1	0,30	10,00	0,10	4,00	6,30	252,00	7,955	Inodoro	Incoloro
	2	0,20	6,00	0,20	8,00	6,20	248,00	8,123	Inodoro	Incoloro
Suavizador 1	3									
Suavizador 2	3	0,10	4,00	0,10	4,00	6,10	244,00	7,982	Inodoro	Incoloro
Suavizador 3	3									
Suavizador 4	3	0,30	10,00	0,20	8,00	6,50	260,00	8,354	Inodoro	Incoloro

Fecha: 04-03-08

Turno: a.m.

1: Salida de los enjuagadores de botellas

2: Salida de las bandejas

3: Salida de los suavizadores

Tabla B.4 (Cont.). Parámetros físicoquímicos del agua de los suavizadores y enjuagadores de botellas

Equipo	Pto de muestra	V _{EDTA} gastado (V ± 0,05) mL	Dureza (D ± 2) ppmCaCO ₃	V _{H₂SO₄} gastado (V ± 0,05) mL	Alcalinidad P (Alc P ± 2) ppmCaCO ₃	V _{H₂SO₄} gastado (V ± 0,05) mL	Alcalinidad M (Alc M ± 2) ppmCaCO ₃	pH (pH ± 0,001) adim	Olor	Color
Enjuagador de Botellas 1	1	0,20	6,00	0,30	12,00	6,40	256,00	8,021	Inodoro	Incoloro
	2	0,20	6,00	0,50	20,00	6,20	248,00	8,125	Inodoro	Incoloro
Enjuagador de Botellas 2	1									
	2									
Enjuagador de Botellas 3	1									
	2									
Enjuagador de Botellas 4	1	0,10	4,00	0,10	4,00	6,20	248,00	8,365	Inodoro	Incoloro
	2	0,30	10,00	0,20	8,00	6,20	248,00	8,425	Inodoro	Incoloro
Enjuagador de Botellas 7	1	0,20	6,00	0,10	4,00	6,20	248,00	8,124	Inodoro	Incoloro
	2	0,30	10,00	0,30	12,00	6,30	252,00	8,402	Inodoro	Incoloro
Enjuagador de Botellas 8	1									
	2									
Suavizador 1	3	0,10	4,00	0,10	4,00	6,00	240,00	8,007	Inodoro	Incoloro
Suavizador 2	3									
Suavizador 3	3									
Suavizador 4	3	0,40	14,00	0,30	12,00	6,70	268,00	8,236	Inodoro	Incoloro

Fecha: 04-03-08

Turno: p.m.

1: Salida de los enjuagadores de botellas

2: Salida de las bandejas

3: Salida de los suavizadores

Tabla B.4 (Cont.). Parámetros físicoquímicos del agua de los suavizadores y enjuagadores de botellas

Equipo	Pto de muestra	V _{EDTA} gastado (V ± 0,05) mL	Dureza (D ± 2) ppmCaCO ₃	V _{H₂SO₄} gastado (V ± 0,05) mL	Alcalinidad P (Alc P ± 2) ppmCaCO ₃	V _{H₂SO₄} gastado (V ± 0,05) mL	Alcalinidad M (Alc M ± 2) ppmCaCO ₃	pH (pH ± 0,001) adim	Olor	Color
Enjuagador de Botellas 1	1									
	2									
Enjuagador de Botellas 2	1									
	2									
Enjuagador de Botellas 3	1									
	2									
Enjuagador de Botellas 4	1	0,30	10,00	0,10	4,00	6,20	248,00	7,875	Inodoro	Incoloro
	2	0,30	10,00	0,20	8,00	6,20	248,00	7,995	Inodoro	Incoloro
Enjuagador de Botellas 7	1									
	2									
Enjuagador de Botellas 8	1	0,10	4,00	0,10	4,00	6,20	248,00	8,021	Inodoro	Incoloro
	2	0,30	10,00	0,10	4,00	6,10	244,00	8,165	Inodoro	Incoloro
Suavizador 1	3	0,20	6,00	0,10	4,00	6,20	248,00	7,851		
Suavizador 2	3								Inodoro	Incoloro
Suavizador 3	3	0,10	4,00	0,10	4,00	6,10	244,00	8,217	Inodoro	Incoloro
Suavizador 4	3									

Fecha: 05-03-08

Turno: a.m.

1: Salida de los enjuagadores de botellas

2: Salida de las bandejas

3: Salida de los suavizadores

Tabla B.4 (Cont.). Parámetros físicoquímicos del agua de los suavizadores y enjuagadores de botellas

Equipo	Pto de muestra	V _{EDTA} gastado (V ± 0,05) mL	Dureza (D ± 2) ppmCaCO ₃	V _{H₂SO₄} gastado (V ± 0,05) mL	Alcalinidad P (Alc P ± 2) ppmCaCO ₃	V _{H₂SO₄} gastado (V ± 0,05) mL	Alcalinidad M (Alc M ± 2) ppmCaCO ₃	pH (pH ± 0,001) adim	Olor	Color
Enjuagador de Botellas 1	1									
	2									
Enjuagador de Botellas 2	1									
	2									
Enjuagador de Botellas 3	1									
	2									
Enjuagador de Botellas 4	1	0,10	4,00	0,00	0,00	6,10	244,00	7,882	Inodoro	Incoloro
	2	0,10	4,00	0,10	4,00	6,10	244,00	7,971	Inodoro	Incoloro
Enjuagador de Botellas 7	1	0,10	4,00	0,10	4,00	6,10	244,00	7,962	Inodoro	Incoloro
	2	0,20	6,00	0,20	8,00	6,20	248,00	8,015	Inodoro	Incoloro
Enjuagador de Botellas 8	1	0,20	6,00	0,20	8,00	6,10	244,00	7,851	Inodoro	Incoloro
	2	0,30	10,00	0,20	8,00	6,20	248,00	8,254	Inodoro	Incoloro
Suavizador 1	3									
Suavizador 2	3	0,00	0,00	0,10	4,00	6,10	244,00	7,742	Inodoro	Incoloro
Suavizador 3	3	0,20	6,00	0,20	8,00	6,20	248,00	8,011	Inodoro	Incoloro
Suavizador 4	3									

Fecha: 05-03-08

Turno: p.m.

1: Salida de los enjuagadores de botellas

2: Salida de las bandejas

3: Salida de los suavizadores

Tabla B.4 (Cont.). Parámetros físicoquímicos del agua de los suavizadores y enjuagadores de botellas

Equipo	Pto de muestra	V _{EDTA} gastado (V ± 0,05) mL	Dureza (D ± 2) ppmCaCO ₃	V _{H₂SO₄} gastado (V ± 0,05) mL	Alcalinidad P (Alc P ± 2) ppmCaCO ₃	V _{H₂SO₄} gastado (V ± 0,05) mL	Alcalinidad M (Alc M ± 2) ppmCaCO ₃	pH (pH ± 0,001) adim	Olor	Color
Enjuagador de Botellas 1	1									
	2									
Enjuagador de Botellas 2	1									
	2									
Enjuagador de Botellas 3	1	0,10	4,00	0,10	4,00	6,10	244,00	8,054	Inodoro	Incoloro
	2	0,10	4,00	0,10	4,00	6,20	248,00	8,157	Inodoro	Incoloro
Enjuagador de Botellas 4	1	0,10	4,00	0,10	4,00	6,20	248,00	8,125	Inodoro	Incoloro
	2	0,20	6,00	0,20	8,00	6,20	248,00	8,257	Inodoro	Incoloro
Enjuagador de Botellas 7	1	0,10	4,00	0,10	4,00	6,10	244,00	8,249	Inodoro	Incoloro
	2	0,20	6,00	0,20	8,00	6,20	248,00	8,410	Inodoro	Incoloro
Enjuagador de Botellas 8	1									
	2									
Suavizador 1	3									
Suavizador 2	3	0,10	4,00	0,10	4,00	6,20	248,00	8,019	Inodoro	Incoloro
Suavizador 3	3	0,20	6,00	0,20	8,00	6,20	248,00	8,365	Inodoro	Incoloro
Suavizador 4	3									

Fecha: 06-03-08

Turno: a.m.

1: Salida de los enjuagadores de botellas

2: Salida de las bandejas

3: Salida de los suavizadores

Tabla B.4 (Cont.). Parámetros físicoquímicos del agua de los suavizadores y enjuagadores de botellas

Equipo	Pto de muestra	V _{EDTA} gastado (V ± 0,05) mL	Dureza (D ± 2) ppmCaCO ₃	V _{H₂SO₄} gastado (V ± 0,05) mL	Alcalinidad P (Alc P ± 2) ppmCaCO ₃	V _{H₂SO₄} gastado (V ± 0,05) mL	Alcalinidad M (Alc M ± 2) ppmCaCO ₃	pH (pH ± 0,001) adim	Olor	Color
Enjuagador de Botellas 1	1	0,20	6,00	0,40	16,00	6,10	244,00	8,012	Inodoro	Incoloro
	2	0,20	6,00	0,10	4,00	6,20	248,00	8,254	Inodoro	Incoloro
Enjuagador de Botellas 2	1									
	2									
Enjuagador de Botellas 3	1									
	2									
Enjuagador de Botellas 4	1	0,10	4,00	0,10	4,00	6,10	244,00	8,124	Inodoro	Incoloro
	2	0,20	6,00	0,30	12,00	6,20	248,00	8,446	Inodoro	Incoloro
Enjuagador de Botellas 7	1									
	2									
Enjuagador de Botellas 8	1	0,20	6,00	0,10	4,00	6,20	248,00	7,985	Inodoro	Incoloro
	2	0,20	6,00	0,10	4,00	6,10	244,00	8,127	Inodoro	Incoloro
Suavizador 1	3	0,00	0,00	0,00	0,00	6,00	240,00	7,992	Inodoro	Incoloro
Suavizador 2	3									
Suavizador 3	3	0,40	14,00	0,20	8,00	6,30	252,00	8,496	Inodoro	Incoloro
Suavizador 4	3									

Fecha: 06-03-08

Turno: p.m.

1: Salida de los enjuagadores de botellas

2: Salida de las bandejas

3: Salida de los suavizadores

Tabla B.5. Parámetros microbiológicos del agua suavizada

Equipo	Pto de muestra	Coliformes (NMP/mL)			Bacterias (UFC/mL)	Mohos (UFC/mL)	Levaduras (UFC/mL)	Pseudomonas (NMP/mL)	Observaciones
		Presuntivo	Totales	E.Coli					
Suavizador 1	3	000 <3	000 <3	000 <3	0	0	1	000 < 3	
Suavizador 4	3	000 <3	000 <3	000 <3	0	0	0	000 < 3	

Fecha: 07-02-08

Tabla B.5 (Cont.). Parámetros microbiológicos del agua suavizada

Equipo	Pto de muestra	Coliformes (NMP/mL)			Bacterias (UFC/mL)	Mohos (UFC/mL)	Levaduras (UFC/mL)	Pseudomonas (NMP/mL)	Observaciones
		Presuntivo	Totales	E.Coli					
Suavizador 1	3	000 <3	000 <3	000 <3	0	0	0	000 < 3	
Suavizador 4	3	000 <3	000 <3	000 <3	1	0	0	000 < 3	

Fecha: 11-02-08

Tabla B.5 (Cont.). Parámetros microbiológicos del agua suavizada

Equipo	Pto de muestra	Coliformes (NMP/mL)			Bacterias (UFC/mL)	Mohos (UFC/mL)	Levaduras (UFC/mL)	Pseudomonas (NMP/mL)	Observaciones
		Presuntivo	Totales	E.Coli					
Enjuagador de Botellas 1	1	000 <3	000 <3	000 <3	82	0	2	120 11	Ligera turbidez
	2	000 <3	000 <3	000 <3	Incontable	3	292	321 150	Presencia de turbidez
Enjuagador de Botellas 2	1	P A R A D A							
	2								
Enjuagador de Botellas 3	1	000 <3	000 <3	000 <3	25	0	3	000 < 3	Ligera turbidez
	2	333 <2400	333 <2400	333 <2400	Incontable	4	Incontable	221 28	Presencia de turbidez
Enjuagador de Botellas 4	1	P A R A D A							
	2								
Enjuagador de Botellas 7	1	P A R A D A							
	2								
Enjuagador de Botellas 8	1	000 <3	000 <3	000 <3	36	0	7	010 3	
	2	311 75	311 75	311 75	Incontable	Incontable	Incontable	332 1100	Presencia de turbidez
Suavizador 2	3	000 <3	000 <3	000 <3	82	0	0	110 7	Ligera turbidez
Suavizador 3	3	000 <3	000 <3	000 <3	64	0	0	221 28	Ligera turbidez

Fecha: 13-02-08

Turno: p.m.

1: Salida de los enjuagadores de botellas

2: Salida de las bandejas

3: Salida de los suavizadores

Tabla B.5 (Cont.). Parámetros microbiológicos del agua suavizada

Equipo	Pto de muestra	Coliformes (NMP/mL)			Bacterias (UFC/mL)	Mohos (UFC/mL)	Levaduras (UFC/mL)	Pseudomonas (NMP/mL)	Observaciones
		Presuntivo	Totales	E.Coli					
Enjuagador de Botellas 1	1	P			A	R	A	D	A
	2								
Enjuagador de Botellas 2	1	P			A	R	A	D	A
	2								
Enjuagador de Botellas 3	1	P			A	R	A	D	A
	2								
Enjuagador de Botellas 4	1	000 <3	000 <3	000 <3	0	0	0	000 <3	Presencia de turbidez
	2	332 1100	321 150	210 15	Incontable	Incontable	Incontable	000 <3	
Enjuagador de Botellas 7	1	000 <3	000 <3	000 <3	0	0	0	100 4	Ligera turbidez
	2	210 15	110 7	100 4	52	1	7	010 3	
Enjuagador de Botellas 8	1	P			A	R	A	D	A
	2								
Suavizador 2	3	000 <3	000 <3	000 <3	0	0	0	110 7	
Suavizador 3	3	000 <3	000 <3	000 <3	0	0	3	221 28	

Fecha: 14-02-08

Turno: a.m.

1: Salida de los enjuagadores de botellas

2: Salida de las bandejas

3: Salida de los suavizadores

Tabla B.5 (Cont.). Parámetros microbiológicos del agua suavizada

Equipo	Pto de muestra	Coliformes (NMP/mL)			Bacterias (UFC/mL)	Mohos (UFC/mL)	Levaduras (UFC/mL)	Pseudomonas (NMP/mL)	Observaciones
		Presuntivo	Totales	E.Coli					
Suavizador 1	3	000 <3	000 <3	000 <3	10	0	4	101 7	
Suavizador 3	3	000 <3	000 <3	000 <3	08	0	2	301 39	

Fecha: 15-02-08

Tabla B.5 (Cont.). Parámetros microbiológicos del agua suavizada

Equipo	Pto de muestra	Coliformes (NMP/mL)			Bacterias (UFC/mL)	Mohos (UFC/mL)	Levaduras (UFC/mL)	Pseudomonas (NMP/mL)	Observaciones
		Presuntivo	Totales	E.Coli					
Suavizador 1	3	000 <3	000 <3	000 <3	7	0	0	000 < 3	Ligera turbidez
Suavizador 3	3	000 <3	000 <3	000 <3	0	0	0	110 7	Ligera turbidez

Fecha: 18-02-08

Tabla B.5 (Cont.). Parámetros microbiológicos del agua suavizada

Equipo	Pto de muestra	Coliformes (NMP/mL)			Bacterias (UFC/mL)	Mohos (UFC/mL)	Levaduras (UFC/mL)	Pseudomonas (NMP/mL)	Observaciones
		Presuntivo	Totales	E.Coli					
Suavizador 2	3	000 <3	000 <3	000 <3	7	0	6	100 4	
Suavizador 4	3	000 <3	000 <3	000 <3	Incontable	0	76	221 28	

Fecha: 21-02-08

Tabla B.5 (Cont.). Parámetros microbiológicos del agua suavizada

Equipo	Pto de muestra	Coliformes (NMP/mL)			Bacterias (UFC/mL)	Mohos (UFC/mL)	Levaduras (UFC/mL)	Pseudomonas (NMP/mL)	Observaciones
		Presuntivo	Totales	E.Coli					
Suavizador 1	3	000 <3	000 <3	000 <3	0	0	1	000 < 3	
Suavizador 2	3	000 <3	000 <3	000 <3	0	0	5	110 7	
Suavizador 3	3	000 <3	000 <3	000 <3	0	0	2	210 15	Ligera turbidez
Suavizador 4	3	000 <3	000 <3	000 <3	0	0	27	000 < 3	

Fecha: 25-02-08

Tabla B.5 (Cont.). Parámetros microbiológicos del agua suavizada

Equipo	Pto de muestra	Coliformes (NMP/mL)			Bacterias (UFC/mL)	Mohos (UFC/mL)	Levaduras (UFC/mL)	Pseudomonas (NMP/mL)	Observaciones
		Presuntivo	Totales	E.Coli					
Suavizador 1	3	000 <3	000 <3	000 <3	2	0	0	000 < 3	
Suavizador 3	3	000 <3	000 <3	000 <3	8	0	26	010 3	
Suavizador 4	3	000 <3	000 <3	000 <3	62	0	Incontable	111 11	Ligera turbidez

Fecha: 27-02-08

Tabla B.5 (Cont.). Parámetros microbiológicos del agua suavizada

Equipo	Pto de muestra	Coliformes (NMP/mL)			Bacterias (UFC/mL)	Mohos (UFC/mL)	Levaduras (UFC/mL)	Pseudomonas (NMP/mL)	Observaciones
		Presuntivo	Totales	E.Coli					
Enjuagador de Botellas 3	1	000 <3	000 <3	000 <3	18	0	1	001 3	
	2	000 <3	000 <3	000 <3	Incontable	0	32	100 4	Ligera turbidez
Enjuagador de Botellas 8	1	331 460	331 460	331 460	Incontable	1	68	201 14	Presencia de turbidez
	2	333 < 2400	333 < 2400	333 < 2400	Incontable	7	Incontable	311 75	Presencia de turbidez
Suavizador 2	3	000 <3	000 <3	000 <3	0	0	0	000 <3	
Suavizador 4	3	000 <3	000 <3	000 <3	0	0	0	001 3	

Fecha: 03-03-08

Turno: a.m.

1: Salida de los enjuagadores de botellas

2: Salida de las bandejas

3: Salida de los suavizadores

Tabla B.5 (Cont.). Parámetros microbiológicos del agua suavizada

Equipo	Pto de muestra	Coliformes (NMP/mL)			Bacterias (UFC/mL)	Mohos (UFC/mL)	Levaduras (UFC/mL)	Pseudomonas (NMP/mL)	Observaciones
		Presuntivo	Totales	E.Coli					
Suavizador 1	3	000 <3	000 <3	000 <3	0	0	5	000 < 3	
Suavizador 3	3	000 <3	000 <3	000 <3	2	0	4	000 < 3	

Fecha: 05-03-08

Tabla B.5 (Cont.). Parámetros microbiológicos del agua suavizada

Equipo	Pto de muestra	Coliformes (NMP/mL)			Bacterias (UFC/mL)	Mohos (UFC/mL)	Levaduras (UFC/mL)	Pseudomonas (NMP/mL)	Observaciones
		Presuntivo	Totales	E.Coli					
Suavizador 2	3	000	000	000	1	0	0	000	
		<3	<3	<3				< 3	
Suavizador 3	3	000	000	000	1	2	5	000	
		<3	<3	<3				< 3	

Fecha: 10-03-08

Tabla B.6. Cabezal requerido por el sistema de bombeo del sistema de recuperación de agua

CABEZAL REQUERIDO POR EL SISTEMA				
Caudal (Q)		Cabezal de Altura Requerido (Hreq)m		
m3/h	m3/s	$\phi 1$	$\phi 2$	$\phi 3$
0,5	0,0001	4,500	4,500	4,500
1,0	0,0003	4,500	4,500	4,500
1,5	0,0004	4,501	4,500	4,500
2,0	0,0006	4,501	4,500	4,500
2,5	0,0007	4,501	4,500	4,500
3,0	0,0008	4,502	4,501	4,500
3,5	0,0010	4,503	4,501	4,500
4,0	0,0011	4,503	4,501	4,500
4,5	0,0013	4,504	4,501	4,501
5,0	0,0014	4,505	4,501	4,501
5,5	0,0015	4,506	4,502	4,501
6,0	0,0017	4,508	4,502	4,501
6,5	0,0018	4,509	4,502	4,501
7,0	0,0019	4,510	4,503	4,501
7,5	0,0021	4,512	4,503	4,502
8,0	0,0022	4,513	4,504	4,502
8,5	0,0024	4,515	4,504	4,502
9,2	0,0026	4,517	4,505	4,502
9,7	0,0027	4,519	4,505	4,503
10,2	0,0028	4,521	4,506	4,503
10,7	0,0030	4,523	4,507	4,503
11,2	0,0031	4,526	4,507	4,503
11,7	0,0032	4,528	4,508	4,504
12,2	0,0034	4,530	4,508	4,504
12,7	0,0035	4,533	4,509	4,504
13,2	0,0037	4,536	4,510	4,505
13,7	0,0038	4,538	4,511	4,505
14,2	0,0039	4,541	4,511	4,506
14,7	0,0041	4,544	4,512	4,506
15,2	0,0042	4,547	4,513	4,506

APÉNDICE C

CÁLCULOS TÍPICOS

En la siguiente sección se presentan los cálculos efectuados para el logro de los objetivos planteados.

CÁLCULOS TÍPICOS

1. Obtención del rendimiento de agua en planta AJEVEN C.A. a partir de balances de masa con el propósito de conocer el porcentaje de agua no aprovechada

1.1 Cálculo del volumen extraído del pozo

Cuantificación de los intervalos de tiempo de operación de la bomba.

Para cuantificar los intervalos de tiempo de operación de la bomba se utilizó la siguiente ecuación:

$$Int = tapg - tenc \quad (1)$$

Donde:

Int: intervalo de tiempo de operación de la bomba

t_{enc} : tiempo de encendido de la bomba

t_{apg} : tiempo de apagado de la bomba

Haciendo uso de la tabla A.4 (Apéndice A, 02/04/08 a.m.), se obtiene:

$$Int = 155,36 - 0,00$$

$$Int = 155,36 \text{ min}$$

El resto de los resultados se muestran en la tabla B.1 (Apéndice B, 02/04/08 a.m.).

El tiempo de operación vendrá dado por la sumatoria de todos los intervalos de tiempo, como se muestra a continuación:

$$top = 155,36 + 2,14 + 19,52$$

$$top = 175,02 \text{ min}$$

El error asociado al tiempo de operación vendrá dado por la derivada de la ecuación N° 1, obteniendo lo siguiente:

$$\Delta top = \frac{\partial tapg}{\partial tenc} * \Delta tapg + \frac{\partial tenc}{\partial tapg} * \Delta tenc$$

Donde:

Δ_{top} : Error asociado al tiempo de operación

Δ_{tapg} : Error asociado al tiempo de apagado

Δ_{tenc} : Error asociado al tiempo de encendido

$\frac{\partial \Delta_{tapg}}{\partial t_{enc}}$: Derivada parcial del tiempo de apagado con respecto al tiempo de encendido.

$\frac{\partial \Delta_{tenc}}{\partial \Delta_{tapg}}$: Derivada parcial del tiempo de encendido con respecto al tiempo de apagado

Sustituyendo los valores se obtiene:

$$\Delta_{top} = 0,005 + 0,005$$

$$\Delta_{top} = 0,01 \text{ min}$$

El valor reportado del tiempo de operación de la bomba, es el siguiente:

$$t_{op} = (175,02 \pm 0,01) \text{ min}$$

Una vez obtenido el tiempo de operación de la bomba y el caudal de operación (Tabla A.20), se procede a calcular el volumen extraído a través de la ecuación 4.2 (Cáp. IV, sección 4.2.2), obteniendo como resultado:

$$V_{extr} = 175,02 \text{ min} * 79,2 \text{ m}^3 / \text{h} * \frac{1 \text{ h}}{60 \text{ min}}$$

$$V_{extr} = 231,03 \text{ m}^3$$

El error correspondiente al volumen extraído del pozo, se obtuvo derivando la ecuación 4.2. El resultado de la derivada se muestra a continuación:

$$\Delta V_{extr} = \frac{\partial t}{\partial Q_{oper}} * \Delta t + \frac{\partial Q_{oper}}{\partial t} * \Delta Q$$

Donde:

$\frac{\partial t}{\partial Q_{oper}}$: Derivada parcial del tiempo con respecto al caudal de operación.

$\frac{\partial Q_{oper}}{\partial t}$: Derivada parcial del caudal con respecto al tiempo de operación.

Δt : Error de la variable tiempo

ΔV_{extr} : Error del volumen extraído

ΔQ : Error asociado al caudal de operación (0,2)

Sustituyendo los valores se obtiene:

$$\Delta V_{extr} = t * \Delta Q + Q * \Delta t$$

$$\Delta V_{extr} = 175,02 * 0,2 + 79,20 * 0,01$$

$$\Delta V_{extr} = 1,3754m^3 \approx 1$$

Reportando finalmente el volumen de la siguiente manera:

$$V_{extr} = (231 \pm 1)m^3$$

1.2. Calculo del volumen consumido en producción

El volumen de agua consumido en la producción se obtuvo a través de la ecuación 4.3 (Cáp. IV, sección 4.2.2). Haciendo uso de los datos reportados en la Tabla A.3 (Apéndice A. 02/04/08, a.m.), se obtiene lo siguiente para la línea de producción N° 3:

$$V_{prod_L} = 3,1L * 0,9336 * 11664 * Fc$$

$$V_{prod_L} = 33,757m^3$$

Donde:

V_{prod_L} : Volumen de producción de cada línea

Fc : $1m^3/1000L$

Para el resto de las líneas de producción que operaron el día 02/04/08 en el turno de la mañana, se realiza el mismo procedimiento, para finalmente tener el volumen total consumido. El resultado se muestra a continuación (Tabla 5.8, 02/04/08, a.m.):

$$V_{prod} = 163,668m^3$$

El error asociado se obtiene a través de la derivada parcial de la ecuación 4.3, tomando en cuenta que el porcentaje de agua contenido en la bebida y el N° de botellas son constantes; el resultado de la derivada se muestra a continuación:

$$\Delta V_{prod} = \frac{\partial Cn}{\partial Tc} * \Delta Cn * Fc$$

Donde:

ΔV_{prod} : Error asociado al volumen de producción

Tc : %agua y n° de botellas

$\frac{\partial Cn}{\partial Tc}$: Derivada parcial del contenido neto

ΔCn : Error asociado al contenido neto.

Fc : 1m³/1000L

Sustituyendo los valores, se obtiene:

$$\Delta V_{prod} = (0,9336 * 11664) * 0,06 * \frac{1}{1000}$$

$$\Delta V_{prod} = 0,653 \approx 0,65m^3$$

De esta manera se obtiene el error para cada valor obtenido del volumen y seguidamente se selecciona el mayor, siendo este el siguiente:

$$\Delta V_{prod} = 2,69m^3 \approx 3m^3$$

Finalmente el valor del volumen con el error asociado es:

$$V_{prod} = (164 \pm 3)m^3$$

1.3 Porcentaje de rendimiento

El porcentaje de rendimiento se obtiene a través de la ecuación 4.5 (Cáp. IV, sección 4.2.5), haciendo uso de los volúmenes obtenidos anteriormente. Sustituyendo los valores se obtiene:

$$\%R = \frac{164}{233} * 100$$

$$\%R = 70,386$$

El error asociado al rendimiento esta dado por la derivada de la ecuación 4.5, tal como se muestra a continuación:

$$\Delta R = \frac{\Delta V_{prod}}{V_{ext}} - \frac{V_{prod}}{(V_{extr})^2} * \Delta V_{extr}$$

$$\Delta R = \frac{3}{231} - \frac{164}{(231)^2} * 1$$

$$\Delta R = 0,003$$

De esta manera se obtienen todos los errores para cada rendimiento, reportando así el valor de rendimiento con el valor mayor entre todos los errores, siendo este:

$$\Delta R = 0,01$$

Finalmente el valor del porcentaje de rendimiento con el error asociado del subgrupo de la mañana de fecha 02/04/08, se muestra a continuación:

$$\%R = (70,84 \pm 0,01)$$

El cálculo desarrollado anteriormente se realizo para cada subgrupo, obteniendo un porcentaje de rendimiento promedio de:

$$\%R = (53 \pm 24)$$

El error del porcentaje de rendimiento promedio esta definido por la desviación estándar, por ser una variable de salida del proceso cuya variación indica la tendencia del comportamiento del uso del agua en el periodo de estudio, por consiguiente debe ser analizado desde el punto de vista estadístico en cuanto a la variación y dispersión, por lo que la dispersión estará definido a partir de los limites de control de proceso, calculado a tres dispersiones estándar conocido como limites naturales del proceso.

2. Cuantificación de las pérdidas de agua en puntos críticos no controlados a través de métodos experimentales con la finalidad de clasificarlas

2.1. Cálculo del volumen de consumo de cada equipo

El cálculo típico se realizó para el consumo del enjuagador de botella de la línea uno del último día de monitoreo en el turno de la tarde, para un tiempo de estudio de tres (3) horas, utilizando la ecuación 4.2, se obtiene el siguiente resultado:

$$V_{cons} = 0,7 \frac{m^3}{h} * 3h$$

$$V_{cons} = 2,1m^3$$

Se debe tener presente que para cada equipo el tiempo de estudio corresponde con el período de evaluación. El error correspondiente al volumen consumido por el enjuagador de botellas de la línea viene asociado a la derivada parcial realizada para el cálculo típico 1.2, sustituyendo los valores correspondientes se tiene:

$$\Delta V_{cons} = 0.7 * 0.0002 + 3 * 0$$

$$\Delta V_{cons} = 0,00014 \approx 0,0001m^3$$

Reportando finalmente el volumen de la siguiente manera:

$$V_{cons} = (2,1000 \pm 0,0001)m^3$$

3. Caracterización de los efluentes por medios fisicoquímicos y microbiológicos para identificar aquellos que puedan ser recuperados

Se utilizarán los datos correspondientes a la primera toma de muestras de la salida del enjuagador de botellas de la línea 8 (Apéndice A, tabla A.22, fecha 06/02/08).

3.1. Cálculo de alcalinidad

Con los datos de volumen consumido de H₂SO₄ y aplicando el resumen de la ecuación 4.9 (Cáp. IV, sección 4.4.4) se tiene que la alcalinidad P es:

$$AlcP = 40 \times 0.10$$

$$AlcP = 4 \text{ ppmCaCO}_3$$

La formula utilizada para alcalinidad P y M es la misma. Para el cálculo del error asociado se tiene:

$$\Delta AlcP = 40 \times \Delta V_{H_2SO_4}$$

$$\Delta AlcP = 40 \times 0,05$$

$$\Delta AlcP = 2 \text{ ppmCaCO}_3$$

Entonces el resultado queda expresado de la siguiente manera:

$$Alc P = (4 \pm 2) \text{ ppmCaCO}_3$$

3.2. Cálculo de dureza total

Con los datos de volumen consumido de EDTA y aplicando el resumen de la ecuación 4.10 (Cáp. IV, sección 4.4.4) se tiene:

$$D_T = 34,2 \times 0,10$$

$$D_T = 3,42 \text{ ppmCaCO}_3$$

El error asociado a dicha formula se obtiene derivando parcialmente, entonces se tiene:

$$\Delta D_T = 34,2 \times \Delta V_{EDTA}$$

$$\Delta D_T = 34,2 \times 0,05$$

$$\Delta D_T = 1,71 \approx 2 \text{ ppmCaCO}_3$$

Quedando reportado el resultado de la siguiente manera:

$$D_T = (4 \pm 2) \text{ ppmCaCO}_3$$

4. Establecer alternativas de solución de sistemas de recuperación con el objeto de eliminar o disminuir las pérdidas de agua

4.1 Obtención del diámetro de la tubería

Para conocer el diámetro de la tubería se utiliza el anexo 2, con la finalidad conocer el flujo volumétrico en pie^3/min y la densidad del fluido de trabajo en lb/pie^3 .

El flujo volumétrico total, se obtiene al sumar los flujos correspondientes a los enjuagadores de botellas (Apéndice A, tabla A.21), el valor es de $9,18 \text{ m}^3/\text{h}$, que equivale a $5,46 \text{ pie}^3/\text{min}$.

Por otro lado, se conoce el tipo de fluido (agua), para obtener su densidad se utilizó el anexo 3, el valor correspondiente es de $997 \text{ Kg}/\text{m}^3$, que equivalen a $61,54 \text{ lb}/\text{pie}^3$. Entonces, al utilizar el nomograma se obtiene que el diámetro interno de la tubería es de 1,5 “.

Una vez obtenido el diámetro interno se procede a utilizar el anexo 4 para conocer las características de la tubería a utilizar, resultando:

- Tamaño nominal de la tubería = 1,5”
- Catálogo 80
- Diámetro exterior = 4,826 cm

4.2 Selección de la bomba del sistema de recuperación propuesto

Para la selección de la bomba fue necesario, la obtención del cabezal requerido por el sistema, a través de la ecuación de Bernoulli:

$$H_{req} = \Delta Z + (-\Delta P) + \frac{\Delta v^2}{2 * g} + h_{lt} \quad 1 \text{ (Perry, 1992)}$$

Donde:

H_{req} : Cabezal de altura requerido (m)

ΔZ : Cabezal de longitud (m)

ΔP : Cabezal de presión (m)

Δv : Cabezal de velocidad (m/s)

h_{lt} : Cabezal disponible (m)

g : Factor de conversión de Newton (9,8 kg.m/N.s²)

Siendo el cabezal de altura requerido, lo siguiente:

$$H_{req} = H_t + \left[f_d \left(\frac{L_e}{D} \right) + \sum k \right] * \frac{v^2}{2 * g} \quad 2 \text{ (Perry, 1992)}$$

Donde:

H_t : Cabezal de altura total

f_d : Factor de Darcy,

$\frac{L_e}{D}$: Longitud equivalente

k : Coeficiente de resistencia

El factor de Darcy se obtiene a través de la ecuación de Churchill:

$$f_d = \left(\frac{1}{-4 \log^* \left[0,26 * \frac{E}{D} + \left(\frac{7}{\frac{4Q\rho}{\pi * \mu * D}} \right)^2 \right] \right)} \right)^2 \quad 3 \text{ (Perry, 1992)}$$

Donde:

Q : caudal de agua

ρ : Densidad del agua

E/D : Rugosidad relativa.

Al sustituir en la ecuación (2), se tiene:

$$H_{req} = H_t + \left(\frac{1}{-4 \log^* \left[0,27 * \frac{E}{D} + \left(\frac{7}{\frac{4Q\rho}{\pi * \mu * D}} \right)^2 \right]} \right)^2 * \left(\sum \frac{L}{D} + \sum \frac{Le}{D} \right) * \left(\frac{8 * Q^2}{\pi^2 * g * D^4} \right) \quad (4)$$

Sustituyendo los valores que se muestran en las Tablas 5.29 y 5.30, para un diámetro de 1" se obtiene lo siguiente:

$$H_{req} = 4,5m + \left(\frac{1}{-4 \log^* \left[0,26 * 0,00373 + \left(\frac{7}{\frac{4 * 0,0001 \frac{m^3}{s} * 997,07 \frac{kg}{m^3}}{\pi * 0,000894 \frac{kg}{m * s} * 0,0409m}} \right)^2 \right]} \right)^2 * \left[\frac{60m}{0,04089m} + 601 \right] * \left(\frac{8 * \left(0,0001 \frac{m^3}{s} \right)^2}{\pi^2 * 9,8 \frac{m}{s^2} * (0,0409m)^4} \right)$$

Obteniendo como resultado para un diámetro de 1^{1/2}" un cabezal requerido de:

$$H_{req} = 4,50m$$

De esta manera se obtiene el resto de los valores necesarios para la obtención de la curva característica de la bomba que se requiere (Figura 5.37 Pág. V).

4.3 Obtención del cabezal neto de succión positiva (NPSH)

Para la verificación de la posibilidad de cavitación de la bomba propuesta, se obtuvo el cabezal neto de succión positiva tomando en cuenta que la ubicación de la misma se propuso por encima de la flor del líquido.

$$NPSH = \frac{Pa}{\delta} - Za - h_{LT} - \frac{Pv}{\delta} \quad 5 \text{ (Perry, 1992)}$$

Donde:

Pa = Presión de la flor del líquido

δ = Peso específico del agua

Za = Cabezal de altura

h_{LT} = Perdidas del sistema

Pv = Presión de vapor del agua

$Pa(kgf / m^2)$	$\delta(kgf / m^3)$ 25 °C	$Za(m)$	$h_{LT}(m)$	$Pv(kgf / m^2)$ 25 °C
10332,31	997,07	0,5	4,50	343,8

Sustituyendo los valores de la tabla anterior en la ecuación nº 5 se tiene:

$$NPSH = \frac{10332,31kgf / m^2}{997,07kgf / m^3} - 0,5m - 4,50m - \frac{343,8kgf / m^2}{997,07kgf / m^3}$$

$$NPSH = 5,02m$$

$$NPSH_{bomba} = 2,01m, \quad NPSH \geq NPSH_{bomba} ; \text{ La bomba no cavita.}$$

5. Análisis costo beneficio de las propuestas de los retrolavados de filtros

5.1 Obtención del porcentaje de mejora con la implementación de la propuesta.

$$\%M = \frac{Cp_{actual} - Cp_{propuesta}}{Cp_{actual}} * 100 \quad (5)$$

Donde:

$\%M$: Porcentaje de mejora de la propuesta.

Cp_{actual} : Costo de perdida actual (\$)

$Cp_{propuesta}$: Costo de pérdida propuesta. (\$)

El costo de pérdida actual de obtiene a través de:

$$Cp_{acrual} = Cp_{producto} * Pperdge \quad (6)$$

Donde:

$Cp_{producto}$: Costo de perdida por materia prima (\$) (Tabla 5.31)

$Pperdge$: Porcentaje de perdidas generadas (Tabla 5.12, Cáp. V)

Sustituyendo los valores se obtiene:

$$Cp_{acrual} = 6002,42 * 0,4194$$

$$Cp_{actual} = 2517.41\$$$

El costo de la pérdida propuesta, se obtiene a través de una relación lineal de los tiempos de retrolavado (Tabla 5.32), tal como se muestra:

$$62,5 \text{ min} \rightarrow 2517,41$$

$$45,0 \text{ min} \rightarrow Cp_{ptopuesto}$$

$$Cp_{propuesto} = 1812,53\$$$

Finalmente se obtiene:

$$\%M = \frac{2517,41 - 1812,54}{2517,41} * 100$$

$$\%M = 28,0$$

El porcentaje de mejora de la propuesta e limpiezas externas se obtiene de forma similar, pero con una relación de diámetros (Tabla 5.33).

APÉNDICE D

PROCEDIMIENTOS

1. Preparación de material para la toma de muestras

Se deben tener en cuenta los siguientes pasos:

Para análisis fisicoquímicos:

- Identificación de cada envase donde se almacenan las muestras.
- Enjuague del envase con la muestra a captar para evitar influencia de agentes contaminantes.
- Recolección de la muestra y tapado del envase para evitar contaminación del fluido.

Para análisis microbiológicos:

- Esterilizar los envases a utilizar por 20 minutos.
- Identificación de cada envase donde se almacenan las muestras.
- Limpiar con cloro y flamear el punto de muestra.
- Recolección de la muestra y tapado inmediato del envase para evitar contaminación del fluido.

2. Toma de muestra

Aplicación de la técnica del análisis correspondiente a cada una de las muestras tomadas. Realizándose cada análisis de la siguiente manera:

Alcalinidad

- Tome una muestra de 25 mL, utilizando un cilindro graduado y transfiera a una fiola de 250 mL.
- Agregar 3 gotas de indicador fenoftaleína.
- Agregar 3 gotas de solución de tiosulfato de sodio.
- Si la muestra permanece incolora la alcalinidad parcial (P) es cero. Si la muestra toma un color rosado, enrasar la bureta y titular con ácido sulfúrico 0,02 N hasta que el color desaparezca.
- A la solución anterior agregar 3 gotas de indicador mixto de rojo de metilo y verde de bromocresol, se observará una coloración azul. Titular con ácido sulfúrico

0,02 N (sin enrasar la bureta) hasta obtener un color salmón, punto final de la titulación para el análisis de alcalinidad total (M).

Dureza

- Tome una muestra de 25 ml., utilizando un cilindro graduado y transfiera a una fiola de 250 mL.

- Añada 10 gotas de solución de Buffer (solución amortiguadora).

- Agregue en poca cantidad, el indicador en polvo Negro de Eriocromo T (NET).

De existir dureza la muestra se torna se color violeta.

- Proceda a enrasar la bureta e inicie la titulación gota a gota con la solución de EDTA (ácido etilendiamintetracético) 0,0171 N, hasta observar que la muestra cambia de color violeta a color azul, momento en el cual se llega al punto final de la titulación.

pH

- Presione la tecla “O”, observará en la pantalla digital del pHmetro el valor de pH de la solución en la cual se encuentra sumergido el electrodo, espere que el valor se haga constante en la pantalla.

- Introduzca cuidadosamente el electrodo en la muestra en estudio. Recuerde verificar que los orificios del electrodo queden cubiertos por la misma y que el electrodo no debe tocar la base del envase donde se encuentra la muestra.

- Para obtener el valor de pH de la muestra en estudio espere que dicho valor se haga constante en la pantalla digital.

- Si desea obtener el valor de pH de la muestra en estudio con mayor rapidez presione la tecla “AR”, observará en la parte inferior derecha dentro de la pantalla la presencia de las siglas “AR”; posteriormente presione la tecla “RUN/ENTER” para iniciar la medición “AUTOREAD”. La medición finaliza cuando la sigla “AR” se hace constante en la pantalla; el valor obtenido constituye el pH de la muestra analizada.

- Extraiga el electrodo de la muestra en estudio. Recuerde lavarlo cuidadosamente con abundante agua y colóquelo en una solución de Cloruro de Potasio (KCl) ó agua.

- Presione la tecla “O” para apagar el instrumento.

- Registre los valores en el formato correspondiente.

Pseudomonas y coliformes

- Pesar 36,5 g de Caldo Lauril Sulfato Triptosa (CLST) en un vidrio de reloj.
- Colocar el CLST en un balón aforado de 1000 mL y enrasar con agua destilada.
- Agitar y esperar a que se disuelva todo el CLST y se obtiene la solución 1.
- Con la solución 1, se llenan 3 tubos de ensayo con 10 mL y otros 3 tubos con 9 mL, por cada muestra.
- Repetir del paso 1 al 3 pero utilizando un balón aforado de 500 mL y se obtiene la solución 2.
- Con la solución 2, se llenan 3 tubos de ensayo con 5 mL, por cada muestra.
- Se toman los 9 tubos de ensayo y se les introduce un tubo de Durham.
- Se tapa cada tubo de ensayo.
- Sacar el aire existente dentro de cada tubo de Durham.
- Tomar la muestra de agua y agregar 0,1 mL en cada tubo de ensayo que contiene 10 mL de CLST; 1 mL en los tubos que contienen 9 mL de CLST y 5 mL en los tubos que contienen 5 mL de CLST.
- Incube en la estufa las siembras preparadas en los tubos de ensayo a 35 ± 1 °C.
- Observe luego de 24 horas cada una de las siembras: para coliformes: verifique turbidez y gas; en el caso de pseudomonas: coloración verde fosforescente.
- Registre los resultados en el formato correspondiente, según la tabla 4.13 “Determinación del número más probable (NMP) por 1 gr ó mL de muestra usando una serie de tres tubos”.
- De observarse producción de gas y turbidez en los tubos de ensayo realice la prueba para determinar la presencia de coliformes siguiendo con lo descrito a continuación:
 - Inocule los tubos positivo (formación de gas) en los Caldos Lauril Sulfato Triptosa (a fin de determinar presencia de E. Coli) y Caldo Brila Verde Brillante (a fin de determinar presencia de coliformes totales).
 - Incube en la estufa las siembras en observación a 35 °C durante 24 horas.
 - Observe las siembras y de presentar turbidez y en los tubos de CLST, adicione una gota de reactivo de Kovac, si se visualiza la formación de un anillo de color rojo la prueba es positiva.

Nota: Debe presentarse ambas características (formación de un anillo de color rojo en la superficie del líquido y presencia de gas en los tubos con Caldo Brila Verde

Brillante), para determinar que la prueba es positiva y por ende existe presencia de E. Coli.

De observarse coloración verde fosforescente en la parte superior del medio de cultivo (presuntivo) proceda a:

- Inocular el presuntivo en placas que contengan Agar Cetrimide (técnica de siembra Estría) incubar a 35 ± 1 °C durante 24 horas.
- Observe y de presentar coloración verde fosforescente repórtelo como positivo, exprese los resultados en número más probable (NMP) por 1 gr. o mL.

Tabla D.1. Determinación del número más probable (NMP) por 1 gr ó mL de muestra usando una serie de tres tubos

Número de tubos positivos			NMP/gr o mL	Número de tubos positivos			NMP/gr o mL
10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}		10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}	
0	0	0	<3	3	0	2	64
0	0	1	3	3	1	0	43
0	1	0	3	3	1	1	75
1	0	0	4	3	1	2	120
1	0	1	7	3	2	0	93
1	1	0	7	3	2	1	150
1	1	1	11	3	2	2	210
1	2	0	11	3	3	0	240
2	0	0	9	3	3	1	460
2	0	1	14	3	3	2	1100
2	1	0	15	3	3	3	<2400
2	1	1	20	3			
2	2	0	21	3			
2	2	1	28	3			
3	0	0	23	3			
3	0	1	39	3			

Nota:

- Los tubos que contienen 5 mL de la muestra serán ubicados en la columna de 10^{-1} .
- Los tubos que contienen 1 mL de la muestra serán ubicados en la columna de 10^{-2} .
- Los tubos que contienen 0,1 mL de la muestra serán ubicados en la columna de 10^{-3} .

Recuento Total de Bacterias Aerobias Mesófilas

- Pesar 5,875 g de Plate Count Dextrose Agar (PCA) en un vidrio de reloj.
- Colocar el PCA en una fiola de 250 mL.
- En un cilindro graduado de 250 mL tomar esa cantidad de agua destilada.
- Agregar el agua destilada en la fiola y agitar suavemente.
- Introducir un agitador magnético en la fiola.
- Colocar la fiola sobre la plancha de calentamiento a 540 °C y agitar hasta que la solución pierda la opacidad y tenga un color brillante.
- Tomar 1 mL de la muestra de agua y colocarla en una capsula de petri previamente esterilizada.
- Agregar un poco de la solución obtenida en el paso 7 a la capsula homogeneizar esta mezcla a través de movimientos rotativos de izquierda a derecha y de derecha a izquierda, deje solidificar.
- Incubar en la estufa la placa de petri invertida a 35 ± 1 °C.
- Después de 2 días si se observan puntos indica la presencia de bacteria aerobias mesófilas y se procede a cuantificar el número de colonias presentes.

Nota: Evitar contar como colonias: partículas de muestra, pequeñas burbujas u otros. Expresar los resultados en UFC/gr ó mL.

Mohos y Levaduras

- Pesar 16,25 g de Saboraud Dextrose Agar (SDA) en un vidrio de reloj.
- Colocar el SDA en una fiola de 250 mL.
- En un cilindro graduado de 250 mL tomar esa cantidad de agua destilada.
- Agregar el agua destilada en la fiola y agitar suavemente.
- Introducir un agitador magnético en la fiola.
- Colocar la fiola sobre la plancha de calentamiento a 540 °C y agitar hasta que la solución pierda la opacidad y tenga un color brillante.
- Tomar 1 mL de la muestra de agua y colocarla en una capsula de petri previamente esterilizada y se procede a homogeneizar a través de movimientos de izquierda a derecha y de derecha a izquierda. Deje solidificar la muestra.
- Incubar en la oscuridad a una temperatura de 20 ± 5 °C.

- En un período de 3 a 5 días se observa la muestra, los puntos indica la presencia de mohos y levaduras. Se procede a cuantificar el número de colonias presentes.

APÉNDICE A

DATOS DEL PROCESO

A continuación se presentan los datos recolectados en las distintas fases de la investigación, orientados a la evaluación del proceso de manera integral y caracterización del mismo, así como la determinación de los principales puntos de mejora para la generación y establecimiento de soluciones técnico-económicas viables que permitan alcanzar los objetivos planteados.

Tabla A.1. Consumo de agua tratada por líneas de producción a distintos porcentajes de utilización de la planta AJEVEN C.A.

Consumo de agua tratada				
Línea	Contenido Neto de Producto Terminado (Litros)	Velocidad bpm	Consumo de agua (Q $\pm$ 0,1) m ³ /h	
			100% utilización	80% utilización
1	(1,50 $\pm$ 0,03)	210	17,7	14,2
2	(1,50 $\pm$ 0,03)	120	10,1	8,1
3	(3,10 $\pm$ 0,06)	109	19,0	15,2
4	(3,10 $\pm$ 0,06)	109	19,0	15,2
5	(0,50 $\pm$ 0,02)	220	6,2	5,0
7	(0,48 $\pm$ 0,02)	170	4,5	3,6
8	(3,10 $\pm$ 0,06)	130	22,7	18,1

Fuente. Mejora continua. AJEVEN C.A. 2008.

Tabla A.2. Consumo de agua suavizada a distintos porcentajes de utilización de la planta AJEVEN C.A.

Consumo de agua suave		
Equipos Auxiliares	Capacidad instalada (Q $\pm$ 0,1) m ³ /h	
	100% Utilización	80% Utilización
Torre Enfriamiento. Rodelca 2	6,2	5,0
Túnel Isotónica	5,7	4,6
Torre Enfriamiento. Mebrafe 8	3,5	2,8
Evapco 1	2,8	2,2
Evapco 2	2,8	2,2
Torre Enfriamiento. Teva 7	2,7	2,2
Torre Enfriamiento. Vilter 3	2,7	2,2
Torre Enfriamiento. Baltimore 4	2,6	2,1
Enjuagador de botellas. Línea 1	1,6	1,3
Enjuagador de botellas. Línea 8	1,2	1,0
Enjuagador de botellas. Línea 7	1,0	0,8
Torre Enfriamiento. Rodelca 1	1,0	0,8
Enjuagador de botellas. Línea 3	0,8	0,6
Enjuagador de botellas. Línea 4	0,8	0,6
Enjuagador de botellas. Línea 2	0,8	0,6

Fuente. Mejora continua. AJEVEN C.A. 2008

Tabla A.3. Resumen de producción de las líneas de operación de la planta
AJEVEN C.A.

Fecha	Subgrupo	Líneas	Sabor	Producción	
				Paletas	Botellas
01/04/2008	a.m.	1	-----	-----	-----
		2	-----	-----	-----
		3	Big Cola	33	14256
		4	Big Cola	32	13824
		5	Naranja	9	21168
		7	Tropical	17	24480
		8	Big Cola	21	9072
	p.m.	1	-----	-----	-----
		2	-----	-----	-----
		3	Cola	33	14256
		4	Cola	32	13824
		5	Naranja	9	21168
		7	Tropical	17	24480
		8	Cola	21	9072
02/04/2008	a.m.	1	-----	-----	-----
		2	-----	-----	-----
		3	Cola	27	11664
		4	Cola	34	14688
		5	Naranja	9	21168
		7	Tropical	26	37440
		8	Piña	48	20736
	p.m.	1	-----	-----	-----
		2	-----	-----	-----
		3	Cola	27	11664
		4	Cola	34	14688
		5	Naranja	9	21168
		7	Tropical	26	37440
		8	Piña	48	20736
03/04/2008	a.m.	1	-----	-----	-----
		2	-----	-----	-----
		3	Cola	29	12528
		4	Cola	30	12960
		5	Cola	7	16464
		7	Tropical	19	27360
		8	-----	-----	-----

Tiempo de estudio: 3 h

Tabla A.3 (Cont.). Resumen de producción de las líneas de operación de la planta AJEVEN C.A.

Fecha	Subgrupo	Líneas	Sabor	Producción	
				Paletas	Botellas
03/04/2008	p.m.	1	----	----	----
		2	----	----	----
		3	Cola	38	16416
		4	Cola	24	10368
		5	Cola	19	44688
		7	Tropical	30	43200
		8	----	----	----
04/04/2008	a.m.	1	----	----	----
		2	----	----	----
		3	----	----	----
		4	----	----	----
		5	Cola	8	18816
		7	Tropical	19	27360
		8	Limón	13	5616
	p.m.	1	----	----	----
		2	----	----	----
		3	----	----	----
		4	----	----	----
		5	Cola	15	35280
		7	Tropical	27	38880
		8	Limón	21	9072
07/04/2008	a.m.	1	----	----	----
		2	----	----	----
		3	Cola	24	10368
		4	Cola	30	12960
		5	----	----	----
		7	----	----	----
		8	Cola	27	11664
	p.m.	1	----	----	----
		2	----	----	----
		3	Cola	34	14688
		4	Cola	24	10368
		5	----	----	----
		7	Mandarina	12	17280
		8	Cola	23	9936

Tiempo de estudio: 3 h

Tabla A.3 (Cont.). Resumen de producción de las líneas de operación de la planta AJEVEN C.A.

Fecha	Subgrupo	Líneas	Sabor	Producción	
				Paletas	Botellas
08/04/2008	a.m.	1	-----	-----	-----
		2	-----	-----	-----
		3	Cola	17	7344
		4	Cola	22	9504
		5	-----	-----	-----
		7	Mandarina	10	14400
		8	Cola	5	2160
	p.m.	1	-----	-----	-----
		2	-----	-----	-----
		3	Cola	30	12960
		4	Cola	35	15120
		5	-----	-----	-----
		7	Mandarina	19	27360
		8	Cola	25	10800
09/04/2008	a.m.	1	Cola	34	22440
		2	-----	-----	-----
		3	Cola	26	11232
		4	Cola	28	12096
		5	-----	-----	-----
		7	Mandarina	13	18720
		8	Cola	36	15552
	p.m.	1	Cola	38	25080
		2	-----	-----	-----
		3	Cola	22	9504
		4	Cola	18	7776
		5	-----	-----	-----
		7	Mandarina	11	15840
		8	Cola	33	14256
10/04/2008	a.m.	1	Limón	34	22440
		2	-----	-----	-----
		3	-----	-----	-----
		4	-----	-----	-----
		5	-----	-----	-----
		7	Mandarina	16	23040
		8	-----	-----	-----

Tiempo de estudio: 3 h

Tabla A.3 (Cont.). Resumen de producción de las líneas de operación de la planta AJEVEN C.A.

Fecha	Subgrupo	Líneas	Sabor	Producción	
				Paletas	Botellas
10/04/2008	p.m.	1	Limón	42	27720
		2	-----	-----	-----
		3	-----	-----	-----
		4	-----	-----	-----
		5	-----	-----	-----
		7	Mandarina	22	31680
		8	-----	-----	-----
11/04/2008	a.m.	1	Limón, Piña	6, 4	6600
		2	-----	-----	-----
		3	Cola	43	18576
		4	Cola	32	13824
		5	Piña	9	21168
		7	Parchita	10	14400
		8	-----	-----	-----
	p.m.	1	Piña	41	27060
		2	-----	-----	-----
		3	Cola	21	9072
		4	Cola	19	8208
		5	Piña	11	25872
		7	-----	-----	-----
		8	-----	-----	-----
14/04/2008	a.m.	1	Cola	7	4620
		2	-----	-----	-----
		3	-----	-----	-----
		4	-----	-----	-----
		5	Cola	10	23520
		7	Tropical	19	27360
		8	-----	-----	-----
	p.m.	1	Cola	15	9900
		2	-----	-----	-----
		3	-----	-----	-----
		4	-----	-----	-----
		5	Cola	15	35280
		7	Tropical	22	31680
		8	Piña	28	12096

Tiempo de estudio: 3 h

Tabla A.3 (Cont.). Resumen de producción de las líneas de operación de la planta AJEVEN C.A.

Fecha	Subgrupo	Líneas	Sabor	Producción	
				Paletas	Botellas
15/04/2008	a.m.	1	----	----	----
		2	----	----	----
		3	----	----	----
		4	----	----	----
		5	Cola	14	32928
		7	Tropical	21	30240
		8	Piña	30	12960
	p.m.	1	----	----	----
		2	----	----	----
		3	----	----	----
		4	----	----	----
		5	Cola	24	56448
		7	Tropical	29	41760
		8	Piña	42	18144
16/04/2008	a.m.	1	----	----	----
		2	----	----	----
		3	Cola	22	9504
		4	Cola	42	18144
		5	----	----	----
		7	Tropical	19	27360
		8	Piña	47	20304
	p.m.	1	----	----	----
		2	----	----	----
		3	Cola	25	10800
		4	Cola	49	21168
		5	----	----	----
		7	Tropical	25	36000
		8	Piña	56	24192
17/04/2008	a.m.	1	----	----	----
		2	----	----	----
		3	Cola	25	10800
		4	Cola	28	12096
		5	----	----	----
		7	----	----	----
		8	Cola	29	12528

Tiempo de estudio: 3 h

Tabla A.3 (Cont.). Resumen de producción de las líneas de operación de la planta AJEVEN C.A.

Fecha	Subgrupo	Líneas	Sabor	Producción	
				Paletas	Botellas
17/04/2008	p.m.	1	----	----	----
		2	----	----	----
		3	Cola	30	12960
		4	Cola	32	13824
		5	----	----	----
		7	----	----	----
		8	Cola	37	15984
18/04/2008	a.m.	1	----	----	----
		2	----	----	----
		3	Cola	25	10800
		4	Cola	31	13392
		5	Cola	12	28224
		7	Tropical	15	21600
		8	Cola	36	15552
	p.m.	1	----	----	----
		2	----	----	----
		3	Cola	27	11664
		4	Cola	29	12528
		5	Cola	15	35280
		7	Tropical	21	30240
		8	Cola	40	17280
21/04/2008	a.m.	1	----	----	----
		2	----	----	----
		3	Cola	29	12528
		4	Cola	35	15120
		5	----	----	----
		7	Tropical	15	21600
		8	Cola	43	18576
	p.m.	1	----	----	----
		2	----	----	----
		3	Cola	32	13824
		4	Cola	40	17280
		5	----	----	----
		7	Tropical	21	30240
		8	Cola	49	21168

Tiempo de estudio: 3 h

Tabla A.4. Tiempos de operación de la bomba del pozo 1 de la planta
AJEVEN C.A. 01/04/2008

Tiempos de ciclo ($t \pm 0,01$) min

Fecha: 01/04/2008

[illegible]

Tiempo de estudio: 3 h

Tiempos de ciclo ($t \pm 0,01$) minTiempo de estudio: 3 h

Tabla A.6. Tiempos de operación de la bomba del pozo 1 de la planta
AJEVEN C.A. 03/04/2008

Tiempos de ciclo ($t \pm 0,01$) min			
Fecha: 03/04/2008			
1ª Corrida		2ª Corrida	
Encendido	Apagado	Encendido	Apagado
0,00	1,16	0,00	8,57
1,44	17,45	11,02	11,49
19,00	20,35	12,35	14,18
21,20	22,41	16,24	17,12
24,10	36,22	19,11	20,28
38,07	39,05	21,57	22,40
40,36	41,36	24,20	30,36
42,25	44,05	31,30	35,19
44,52	46,40	38,52	40,15
47,28	48,11	43,00	43,45
49,51	51,13	47,07	47,43
52,07	54,00	50,05	50,48
55,09	56,02	55,25	56,44
57,28	65,48	57,29	60,54
66,36	69,12	61,45	68,42
69,58	71,50	69,25	71,13
73,38	74,18	71,50	73,42
75,18	77,10	74,32	76,14
77,55	80,51	76,58	79,01
81,34	83,35	79,52	81,12
84,44	87,14	82,34	84,06
87,55	104,49	86,24	87,05
105,36	107,29	89,20	96,50
109,14	110,51	97,19	99,22
111,40	113,32	100,12	101,54
114,12	116,06	102,34	104,40
116,51	117,35	105,28	107,20
118,57	130,00	108,08	114,58
131,29	133,57	117,21	118,05
134,32	139,26	118,55	120,22
140,26	141,56	121,12	122,54
142,41	144,36	123,45	124,55
145,25	147,04	125,40	126,33
147,45	156,35	127,58	129,20
157,14	171,48	130,13	155,14
172,55	174,49	156,12	158,17
176,20	177,00	159,06	161,12
-----	-----	161,56	172,04
-----	-----	172,56	174,47
-----	-----	175,40	176,52
-----	-----	178,07	179,51
-----	-----	-----	-----
-----	-----	-----	-----

Tiempo de estudio: 3 h

Tabla A.7. Tiempos de operación de la bomba del pozo 1 de la planta
AJEVEN C.A. 04/04/2008

Tiempos de ciclo ($t \pm 0,01$) min			
Fecha: 04/04/2008			
1ª Corrida		2ª Corrida	
Encendido	Apagado	Encendido	Apagado
-----	0,00	0,00	5,23
0,49	2,22	6,52	8,02
3,17	4,45	9,15	15,42
5,28	21,28	16,32	19,20
23,44	24,31	20,35	22,56
26,47	27,39	24,06	26,34
30,13	30,54	27,55	29,37
32,58	33,38	31,12	35,45
35,37	36,20	36,40	100,32
38,36	39,46	102,03	115,14
39,52	41,52	117,02	121,57
42,32	44,25	123,45	138,46
45,10	86,36	139,32	142,56
88,30	89,23	144,15	160,42
91,24	92,59	162,21	165,56
94,59	95,45	167,01	169,35
97,30	99,19	171,13	175,02
100,00	100,50	176,58	180,00
102,17	104,05	-----	-----
104,46	112,21	-----	-----
113,05	118,25	-----	-----
120,29	122,07	-----	-----
122,56	124,35	-----	-----
125,28	128,17	-----	-----
129,04	131,22	-----	-----
132,12	133,55	-----	-----
135,16	136,34	-----	-----
139,25	140,05	-----	-----
142,15	143,05	-----	-----
144,45	146,11	-----	-----
148,47	149,33	-----	-----
152,14	153,45	-----	-----
154,34	156,32	-----	-----
157,22	159,01	-----	-----
159,45	161,18	-----	-----
162,00	163,58	-----	-----
164,48	180,00	-----	-----
-----	-----	-----	-----
-----	-----	-----	-----
-----	-----	-----	-----
-----	-----	-----	-----
-----	-----	-----	-----
-----	-----	-----	-----

Tiempo de estudio: 3 h

Tabla A.8. Tiempos de operación de la bomba del pozo 1 de la planta
AJEVEN C.A. 07/04/2008

[illegible]

Tiempo de estudio: 3 h

Tabla A.9. Tiempos de operación de la bomba del pozo 1 de la planta
AJEVEN C.A. 08/04/2008

Tiempos de ciclo ($t \pm 0,01$) min			
Fecha: 08/04/2008			
1ª Corrida		2ª Corrida	
Encendido	Apagado	Encendido	Apagado
0	2,05	0,00	8,03
2,53	4,43	8,50	10,12
5,32	20,45	11,04	11,48
21,37	23,29	12,21	13,18
24,26	26,09	15,55	16,39
26,56	29,57	18,04	26,53
30,54	32,35	27,48	29,25
33,42	34,13	30,18	31,09
35,57	36,42	33,28	34,27
39,09	39,49	35,11	36,24
42,00	42,46	37,31	38,38
43,51	45,56	41,37	83,56
46,22	50,05	86,01	126,22
50,56	53,09	127,44	129,33
53,51	56,24	130,30	132,06
57,16	60,36	133,26	135,31
62,00	63,20	136,07	166,28
64,05	65,18	167,15	170,13
65,46	67,23	171,05	180,00
68,12	69,07	-----	-----
70,39	72,15	-----	-----
73,07	74,15	-----	-----
74,52	119,57	-----	-----
120,52	122,47	-----	-----
123,18	138,36	-----	-----
147,29	150,00	-----	-----
150,40	153,34	-----	-----
154,49	155,58	-----	-----
157,13	158,18	-----	-----
159,30	160,36	-----	-----
161,43	162,45	-----	-----
163,53	165,11	-----	-----
165,44	175,05	-----	-----
175,41	180,00	-----	-----
-----	-----	-----	-----
-----	-----	-----	-----
-----	-----	-----	-----
-----	-----	-----	-----
-----	-----	-----	-----
-----	-----	-----	-----
-----	-----	-----	-----
-----	-----	-----	-----
-----	-----	-----	-----

Tiempo de estudio: 3 h

Tabla A.10. Tiempos de operación de la bomba del pozo 1 de la planta
AJEVEN C.A. 09/04/2008

Tiempos de ciclo ($t \pm 0,01$) min			
Fecha: 09/04/2008			
1ª Corrida		2ª Corrida	
Encendido	Apagado	Encendido	Apagado
0,00	180,00	0,00	4,55
-----	-----	5,51	7,19
-----	-----	8,11	9,24
-----	-----	10,07	11,28
-----	-----	12,18	13,58
-----	-----	15,05	16,16
-----	-----	19,51	20,29
-----	-----	24,31	25,08
-----	-----	27,16	28,28
-----	-----	28,58	31,33
-----	-----	32,20	34,58
-----	-----	35,46	42,15
-----	-----	43,05	45,09
-----	-----	45,45	46,40
-----	-----	48,39	52,48
-----	-----	53,51	55,13
-----	-----	56,15	60,26
-----	-----	61,27	62,58
-----	-----	63,48	78,11
-----	-----	79,22	80,51
-----	-----	81,47	83,04
-----	-----	83,51	85,07
-----	-----	85,39	108,11
-----	-----	108,58	110,14
-----	-----	112,12	113,05
-----	-----	115,26	116,16
-----	-----	118,20	119,09
-----	-----	120,15	120,29
-----	-----	123,14	125,19
-----	-----	126,01	126,15
-----	-----	146,54	162,55
-----	-----	163,42	166,12
-----	-----	166,48	180,00
-----	-----	-----	-----
-----	-----	-----	-----
-----	-----	-----	-----
-----	-----	-----	-----
-----	-----	-----	-----
-----	-----	-----	-----
-----	-----	-----	-----
-----	-----	-----	-----
-----	-----	-----	-----

Tiempo de estudio: 3 h

Tiempos de ciclo ($t \pm 0,01$) min

Fecha: 10/04/2008

[illegible]

Tiempo de estudio: 3 h

Tabla A.12. Tiempos de operación de la bomba del pozo 1 de la planta
AJEVEN C.A. 11/04/2008

Tiempos de ciclo ($t \pm 0,01$) min			
Fecha: 11/04/2008			
1ª Corrida		2ª Corrida	
Encendido	Apagado	Encendido	Apagado
0,00	1,20	0,00	2,24
2,03	3,31	3,25	12,06
4,24	5,54	13,04	19,08
6,49	9,33	20,05	22,08
10,20	12,06	22,42	25,45
12,41	25,57	26,46	28,16
26,46	28,46	29,12	30,45
29,30	31,13	31,38	32,49
31,56	89,18	33,35	34,47
90,57	91,49	35,40	40,03
92,39	109,10	40,56	42,24
109,43	113,36	43,25	44,26
114,18	123,22	45,10	46,20
124,06	125,54	47,12	48,31
127,05	128,49	49,26	50,56
129,40	131,31	51,29	72,50
132,08	147,17	73,30	75,01
147,37	165,47	76,04	82,34
166,38	174,59	83,31	84,51
175,41	180,00	86,07	91,14
-----	-----	92,10	93,32
-----	-----	94,23	101,14
-----	-----	101,43	107,29
-----	-----	108,21	109,55
-----	-----	110,48	112,16
-----	-----	113,06	114,30
-----	-----	115,16	116,38
-----	-----	117,24	131,07
-----	-----	131,56	133,27
-----	-----	134,16	135,47
-----	-----	136,38	138,00
-----	-----	138,49	140,13
-----	-----	141,04	142,08
-----	-----	145,23	146,05
-----	-----	149,05	149,43
-----	-----	152,21	153,19
-----	-----	154,14	155,30
-----	-----	156,10	176,23
-----	-----	177,08	179,15
-----	-----	179,53	180,00
-----	-----	-----	-----
-----	-----	-----	-----
-----	-----	-----	-----
-----	-----	-----	-----

Tiempo de estudio: 3 h

Tabla A.13. Tiempos de operación de la bomba del pozo 1 de la planta
AJEVEN C.A. 14/04/2008

Tiempos de ciclo ($t \pm 0,01$) min			
Fecha: 14/04/2008			
1ª Corrida		2ª Corrida	
Encendido	Apagado	Encendido	Apagado
0,00	0,29	0,00	2,00
1,27	3,04	2,32	5,25
4,03	5,45	13,00	20,08
6,31	7,24	20,10	22,08
9,15	9,47	22,42	25,45
10,55	11,41	26,46	28,16
13,24	14,09	29,12	30,45
15,24	18,01	31,38	32,49
18,34	20,21	33,35	34,47
20,56	25,24	35,40	40,03
26,26	27,49	40,56	42,24
28,48	30,04	43,25	44,26
31,16	32,17	45,10	46,20
33,22	34,24	47,12	48,31
35,22	36,25	49,26	50,56
37,33	38,36	51,29	101,29
39,44	40,45	101,50	135,48
41,47	42,31	135,59	145,20
43,16	44,09	150,30	155,51
45,07	46,05	156,58	160,32
46,58	47,57	162,25	165,00
49,09	54,20	167,45	169,32
54,51	60,35	170,01	172,25
61,42	62,43	172,58	177,32
64,06	64,53	178,00	180,00
65,57	66,55	-----	-----
68,17	69,04	-----	-----
70,34	72,04	-----	-----
72,47	88,34	-----	-----
90,39	91,29	-----	-----
93,44	94,29	-----	-----
96,24	97,02	-----	-----
98,57	99,44	-----	-----
101,58	102,35	-----	-----
104,15	104,50	-----	-----
106,15	108,13	-----	-----
109,20	114,47	-----	-----
115,25	118,28	-----	-----
119,46	120,43	-----	-----
121,55	122,55	-----	-----
124,60	125,01	-----	-----
126,10	126,53	-----	-----
127,45	128,46	-----	-----
130,00	130,49	-----	-----

Tiempo de estudio: 3 h

Tiempos de ciclo ($t \pm 0,01$) min
Fecha: 14/04/2008

Tiempo de estudio: 3 h

Tabla A.14. Tiempos de operación de la bomba del pozo 1 de la planta
AJEVEN C.A. 15/04/2008

Tiempos de ciclo ($t \pm 0,01$) min			
Fecha: 15/04/2008			
1ª Corrida		2ª Corrida	
Encendido	Apagado	Encendido	Apagado
0,00	1,18	0,00	24,28
1,55	3,36	25,36	28,45
4,22	6,06	29,36	31,22
6,56	16,30	33,02	48,52
18,37	19,27	49,15	62,34
21,22	22,01	63,20	65,13
23,22	24,10	67,19	72,54
25,37	27,11	74,08	78,19
28,03	29,59	79,25	91,23
30,49	32,31	93,01	95,23
33,15	35,04	96,56	102,32
35,54	37,29	104,05	112,23
38,10	82,50	114,22	116,02
83,23	96,59	117,55	138,56
97,39	100,09	140,01	145,42
100,46	103,07	147,03	162,32
103,45	105,49	164,15	171,12
106,30	123,10	172,35	174,54
125,10	125,47	176,02	180,00
127,02	127,45	-----	-----
129,22	130,03	-----	-----
131,31	132,12	-----	-----
133,52	134,39	-----	-----
135,31	138,05	-----	-----
138,48	141,38	-----	-----
142,20	152,03	-----	-----
153,05	153,47	-----	-----
155,34	157,03	-----	-----
158,01	159,10	-----	-----
159,57	161,16	-----	-----
162,08	163,34	-----	-----
164,29	165,50	-----	-----
166,49	167,32	-----	-----
169,51	170,23	-----	-----
171,56	173,46	-----	-----
174,35	176,19	-----	-----
177,02	180,00	-----	-----
-----	-----	-----	-----
-----	-----	-----	-----
-----	-----	-----	-----
-----	-----	-----	-----
-----	-----	-----	-----
-----	-----	-----	-----
-----	-----	-----	-----
-----	-----	-----	-----

Tiempo de estudio: 3 h

Tabla A.15. Tiempos de operación de la bomba del pozo 1 de la planta
AJEVEN C.A. 16/04/2008

Tiempos de ciclo ($t \pm 0,01$) min			
Fecha: 16/04/2008			
1ª Corrida		2ª Corrida	
Encendido	Apagado	Encendido	Apagado
0,00	180,00	0,00	80,52
-----	-----	81,45	125,52
-----	-----	127,02	180,00

Tiempo de estudio: 3 h

Tabla A.16. Tiempos de operación de la bomba del pozo 1 de la planta
AJEVEN C.A. 17/04/2008

Tiempos de ciclo ($t \pm 0,01$) min			
Fecha: 17/04/2008			
1ª Corrida		2ª Corrida	
Encendido	Apagado	Encendido	Apagado
0,00	2,18	0,00	2,05
3,05	5,16	3,15	15,36
6,56	7,45	16,49	25,45
8,32	15,25	27,30	28,,58
17,09	29,39	30,12	35,41
30,35	33,06	37,01	37,58
35,19	48,25	39,13	40,22
49,48	53,44	41,34	43,27
55,20	69,21	45,02	62,28
71,44	78,14	63,35	65,54
79,55	85,40	67,12	82,47
87,58	95,35	83,25	88,43
96,46	125,44	90,14	93,36
127,02	145,50	94,35	98,29
147,34	162,41	100,02	103,46
164,28	180,00	105,18	112,13
-----	-----	114,47	117,29
-----	-----	119,08	127,51
-----	-----	130,11	148,56
-----	-----	149,54	163,21
-----	-----	165,10	167,58
-----	-----	169,28	180,00
-----	-----	149,54	163,21
-----	-----	165,10	167,58
-----	-----	169,28	180,00
-----	-----	-----	-----
-----	-----	-----	-----
-----	-----	-----	-----
-----	-----	-----	-----

Tiempo de estudio: 3 h

Tabla a.17. Tiempos de operación de la bomba del pozo 1 de la planta
AJEVEN C.A. 18/04/2008

Tiempos de ciclo (t ± 0,01) min			
Fecha: 18/04/2008			
1ª Corrida		2ª Corrida	
Encendido	Apagado	Encendido	Apagado
0,00	1,45	0,00	2,06
2,56	5,12	2,56	4,48
7,14	9,08	5,32	10,25
10,49	52,37	11,43	15,32
54,55	120,40	17,23	52,37
122,01	125,23	54,49	71,02
127,32	131,13	73,12	75,31
133,33	145,17	76,59	79,49
147,29	153,21	81,33	120,24
154,19	163,41	122,17	124,38
164,48	170,02	126,08	133,21
171,52	173,44	134,52	165,55
174,56	176,43	167,03	168,59
178,02	180,00	171,22	175,32
-----	-----	176,42	180,00

Tiempo de estudio: 3 h

Tabla A.18. Tiempos de operación de la bomba del pozo 1 de la planta
AJEVEN C.A. 21/04/2008

Tiempos de ciclo (t ± 0,01) min			
Fecha: 21/04/2008			
1ª Corrida		2ª Corrida	
Encendido	Apagado	Encendido	Apagado
0,00	180,00	0,00	12,53
-----	-----	14,01	25,36
-----	-----	27,25	65,32
-----	-----	67,47	75,14
-----	-----	76,52	120,32
-----	-----	122,10	126,47
-----	-----	127,59	136,36
-----	-----	138,04	145,29
-----	-----	147,11	163,20
-----	-----	165,35	180,00
-----	-----	-----	-----
-----	-----	-----	-----
-----	-----	-----	-----
-----	-----	-----	-----
-----	-----	-----	-----
-----	-----	-----	-----
-----	-----	-----	-----

Tiempo de estudio: 3 h

Tabla A.19. Resumen de observaciones realizadas el periodo de medición

Fecha	subgrupo	Observaciones
01/04/2008	a.m.	-Pruebas en la nueva línea de producción. Limpieza por 40 min. -Fuga en la tubería del filtro de arena, de la batería nº 1. Planta de agua. -Operativa, solo tres líneas de producción. -Tiempo de duración de retrolavado de 60 minuto. -Tiempo de regeneración de suavizadores de 40 minutos.
	p.m.	-Pruebas en la nueva línea de producción. Limpieza por 40 min -Fuga en la tubería del filtro de arena, de la batería nº 1. Planta de agua. -Operativa, solo tres líneas de producción. -Enjuagadores de la líneas 1 y 2 inoperativos.
02/04/2008	a.m.	-Tiempo de duración de retrolavado de 40 minuto. -Tiempo de regeneración de suavizadores de 40 minutos. - Enjuagadores de la líneas 1 y 2 inoperativos.
	p.m.	
03/04/2008	a.m.	-Tiempo de duración de retrolavado de 80 minuto. -Tiempo de regeneración de suavizadores de 60 minutos.
	p.m.	
04/04/2008	a.m.	-Tiempo de duración de retrolavado de 80 minuto. -Tiempo de regeneración de suavizadores de 60 minutos.
	p.m.	-Tiempo de duración de retrolavado de 110 minuto.
07/04/2008	a.m.	-Tiempo de duración de retrolavado de 80 minuto. -Tiempo de regeneración de suavizadores de 60 minutos.
	p.m.	-Tiempo de duración de retrolavado de 70 minuto.
08/04/2008	a.m.	-Tiempo de duración de retrolavado de 80 minuto. -Tiempo de regeneración de suavizadores de 60 minutos.
	p.m.	-Tiempo de duración de retrolavado de 60 minuto.
09/04/2008	a.m.	-Tiempo de duración de retrolavado de 40 minuto. -Tiempo de regeneración de suavizadores de 40 minutos.
	p.m.	-Tiempo de duración de retrolavado de 30 minuto.
10/04/2008	a.m.	-Fuga en la tubería del filtro de arena, de la batería nº 1. Planta de agua -Pruebas en la nueva línea de producción. Limpieza por 50 min. -Retrolavado del filtro de carbón a tapa abierta. Duración 4 horas. - Operativa, solo dos líneas de producción.
	p.m.	-Fuga en la tubería del filtro de arena, de la batería nº 1. Planta de agua -Operativa, solo dos líneas de producción.
11/04/2008	a.m.	-Tiempo de duración de retrolavado de 50 minuto. -Tiempo de regeneración de suavizadores de 50 minutos.
	p.m.	-Tiempo de duración de retrolavado de 50 minuto.
14/04/2008	a.m.	-Fuga en la tubería del filtro de arena, de la batería nº 1. Planta de agua -Limpiezas de las líneas de producción 3 y 4. -Operativa, solo tres líneas de producción.
	p.m.	-Fuga en la tubería del filtro de arena, de la batería nº 1. Planta de agua -Operativa, solo cuatro líneas de producción.
15/04/2008	a.m.	-Tiempo de duración de retrolavado de 80 minuto. -Tiempo de regeneración de suavizadores de 60 minutos.
	p.m.	-Tiempo de duración de retrolavado de 75 minuto.
16/04/2008	a.m.	-Tiempo de duración de retrolavado de 40 minuto. -Tiempo de regeneración de suavizadores de 40 minutos.
	p.m.	-Tiempo de duración de retrolavado de 40 minuto.

Tabla A.19 (cont.). Resumen de observaciones realizadas el periodo de medición

Fecha	subgrupo	Observaciones
17/04/2008	a.m.	-Tiempo de duración de retrolavado de 80 minuto. -Tiempo de regeneración de suavizadores de 50 minutos.
	p.m.	-Tiempo de duración de retrolavado de 40 minuto.
18/04/2008	a.m.	-Tiempo de duración de retrolavado de 40 minuto.
	p.m.	-Tiempo de duración de retrolavado de 40 minuto.
21/04/2008	a.m.	-Tiempo de duración de retrolavado de 50 minuto. -Tiempo de regeneración de suavizadores de 60 minutos.
	p.m.	-Tiempo de duración de retrolavado de 30 minuto.

Tabla A.20. Características de la bomba de agua de los pozos disponibles en la planta AJEVEN C.A.

Pozo	Potencia de la bomba (hp)	Etapas de succión	Nivel de succión (N $\pm$ 0,01) m	Caudal de Bombeo (Q $\pm$ 0,2) m ³ /h
1	40	7	96,00	79,2
2	30	3	75,00	64,8

Fuente. Mejora continua. AJEVEN C.A. 2008

Tabla A. 21. Consumos de los distintos equipos pertenecientes al proceso de bebidas gaseosas de la planta AJEVEN C.A.

Equipo	Caudal Diseño (m³/h)	Caudal Real (m³/h)
Retrolavado de filtros	79,56	79,56
Limpieza Externa	11,50	27,65
Torre de enfriamiento RODELCA 2	6,19	4,26
Enjuagador de Botellas. Línea 8	1,41	1,36
Torre de enfriamiento MEBRAFE. 8	3,47	2,47
Torre de enfriamiento RODELCA 1	1,00	1,99
Regeneración de suavizadores	4,50	4,50
Torre de enfriamiento EVAPCO 2	2,77	1,81
Torre de enfriamiento BALTIMORE 4	2,64	1,79
Torre de enfriamiento VILTER 3	2,70	1,71
Torre de enfriamiento EVAPCO 1	2,77	1,84
Enjuagador de Botellas. Línea 1	2,27	0,70
Enjuagador de Botellas. Línea 7	1,84	0,35
Enjuagador de Botellas. Línea 3	1,18	0,18
Enjuagador de Botellas. Línea 4	1,18	0,18
Enjuagador de Botellas. Línea 2	1,30	0,40
Torre de enfriamiento TEVA 7	2,72	1,82

Fuente: Mejora Continua. AJEVEN C.A. 2008

Tabla A.22. Volumen gastado para el cálculo de los parámetros fisicoquímicos del agua de interés

Equipo	Pto de muestra	V _{EDTA} gastado (V ± 0,05) mL	V _{H₂SO₄} gastado (V ± 0,05) mL	V _{H₂SO₄} gastado (V ± 0,05) mL	pH (pH ± 0,001) adim	Olor	Color
Enjuagador de Botellas 1	1	0.50	0.50	6.30	7.875	Inodoro	Incoloro
	2	0.50	0.20	6.20	8.504	Inodoro	Incoloro
Enjuagador de Botellas 2	1	0.00	0.20	6.30	8.087	Inodoro	Incoloro
	2	0.20	0.40	6.20	8.289	Inodoro	Incoloro
Enjuagador de Botellas 3	1	0.90	0.00	6.40	7.869	Inodoro	Incoloro
	2	0.40	0.30	6.50	8.255	Inodoro	Incoloro
Enjuagador de Botellas 4	1	0.50	0.00	6.30	8.029	Inodoro	Incoloro
	2	0.50	0.30	6.30	8.317	Inodoro	Incoloro
Enjuagador de Botellas 7	1						
	2						
Enjuagador de Botellas 8	1	0.20	0.10	6.30	7.888	Inodoro	Incoloro
	2	0.10	0.10	6.10	8.021	Inodoro	Incoloro
Suavizador 1	3						
Suavizador 2	3	0.30	0.00	6.00	7.980	Inodoro	Incoloro
Suavizador 3	3	0.50	0.10	6.70	8.366	Inodoro	Incoloro
Suavizador 4	3						

Fecha: 06-02-08

Turno: a.m.

1: Salida de los enjuagadores de botellas

2: Salida de las bandejas

3: Salida de los suavizadores

Tabla A.22. (Cont.). Volumen gastado para el cálculo de los parámetros fisicoquímicos del agua de interés

Equipo	Pto de muestra	V _{EDTA} gastado (V ± 0,05) mL	V _{H₂SO₄} gastado (V ± 0,05) mL	V _{H₂SO₄} gastado (V ± 0,05) mL	pH (pH ± 0,001) adim	Olor	Color
Enjuagador de Botellas 1	1	0.20	0.10	6.00	8.390	Inodoro	Incoloro
	2	0.10	0.10	8.50	7.736	Inodoro	Incoloro
Enjuagador de Botellas 2	1	0.10	0.10	6.00	8.352	Inodoro	Incoloro
	2	0.10	0.10	6.40	8.511	Inodoro	Incoloro
Enjuagador de Botellas 3	1	0.10	0.10	6.30	7.980	Inodoro	Incoloro
	2	0.10	0.10	6.50	8.151	Inodoro	Incoloro
Enjuagador de Botellas 4	1	0.10	0.10	6.30	7.210	Inodoro	Incoloro
	2	0.10	0.10	6.20	8.105	Inodoro	Incoloro
Enjuagador de Botellas 7	1						
	2						
Enjuagador de Botellas 8	1	0.10	0.10	6.50	7.811	Inodoro	Incoloro
	2	0.10	0.10	6.70	8.013	Inodoro	Incoloro
Suavizador 1	3						
Suavizador 2	3	0.00	0.10	6.20	7.801	Inodoro	Incoloro
Suavizador 3	3	0.00	0.20	6.10	8.001	Inodoro	Incoloro
Suavizador 4	3						

Fecha: 06-02-08

Turno: p.m.

1: Salida de los enjuagadores de botellas

2: Salida de las bandejas

3: Salida de los suavizadores

Tabla A.22. (Cont.). Volumen gastado para el cálculo de los parámetros fisicoquímicos del agua de interés

Equipo	Pto de muestra	V _{EDTA} gastado (V ± 0,05) mL	V _{H₂SO₄} gastado (V ± 0,05) mL	V _{H₂SO₄} gastado (V ± 0,05) mL	pH (pH ± 0,001) adim	Olor	Color
Enjuagador de Botellas 1	1	0.20	0.00	6.30	7.948	Inodoro	Incoloro
	2	0.20	0.10	6.20	8.065	Inodoro	Incoloro
Enjuagador de Botellas 2	1	0.10	0.00	6.20	7.789	Inodoro	Incoloro
	2	0.10	0.20	6.20	8.168	Inodoro	Incoloro
Enjuagador de Botellas 3	1	0.20	0.00	6.20	7.923	Inodoro	Incoloro
	2	0.30	0.00	6.50	8.222	Inodoro	Incoloro
Enjuagador de Botellas 4	1	0.10	0.20	6.40	8.165	Inodoro	Incoloro
	2	0.20	0.30	6.60	8.321	Inodoro	Incoloro
Enjuagador de Botellas 7	1						
	2						
Enjuagador de Botellas 8	1						
	2						
Suavizador 1	3	0.20	0.10	6.10	7.959	Inodoro	Incoloro
Suavizador 2	3						
Suavizador 3	3						
Suavizador 4	3	0.30	0.20	6.20	8.324	Inodoro	Incoloro

Fecha: 07-02-08

Turno: a.m.

1: Salida de los enjuagadores de botellas

2: Salida de las bandejas

3: Salida de los suavizadores

Tabla A.22. (Cont.). Volumen gastado para el cálculo de los parámetros fisicoquímicos del agua de interés

Equipo	Pto de muestra	V _{EDTA} gastado (V ± 0,05) mL	V _{H₂SO₄} gastado (V ± 0,05) mL	V _{H₂SO₄} gastado (V ± 0,05) mL	pH (pH ± 0,001) adim	Olor	Color
Enjuagador de Botellas 1	1	0.20	0.40	6.50	7.838	Inodoro	Incoloro
	2	0.40	1.10	6.70	8.445	Inodoro	Incoloro
Enjuagador de Botellas 2	1	0.50	1.10	6.80	8.125	Inodoro	Incoloro
	2	0.70	1.30	7.10	8.294	Inodoro	Incoloro
Enjuagador de Botellas 3	1	0.30	0.50	7.20	8.308	Inodoro	Incoloro
	2	0.70	1.00	6.50	8.577	Inodoro	Incoloro
Enjuagador de Botellas 4	1	0.30	2.00	6.90	8.328	Inodoro	Incoloro
	2	0.30	2.00	7.50	8.200	Inodoro	Incoloro
Enjuagador de Botellas 7	1						
	2						
Enjuagador de Botellas 8	1	0.20	0.40	6.40	8.476	Inodoro	Incoloro
	2	0.20	0.70	6.40	8.094	Inodoro	Incoloro
Suavizador 1	3						
Suavizador 2	3	0.10	0.20	6.20	7.055	Inodoro	Incoloro
Suavizador 3	3	0.00	0.20	6.30	7.569	Inodoro	Incoloro
Suavizador 4	3						

Fecha: 07-02-08

Turno: p.m.

1: Salida de los enjuagadores de botellas

2: Salida de las bandejas

3: Salida de los suavizadores

Tabla A.22. (Cont.). Volumen gastado para el cálculo de los parámetros fisicoquímicos del agua de interés

Equipo	Pto de muestra	V _{EDTA} gastado (V ± 0,05) mL	V _{H₂SO₄} gastado (V ± 0,05) mL	V _{H₂SO₄} gastado (V ± 0,05) mL	pH (pH ± 0,001) adim	Olor	Color
Enjuagador de Botellas 1	1	0.10	0.00	5.90	8.279	Inodoro	Incoloro
	2	0.20	0.00	6.10	8.434	Inodoro	Incoloro
Enjuagador de Botellas 2	1	0.10	0.10	6.20	8.161	Inodoro	Incoloro
	2	0.20	0.30	6.00	8.606	Inodoro	Incoloro
Enjuagador de Botellas 3	1	0.10	0.10	6.20	7.755	Inodoro	Incoloro
	2	0.20	0.30	6.40	8.677	Inodoro	Incoloro
Enjuagador de Botellas 4	1						
	2						
Enjuagador de Botellas 7	1	0.10	0.10	6.20	7.910	Inodoro	Incoloro
	2	0.10	0.10	6.30	8.240	Inodoro	Incoloro
Enjuagador de Botellas 8	1	0.20	0.20	6.30	7.950	Inodoro	Incoloro
	2	0.20	0.30	6.60	8.697	Inodoro	Incoloro
Suavizador 1	3						
Suavizador 2	3	0.10	0.00	6.70	7.645	Inodoro	Incoloro
Suavizador 3	3						
Suavizador 4	3	0.20	0.30	6.50	8.212	Inodoro	Incoloro

Fecha: 08-02-08

Turno: a.m.

1: Salida de los enjuagadores de botellas

2: Salida de las bandejas

3: Salida de los suavizadores

Tabla A.22. (Cont.). Volumen gastado para el cálculo de los parámetros fisicoquímicos del agua de interés

Equipo	Pto de muestra	V _{EDTA} gastado (V ± 0,05) mL	V _{H₂SO₄} gastado (V ± 0,05) mL	V _{H₂SO₄} gastado (V ± 0,05) mL	pH (pH ± 0,001) adim	Olor	Color
Enjuagador de Botellas 1	1	0.00	0.60	6.30	7.750	Inodoro	Incoloro
	2	0.20	0.50	6.40	7.873	Inodoro	Incoloro
Enjuagador de Botellas 2	1	0.40	0.60	6.70	7.590	Inodoro	Incoloro
	2	0.40	0.40	6.10	8.206	Inodoro	Incoloro
Enjuagador de Botellas 3	1	0.40	0.40	6.40	8.018	Inodoro	Incoloro
	2	0.30	0.50	6.30	8.222	Inodoro	Incoloro
Enjuagador de Botellas 4	1	0.30	0.40	5.20	7.890	Inodoro	Incoloro
	2	0.30	0.40	5.30	7.989	Inodoro	Incoloro
Enjuagador de Botellas 7	1						
	2						
Enjuagador de Botellas 8	1	0.40	0.30	6.60	7.863	Inodoro	Incoloro
	2	0.40	0.50	6.40	8.160	Inodoro	Incoloro
Suavizador 1	3						
Suavizador 2	3	0.60	0.80	6.90	7.903	Inodoro	Incoloro
Suavizador 3	3						
Suavizador 4	3	0.40	0.60	6.70	7.724	Inodoro	Incoloro

Fecha: 08-02-08

Turno: p.m.

1: Salida de los enjuagadores de botellas

2: Salida de las bandejas

3: Salida de los suavizadores

Tabla A.22. (Cont.). Volumen gastado para el cálculo de los parámetros fisicoquímicos del agua de interés

Equipo	Pto de muestra	V _{EDTA} gastado (V ± 0,05) mL	V _{H₂SO₄} gastado (V ± 0,05) mL	V _{H₂SO₄} gastado (V ± 0,05) mL	pH (pH ± 0,001) adim	Olor	Color
Enjuagador de Botellas 1	1	0.30	0.00	6.20	7.919	Inodoro	Incoloro
	2	0.40	0.00	6.30	8.191	Inodoro	Incoloro
Enjuagador de Botellas 2	1						
	2						
Enjuagador de Botellas 3	1	0.20	0.10	6.10	7.774	Inodoro	Incoloro
	2	0.30	0.20	6.20	8.386	Inodoro	Incoloro
Enjuagador de Botellas 4	1						
	2						
Enjuagador de Botellas 7	1	0.60	0.10	6.10	7.807	Inodoro	Incoloro
	2	0.70	0.20	6.30	7.836	Inodoro	Incoloro
Enjuagador de Botellas 8	1	0.10	0.20	6.40	7.952	Inodoro	Incoloro
	2	0.20	0.10	6.30	8.140	Inodoro	Incoloro
Suavizador 1	3	0.10	0.00	6.20	7.744	Inodoro	Incoloro
Suavizador 2	3						
Suavizador 3	3	0.10	0.20	6.30	7.880	Inodoro	Incoloro
Suavizador 4	3						

Fecha: 11-02-08

Turno: a.m.

1: Salida de los enjuagadores de botellas

2: Salida de las bandejas

3: Salida de los suavizadores

Tabla A.22. (Cont.). Volumen gastado para el cálculo de los parámetros fisicoquímicos del agua de interés

Equipo	Pto de muestra	V _{EDTA} gastado (V ± 0,05) mL	V _{H₂SO₄} gastado (V ± 0,05) mL	V _{H₂SO₄} gastado (V ± 0,05) mL	pH (pH ± 0,001) adim	Olor	Color
Enjuagador de Botellas 1	1	0,30	0,30	6,20	7,750	Inodoro	Incoloro
	2	0,40	0,80	6,50	7,691	Inodoro	Incoloro
Enjuagador de Botellas 2	1	0,40	0,30	6,40	7,683	Inodoro	Incoloro
	2	0,30	0,40	6,90	7,792	Inodoro	Incoloro
Enjuagador de Botellas 3	1						
	2						
Enjuagador de Botellas 4	1						
	2						
Enjuagador de Botellas 7	1						
	2						
Enjuagador de Botellas 8	1	0,20	0,30	6,20	7,821	Inodoro	Incoloro
	2	0,30	0,20	6,30	7,934	Inodoro	Incoloro
Suavizador 1	3						
Suavizador 2	3	0,50	0,70	6,30	7,402	Inodoro	Incoloro
Suavizador 3	3	0,30	0,40	6,30	7,203	Inodoro	Incoloro
Suavizador 4	3						

Fecha: 11-02-08

Turno: p.m.

1: Salida de los enjuagadores de botellas

2: Salida de las bandejas

3: Salida de los suavizadores

Tabla A.22. (Cont.). Volumen gastado para el cálculo de los parámetros fisicoquímicos del agua de interés

Equipo	Pto de muestra	V _{EDTA} gastado (V ± 0,05) mL	V _{H₂SO₄} gastado (V ± 0,05) mL	V _{H₂SO₄} gastado (V ± 0,05) mL	pH (pH ± 0,001) adim	Olor	Color
Enjuagador de Botellas 1	1	0.90	0.00	6.60	8.021	Inodoro	Incoloro
	2	1.00	0.30	7.00	8.500	Inodoro	Incoloro
Enjuagador de Botellas 2	1						
	2						
Enjuagador de Botellas 3	1	0.80	0.20	6.50	8.506	Inodoro	Incoloro
	2	1.10	0.30	7.50	8.818	Inodoro	Incoloro
Enjuagador de Botellas 4	1						
	2						
Enjuagador de Botellas 7	1						
	2						
Enjuagador de Botellas 8	1	1.00	0.10	6.20	7.994	Inodoro	Incoloro
	2	1.20	0.30	6.40	8.282	Inodoro	Incoloro
Suavizador 1	3	0.00	0.00	6.40	7.967	Inodoro	Incoloro
Suavizador 2	3						
Suavizador 3	3						
Suavizador 4	3	0.80	0.10	6.40	7.880	Inodoro	Incoloro

Fecha: 12-02-08

Turno: a.m.

1: Salida de los enjuagadores de botellas

2: Salida de las bandejas

3: Salida de los suavizadores

Tabla A.22. (Cont.). Volumen gastado para el cálculo de los parámetros fisicoquímicos del agua de interés

Equipo	Pto de muestra	V _{EDTA} gastado (V ± 0,05) mL	V _{H₂SO₄} gastado (V ± 0,05) mL	V _{H₂SO₄} gastado (V ± 0,05) mL	pH (pH ± 0,001) adim	Olor	Color
Enjuagador de Botellas 1	1	2.90	0.10	6.50	7.818	Inodoro	Incoloro
	2	3.30	0.50	6.70	8.106	Inodoro	Incoloro
Enjuagador de Botellas 2	1						
	2						
Enjuagador de Botellas 3	1						
	2						
Enjuagador de Botellas 4	1	2.90	0.10	6.50	7.781	Inodoro	Incoloro
	2	1.50	1.50	8.30	8.428	Inodoro	Incoloro
Enjuagador de Botellas 7	1	3.20	0.10	6.20	7.845	Inodoro	Incoloro
	2	3.30	0.50	6.90	8.201	Inodoro	Incoloro
Enjuagador de Botellas 8	1						
	2						
Suavizador 1	3	0.60	0.10	6.20	8.127	Inodoro	Incoloro
Suavizador 2	3						
Suavizador 3	3	2.30	0.50	6.90	7.837	Inodoro	Incoloro
Suavizador 4	3						

Fecha: 13-02-08

Turno: a.m.

1: Salida de los enjuagadores de botellas

2: Salida de las bandejas

3: Salida de los suavizadores

Tabla A.22. (Cont.). Volumen gastado para el cálculo de los parámetros fisicoquímicos del agua de interés

Equipo	Pto de muestra	V _{EDTA} gastado (V ± 0,05) mL	V _{H₂SO₄} gastado (V ± 0,05) mL	V _{H₂SO₄} gastado (V ± 0,05) mL	pH (pH ± 0,001) adim	Olor	Color
Enjuagador de Botellas 1	1						
	2						
Enjuagador de Botellas 2	1						
	2						
Enjuagador de Botellas 3	1	0.10	0.10	6.30	8.185	Inodoro	Incoloro
	2	0.40	0.30	6.20	8.340	Inodoro	Incoloro
Enjuagador de Botellas 4	1	0.10	0.10	6.30	8.251	Inodoro	Incoloro
	2	0.30	0.60	6.40	8.492	Inodoro	Incoloro
Enjuagador de Botellas 7	1						
	2						
Enjuagador de Botellas 8	1						
	2						
Suavizador 1	3	0.10	0.20	6.10	8.150	Inodoro	Incoloro
Suavizador 2	3						
Suavizador 3	3	0.20	0.40	6.50	7.909	Inodoro	Incoloro
Suavizador 4	3						

Fecha: 03-03-08

Turno: a.m.

1: Salida de los enjuagadores de botellas

2: Salida de las bandejas

3: Salida de los suavizadores

Tabla A.22. (Cont.). Volumen gastado para el cálculo de los parámetros fisicoquímicos del agua de interés

Equipo	Pto de muestra	V _{EDTA} gastado (V ± 0,05) mL	V _{H₂SO₄} gastado (V ± 0,05) mL	V _{H₂SO₄} gastado (V ± 0,05) mL	pH (pH ± 0,001) adim	Olor	Color
Enjuagador de Botellas 1	1	0,20	0,20	6,10	7,985	Inodoro	Incoloro
	2	0,30	0,20	6,30	8,041	Inodoro	Incoloro
Enjuagador de Botellas 2	1						
	2						
Enjuagador de Botellas 3	1	0,10	0,10	6,20	8,712	Inodoro	Incoloro
	2	0,10	0,30	6,30	8,892	Inodoro	Incoloro
Enjuagador de Botellas 4	1	0,20	0,10	6,10	8,112	Inodoro	Incoloro
	2	0,20	0,20	6,10	8,218	Inodoro	Incoloro
Enjuagador de Botellas 7	1						
	2						
Enjuagador de Botellas 8	1	0,20	0,10	6,20	7,765	Inodoro	Incoloro
	2	0,10	0,20	6,10	8,203	Inodoro	Incoloro
Suavizador 1	3						
Suavizador 2	3	0,10	0,00	6,00	7,841	Inodoro	Incoloro
Suavizador 3	3						
Suavizador 4	3	0,20	0,10	6,20	8,128	Inodoro	Incoloro

Fecha: 03-03-08

Turno: p.m.

1: Salida de los enjuagadores de botellas

2: Salida de las bandejas

3: Salida de los suavizadores

Tabla A.22. (Cont.). Volumen gastado para el cálculo de los parámetros fisicoquímicos del agua de interés

Equipo	Pto de muestra	V _{EDTA} gastado (V ± 0,05) mL	V _{H₂SO₄} gastado (V ± 0,05) mL	V _{H₂SO₄} gastado (V ± 0,05) mL	pH (pH ± 0,001) adim	Olor	Color
Enjuagador de Botellas 1	1						
	2						
Enjuagador de Botellas 2	1						
	2						
Enjuagador de Botellas 3	1	0,10	0,00	6,20	8,025	Inodoro	Incoloro
	2	0,20	0,10	6,30	8,126	Inodoro	Incoloro
Enjuagador de Botellas 4	1	0,10	0,00	6,20	8,234	Inodoro	Incoloro
	2	0,20	0,20	6,20	8,510	Inodoro	Incoloro
Enjuagador de Botellas 7	1						
	2						
Enjuagador de Botellas 8	1	0,30	0,10	6,30	7,955	Inodoro	Incoloro
	2	0,20	0,20	6,20	8,123	Inodoro	Incoloro
Suavizador 1	3						
Suavizador 2	3	0,10	0,10	6,10	7,982	Inodoro	Incoloro
Suavizador 3	3						
Suavizador 4	3	0,30	0,20	6,50	8,354	Inodoro	Incoloro

Fecha: 04-03-08

Turno: p.m.

1: Salida de los enjuagadores de botellas

2: Salida de las bandejas

3: Salida de los suavizadores

Tabla A.22. (Cont.). Volumen gastado para el cálculo de los parámetros fisicoquímicos del agua de interés

Equipo	Pto de muestra	V _{EDTA} gastado (V ± 0,05) mL	V _{H₂SO₄} gastado (V ± 0,05) mL	V _{H₂SO₄} gastado (V ± 0,05) mL	pH (pH ± 0,001) adim	Olor	Color
Enjuagador de Botellas 1	1	0,20	0,30	6,40	8,021	Inodoro	Incoloro
	2	0,20	0,50	6,20	8,125	Inodoro	Incoloro
Enjuagador de Botellas 2	1						
	2						
Enjuagador de Botellas 3	1						
	2						
Enjuagador de Botellas 4	1	0,10	0,10	6,20	8,365	Inodoro	Incoloro
	2	0,30	0,20	6,20	8,425	Inodoro	Incoloro
Enjuagador de Botellas 7	1	0,20	0,10	6,20	8,124	Inodoro	Incoloro
	2	0,30	0,30	6,30	8,402	Inodoro	Incoloro
Enjuagador de Botellas 8	1						
	2						
Suavizador 1	3	0,10	0,10	6,00	8,007	Inodoro	Incoloro
Suavizador 2	3						
Suavizador 3	3						
Suavizador 4	3	0,40	0,30	6,70	8,236	Inodoro	Incoloro

Fecha: 04-03-08

Turno: p.m.

1: Salida de los enjuagadores de botellas

2: Salida de las bandejas

3: Salida de los suavizadores

Tabla A.22. (Cont.). Volumen gastado para el cálculo de los parámetros fisicoquímicos del agua de interés

Equipo	Pto de muestra	V _{EDTA} gastado (V ± 0,05) mL	V _{H₂SO₄} gastado (V ± 0,05) mL	V _{H₂SO₄} gastado (V ± 0,05) mL	pH (pH ± 0,001) adim	Olor	Color
Enjuagador de Botellas 1	1						
	2						
Enjuagador de Botellas 2	1						
	2						
Enjuagador de Botellas 3	1						
	2						
Enjuagador de Botellas 4	1	0,30	0,10	6,20	7,875	Inodoro	Incoloro
	2	0,30	0,20	6,20	7,995	Inodoro	Incoloro
Enjuagador de Botellas 7	1						
	2						
Enjuagador de Botellas 8	1	0,10	0,10	6,20	8,021	Inodoro	Incoloro
	2	0,30	0,10	6,10	8,165	Inodoro	Incoloro
Suavizador 1	3	0,20	0,10	6,20	7,851		
Suavizador 2	3					Inodoro	Incoloro
Suavizador 3	3	0,10	0,10	6,10	8,217	Inodoro	Incoloro
Suavizador 4	3						

Fecha: 05-03-08

Turno: a.m.

1: Salida de los enjuagadores de botellas

2: Salida de las bandejas

3: Salida de los suavizadores

Tabla A.22. (Cont.). Volumen gastado para el cálculo de los parámetros fisicoquímicos del agua de interés

Equipo	Pto de muestra	V _{EDTA} gastado (V ± 0,05) mL	V _{H₂SO₄} gastado (V ± 0,05) mL	V _{H₂SO₄} gastado (V ± 0,05) mL	pH (pH ± 0,001) adim	Olor	Color
Enjuagador de Botellas 1	1						
	2						
Enjuagador de Botellas 2	1						
	2						
Enjuagador de Botellas 3	1						
	2						
Enjuagador de Botellas 4	1	0,10	0,00	6,10	7,882	Inodoro	Incoloro
	2	0,10	0,10	6,10	7,971	Inodoro	Incoloro
Enjuagador de Botellas 7	1	0,10	0,10	6,10	7,962	Inodoro	Incoloro
	2	0,20	0,20	6,20	8,015	Inodoro	Incoloro
Enjuagador de Botellas 8	1	0,20	0,20	6,10	7,851	Inodoro	Incoloro
	2	0,30	0,20	6,20	8,254	Inodoro	Incoloro
Suavizador 1	3						
Suavizador 2	3	0,00	0,10	6,10	7,742	Inodoro	Incoloro
Suavizador 3	3	0,20	0,20	6,20	8,011	Inodoro	Incoloro
Suavizador 4	3						

Fecha: 05-03-08

Turno: p.m.

1: Salida de los enjuagadores de botellas

2: Salida de las bandejas

3: Salida de los suavizadores

Tabla A.22. (Cont.). Volumen gastado para el cálculo de los parámetros fisicoquímicos del agua de interés

Equipo	Pto de muestra	V _{EDTA} gastado (V ± 0,05) mL	V _{H₂SO₄} gastado (V ± 0,05) mL	V _{H₂SO₄} gastado (V ± 0,05) mL	pH (pH ± 0,001) adim	Olor	Color
Enjuagador de Botellas 1	1						
	2						
Enjuagador de Botellas 2	1						
	2						
Enjuagador de Botellas 3	1	0,10	0,10	6,10	8,054	Inodoro	Incoloro
	2	0,10	0,10	6,20	8,157	Inodoro	Incoloro
Enjuagador de Botellas 4	1	0,10	0,10	6,20	8,125	Inodoro	Incoloro
	2	0,20	0,20	6,20	8,257	Inodoro	Incoloro
Enjuagador de Botellas 7	1	0,10	0,10	6,10	8,249	Inodoro	Incoloro
	2	0,20	0,20	6,20	8,410	Inodoro	Incoloro
Enjuagador de Botellas 8	1						
	2						
Suavizador 1	3						
Suavizador 2	3	0,10	0,10	6,20	8,019	Inodoro	Incoloro
Suavizador 3	3	0,20	0,20	6,20	8,365	Inodoro	Incoloro
Suavizador 4	3						

Fecha: 06-03-08

Turno: a.m.

1: Salida de los enjuagadores de botellas

2: Salida de las bandejas

3: Salida de los suavizadores

Tabla A.22. (Cont.). Volumen gastado para el cálculo de los parámetros fisicoquímicos del agua de interés

Equipo	Pto de muestra	V _{EDTA} gastado (V ± 0,05) mL	V _{H₂SO₄} gastado (V ± 0,05) mL	V _{H₂SO₄} gastado (V ± 0,05) mL	pH (pH ± 0,001) adim	Olor	Color
Enjuagador de Botellas 1	1	0,20	0,40	6,10	8,012	Inodoro	Incoloro
	2	0,20	0,10	6,20	8,254	Inodoro	Incoloro
Enjuagador de Botellas 2	1						
	2						
Enjuagador de Botellas 3	1						
	2						
Enjuagador de Botellas 4	1	0,10	0,10	6,10	8,124	Inodoro	Incoloro
	2	0,20	0,30	6,20	8,446	Inodoro	Incoloro
Enjuagador de Botellas 7	1						
	2						
Enjuagador de Botellas 8	1	0,20	0,10	6,20	7,985	Inodoro	Incoloro
	2	0,20	0,10	6,10	8,127	Inodoro	Incoloro
Suavizador 1	3	0,00	0,00	6,00	7,992	Inodoro	Incoloro
Suavizador 2	3						
Suavizador 3	3	0,40	0,20	6,30	8,496	Inodoro	Incoloro
Suavizador 4	3						

Fecha: 06-03-08

Turno: p.m.

1: Salida de los enjuagadores de botellas

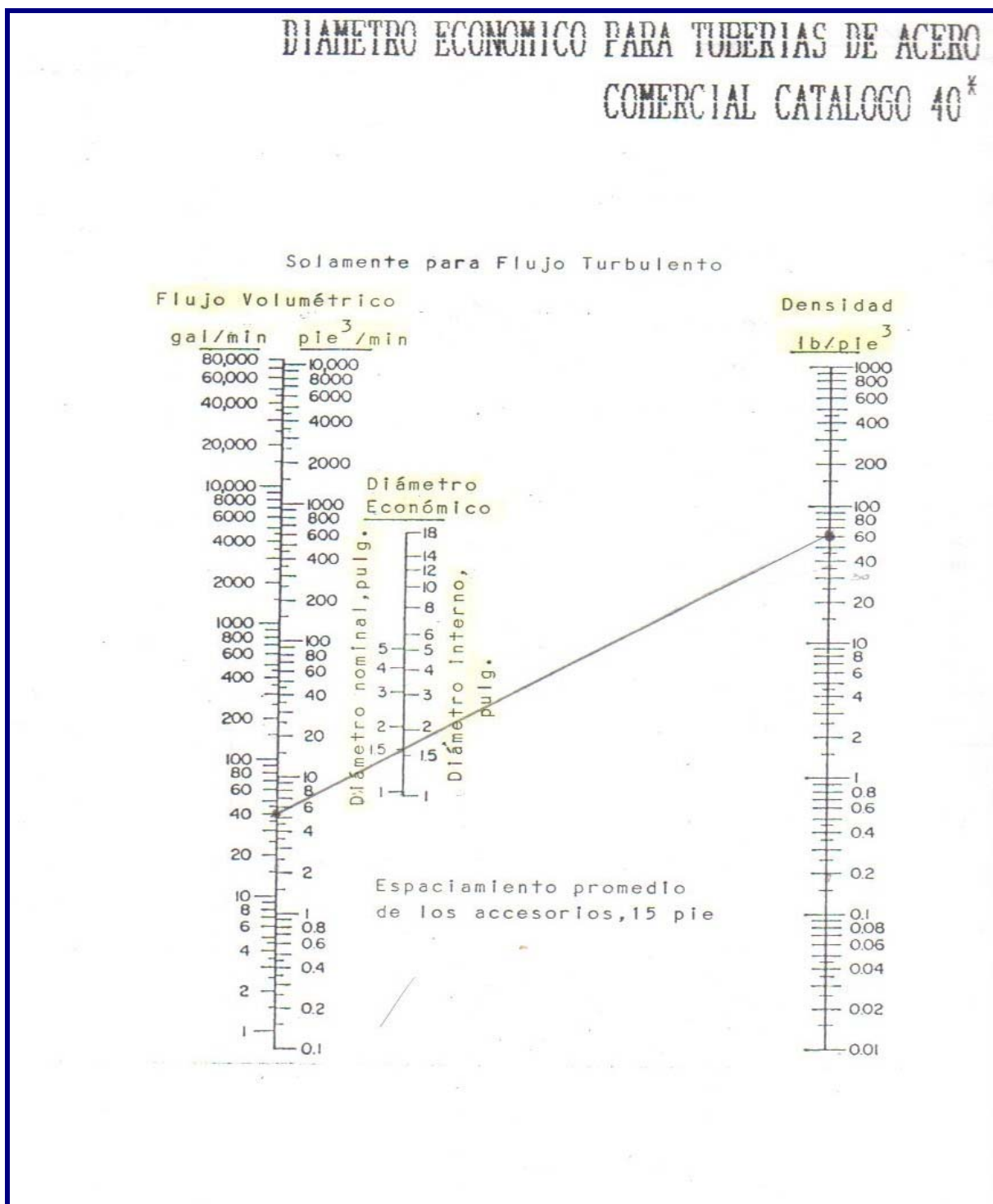
2: Salida de las bandejas

3: Salida de los suavizadores

Anexo 1. Escalas de clasificación del análisis del modo y efecto de la falla

RANG	GRADO DE SEVERIDAD	PROBABILIDAD DE OCURRENCIA	CAPACIDAD PARA DETECTAR
1	Es insignificante para el cliente, ni siquiera se da cuenta del efecto	Probabilidad remota de que	Existe plena seguridad de que la falla potencial se va a encontrar o prevenir antes de llegar al siguiente cliente
2	El cliente quizá tenga una leve	Bajo índice de fallas respaldadas con documentación	Es casi seguro que la falla potencial se prevenga o se detecte antes de llegar al siguiente cliente
3	El cliente va a estar inconforme debido a una leve falla de rendimiento	Bajo índice de fallas sin documentación que lo respalde	Baja probabilidad de que la falla potencial llegue - sin detectarse - al siguiente cliente
4	El cliente está insatisfecho debido al mal funcionamiento	Fallas	Los controles pueden detectar o prevenir que la falla potencial llegue al siguiente cliente
5	El cliente se siente inconforme o disminuye su productividad considerablemente debido a la baja calidad del efecto	Índice de falla relativamente moderada con documentación de soporte	Probabilidad moderada de que la falla potencial lleve al siguiente cliente
6	Demanda una garantía de reparación o una queja significativa por manufactura o ensamble	Índice de falla moderado pero sin documentación de soporte	Es probable que el sistema de control detecte o prevenga una falla potencial antes de llegar al siguiente cliente
7	Alto grado de insatisfacción del cliente debido a falla en componentes sin que deje de funcionar. Productividad impactada por el alto índice de desecho o retrabajo	Índice de fallas relativamente alto con documentación de soporte	Poca probabilidad de que la falla potencial se detecte o se evite antes de que lleve al siguiente cliente
8	Muy alto grado de insatisfacción debido a falla funcional sin afectar la seguridad y sin violar las reglamentaciones del gobierno	Índice de falla alto sin documentación de soporte	Muy poca probabilidad de que una falla potencial se detecte o se evite antes de llegar al siguiente cliente
9	Se pone en peligro la seguridad del cliente debido al mal funcionamiento del sistema de seguridad con advertencia antes de que falle o se violen las legislaciones gubernamentales	La falla es casi segura basándose en la información de garantía o en las pruebas DV significativas	Los controles existentes probablemente ni siquiera detecten la falla potencial
1	Se pone en peligro al cliente debido al efecto adverso sobre el sistema de seguridad sin advertencia previa antes de la falla o la violación a los reglamentos gubernamentales	La falla es segura basándose en la información de garantía y en las pruebas DV significativas	Certeza absoluta de que los controles existentes no van a detectar la falla potencial

Anexo 2. Nomograma



Fuente: Silva, (2003)

Anexo 3. Densidad del agua

Temperatura T °C	Viscosidad μ , centipoises	Conductividad calorífica k , kcal/m-h-°C	Densidad ρ , kg/m ³	$\psi_f = \left(\frac{k^3 \rho^2 g}{\mu^2} \right)^{1/2}$
0	1,794	0,476	999,87	6 900
5	1,519	0,485	999,99	7 860
10	1,310	0,496	999,73	8 870
15	1,140	0,505	999,13	9 900
20	1,005	0,513	998,23	10 930
25	0,894	0,522	997,07	12 150
30	0,801	0,529	995,67	13 090
35	0,723	0,535	994,06	14 160
40	0,656	0,541	992,24	15 260
45	0,599	0,547	990,25	16 370
50	0,549	0,553	988,07	17 510
60	0,470	0,562	983,24	19 680
70	0,406	0,570	977,81	21 920
80	0,357	0,577	971,83	24 080
90	0,317	0,582	965,34	26 170
100	0,284	0,586	958,38	28 220
110	0,256	0,588	951,0	30 190
120	0,232	0,589	943,4	32 120
130	0,212	0,589	935,2	33 910
140	0,196	0,589	926,4	36 340
150	0,184	0,589	917,3	36 090

* MCCABE, W.L., SMITH, J.C., HARRIOT, P. "Operaciones Básicas de Ingeniería Química", Cuarta Edición, Editorial McGraw Hill, Madrid, 1991.

Fuente: Silva, (2003)

Anexo 4. Diámetro de tuberías

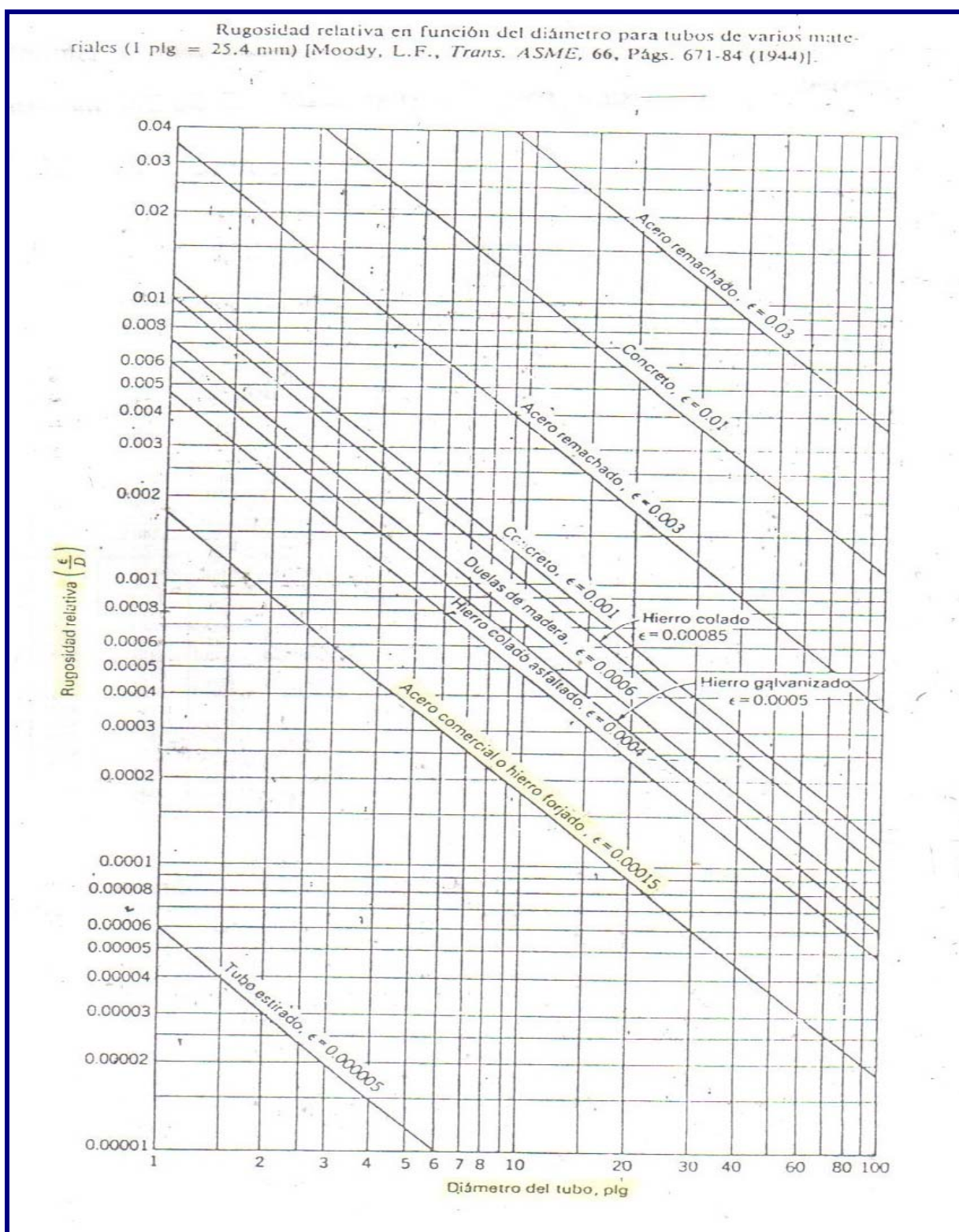
Tamaño nominal de tubería pulg	Diámetro exterior cm	Núm. de catálogo	Espesor de pared cm	Diámetro interior cm	Área de la sección transversal de metal cm ²	Área de la sección interior dm ²	Circunferencia m, o superficie m ² /m de longitud		Capacidad para la velocidad de 1 m/seg litros/min	Peso de tubería kg/m
							Exterior	Interior		
1/8	1,029	40	0,173	0,683	0,465	0,00372	0,0323	0,0215	2,198	0,36
		80	0,241	0,546	0,600	0,00232	0,0323	0,0172	1,403	0,46
1/4	1,372	40	0,224	0,925	0,806	0,00669	0,0430	0,0290	4,032	0,63
		80	0,302	0,767	1,013	0,00465	0,0430	0,0241	2,772	0,80
3/8	1,715	40	0,231	1,252	1,077	0,01236	0,0540	0,0393	7,387	0,85
		80	0,320	1,074	1,400	0,00910	0,0540	0,0338	5,436	1,10
1/2	2,134	40	0,277	1,580	1,613	0,01960	0,0671	0,0497	11,76	1,27
		80	0,373	1,387	2,065	0,01514	0,0671	0,0436	9,066	1,62
3/4	2,667	40	0,287	2,093	2,148	0,03447	0,0838	0,0658	20,64	1,68
		80	0,391	1,885	2,794	0,02787	0,0838	0,0391	16,74	2,19
1	3,340	40	0,338	2,664	3,187	0,05574	0,1049	0,0838	33,44	2,50
		80	0,455	2,431	4,123	0,04636	0,1049	0,0762	27,83	3,23
1 1/4	4,216	40	0,356	3,505	4,310	0,09662	0,1326	0,1100	57,89	3,38
		80	0,485	3,246	5,684	0,08277	0,1326	0,1021	49,65	4,47
1 1/2	4,826	40	0,368	4,089	5,161	0,13136	0,1515	0,1283	78,79	4,05
		80	0,508	3,840	6,897	0,11380	0,1515	0,1198	68,41	5,40
2	6,033	40	0,391	5,250	6,935	0,21646	0,1896	0,1649	129,9	5,43
		80	0,554	4,925	9,529	0,19045	0,1896	0,1548	114,3	7,47
2 1/2	7,303	40	0,516	6,271	10,99	0,30861	0,2295	0,2054	185,3	8,62
		80	0,701	5,900	14,54	0,27331	0,2295	0,1853	164,0	11,40
3	8,890	40	0,549	7,793	14,37	0,47658	0,2792	0,2448	286,2	11,28
		80	0,762	7,366	19,46	0,42613	0,2792	0,2313	255,7	15,25
3 1/2	10,16	40	0,574	9,012	17,29	0,63822	0,3191	0,2832	382,7	13,56
		80	0,808	8,545	23,73	0,57319	0,3191	0,2685	344,1	18,62
4	11,43	40	0,602	10,226	20,45	0,82124	0,3591	0,3213	492,8	16,06
		80	0,856	9,718	28,45	0,74190	0,3591	0,3054	445,0	22,29
5	14,13	40	0,655	12,819	27,74	1,29131	0,4438	0,4026	774,4	21,76
		80	0,953	12,225	39,42	1,1733	0,4438	0,3841	704,3	30,92
6	16,83	40	0,711	15,405	36,00	1,8636	0,5285	0,4840	1118	28,23
		80	1,097	14,633	54,19	1,6815	0,5285	0,4596	1009	42,52
8	21,91	40	0,818	20,272	54,17	3,2274	0,6882	0,6367	1937	42,49
		80	1,270	19,368	82,32	2,9459	0,6882	0,6084	1768	64,57
10	27,31	40	0,927	25,451	76,84	5,0863	0,8577	0,7986	3053	60,24
		80	1,509	24,287	122,3	4,5688	0,8577	0,7629	2780	95,84
12	32,39	40	1,031	30,323	101,6	7,2211	1,0174	0,9540	4333	79,71
		80	1,748	28,890	168,2	6,5550	1,0174	0,9083	3933	131,8

† Basadas en ANSI B36.10-1959, con autorización de ASME.

* MCCABE, W.L., SMITH, J.C., HARRIOT, P. "Operaciones Básicas de Ingeniería Química". Cuarta Edición, Editorial McGraw Hill, Madrid, 1991.

Fuente: Silva, (2003)

Anexo 5. Rugosidad



Fuente: Silva, (2003)

Anexo 6. Longitud equivalente

VALORES DE LONGITUDES EQUIVALENTES Y DE COEFICIENTES DE FRICCIÓN PARA VARIOS ACCESORIOS [*]	
Descripción	Longitud equivalente en diámetros de tubo (L/D)
Válvulas de globo	
Convencional	
Sin obstrucción con asiento plano, biselado o de obturador — totalmente abierta	340
Con disco accionado con vástagos o mariposa — totalmente abierta	450
Modelo en Y	
(Sin obstrucción en asiento plano, biselado o de obturador)	
Con vástago de 60° desde la corrida de tubería — totalmente abierta	175
Con vástago de 45° desde la corrida de tubería — totalmente abierta	145
Válvulas de ángulo	
Convencional	
Sin obstrucción en el asiento plano, biselado o de obturador — totalmente abierta	145
Con disco accionado con vástagos o mariposa — totalmente abierta	200
Válvulas de compuerta	
Convencional de disco de cuña, disco doble o disco obturador	
Totalmente abierta	13
Abierta a tres cuartos	35
Abierta a la mitad	160
Abierta a un cuarto	900
Válvula para pastas o pulpas	
Totalmente abierta	17
Abierta a tres cuartos	50
Abierta a la mitad	260
Abierta a un cuarto	1200
Tubería de cañería — totalmente abierta	3 ^a
Válvulas de retención	
Oscilación convencional 0.5° — totalmente abierta	135
Oscilación de paso libre 0.5° — totalmente abierta	50
globo ascendente o paro — 2.0° — totalmente abierta	Igual que de globo
Angulo ascendente o paro — 2.0° — totalmente abierta	Igual que de ángulo
Bola en línea — 2.5 vertical y 0.25 horizontal ^b — totalmente abierta	150
Válvulas de pie con filtro	
Con válvula de disco de tipo ascendente — 0.3° — totalmente abierta	420
Con disco con articulación de piel — 0.4° — totalmente abierta	75
Válvulas de mariposa (6 plg y mayores) — totalmente abierta	20
Grifos	
Flujo transversal recto	
Area rectangular del puerto del obturador igual al 100% del área del tubo — totalmente abierta	18
Tres vías	
Area rectangular del puerto del obturador igual al 80% del área del tubo (totalmente abierta)	44
Flujo transversal recto	
Flujo transversal ramificado	140
[*] Longitud equivalente exactamente igual a la longitud entre las caras de las bridas o extremos soldados.	
^b Caída de presión mínima calculada (lb/plg ²) a través de la válvula para suministrar el flujo suficiente para elevar por completo al disco.	

Fuente: Silva, (2003)