

UNIVERSIDAD CENTRAL “MARTA ABREU” DE LAS VILLAS

FACULTAD DE QUÍMICA FARMACIA



**TESIS PRESENTADA EN OPCIÓN AL GRADO ACADÉMICO DE
MASTER EN INGENIERÍA EN SANEAMIENTO AMBIENTAL**

**TÍTULO: GESTIÓN Y TRATAMIENTO DE AGUAS EN LA UEB
CENTRAL AZUCARERO "HÉCTOR RODRÍGUEZ".**

AUTORA: Ing. Vilma Oña Alfonso.

TUTORA: Dra. C. Ana Margarita Contreras Moya.

2013

“Año 55 de la Revolución”

*Utilícese toda la ciencia necesaria para un desarrollo sostenido
sin contaminación*

Fidel Castro Ruz

Cumbre de Río

AGRADECIMIENTOS

- A mis compañeros de estudio y trabajo por su apoyo y aliento.
- Al claustro de profesores que impartió la maestría y en especial a mi tutora la Dra. C. Ana Margarita Contreras Moya por su orientación durante la realización de este trabajo.
- A todos los que de una forma u otra contribuyeron a su elaboración.

DEDICATORIA

- A la Revolución, por lo maravilloso de su obra.
- A mis padres y hermana, por su ejemplo y amor.
- A mis hijos, por ser la razón de mi vida.
- A mi familia por su apoyo incondicional.

RESUMEN

La investigación se lleva a cabo en la UEB Central Azucarero Héctor Rodríguez de la localidad de Sitiecito, donde se ejecuta un diagnóstico, por un grupo de expertos, basado en la metodología para el otorgamiento del Reconocimiento Ambiental Nacional (RAN), con el objeto de evaluar la gestión del agua en el proceso industrial, así como el tratamiento y vertimiento de las aguas residuales que en él se generan. Se realiza una evaluación a partir de la metodología de Conesa de la importancia del impacto sobre el medio ambiente que producen las diferentes acciones, relacionadas con la gestión de las aguas, que se llevan a cabo en el proceso de producción. Los resultados muestran que el principal efecto está dado por el derrame de productos azucarados en las aguas, lo que contribuye a su rápido deterioro, incidiendo en que el efluente del sistema de tratamiento no cumpla con los requisitos de pH establecidos para el riego. A partir de los problemas detectados se propone un plan de medidas para lograr una mejor gestión del agua en el proceso industrial y el manejo integrado de las aguas residuales desde la fuente de origen hasta su vertimiento, con el propósito de resolver la contaminación ambiental que hoy representan. Las medidas propuestas arrojan indicadores de factibilidad favorables: VAN: \$ 164 336.93, TIR: 43%, PRI: 3.2 años.

SUMMARY

The research is carried out in the Sugar Central UEB Héctor Rodríguez in a small town named Sitiecito, where a diagnosis is executed, for a group of experts, based on the methodology for the grant of the National Environmental Recognition (RAN), in order to evaluate the use of the water in the industrial process, as well as the treatment and final disposition of the waste waters that are generated in it. It is carried out an evaluation starting from the methodology of Conesa of the impact that produce different actions of the process related with the waters management. The results show that the main effect on the waste water is given by the presence of sugared products in it, which contributes to its deterioration, impacting in that the effluent of the treatment system doesn't fulfill the requirements of established pH for the watering. Starting from the detected problems it intends a plan of measures to achieve a better use of the water in the industrial process and the integrated handling of the waste waters from its origin source until its disposition, with the purpose of solving the environmental contamination that today represents. The measures proposals throw favorable indicators of feasibility: VAN: \$164 336.93, TIR: 43%, PRI: 3.2 years.

TABLA DE CONTENIDOS

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL	5
1.1. INTRODUCCIÓN	5
1.2. LA CONTAMINACIÓN	5
1.2.1. CONTAMINACIÓN DE LAS AGUAS	7
1.2.2. CONTAMINACIÓN DE LOS SUELOS	7
1.2.3. LA INDUSTRIA AZUCARERA Y DE DERIVADOS Y LA CONTAMINACIÓN.....	8
1.2.4. PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA: PREVENCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN.....	9
1.3. EL AGUA EN LA INDUSTRIA AZUCARERA.....	11
1.4. RESIDUALES LÍQUIDOS	13
1.4.1. CARACTERIZACIÓN DE RESIDUALES	14
1.4.2. PODER CONTAMINANTE DEL RESIDUAL	15
1.4.3. TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES	16
1.4.4. VERTIMIENTO DE RESIDUALES LÍQUIDOS.....	20
1.4.5. POSIBILIDADES DE EMPLEO DE LAS AGUAS RESIDUALES DE LOS INGENIOS AZUCAREROS	23
1.5. LA EVALUACIÓN DE IMPACTOS EN LA PROTECCIÓN DEL MEDIO AMBIENTE .	26
1.6. CONCLUSIONES PARCIALES	27
CAPÍTULO II. DIAGNÓSTICO SOBRE LA GESTIÓN DEL AGUA EN EL PROCESO INDUSTRIAL Y EL TRATAMIENTO Y VERTIMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES EN LA UEB CENTRAL AZUCARERO "HÉCTOR RODRÍGUEZ"	29
2.1. INTRODUCCIÓN	29
2.2. CARACTERIZACIÓN DE LA INDUSTRIA.....	29
2.3. AGUA CRUDA	30
2.4. AGUA TRATADA	31
2.4.1. PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA.....	31
2.5. AGUA POTABLE	33
2.6. AGUAS PROVENIENTES DE LA CONDENSACIÓN DEL VAPOR (CONDENSADOS)	34
2.6.1. GENERACIÓN.....	34
2.6.2. COLECCIÓN.....	35
2.6.3. MUESTREO	35
2.6.4. ALMACENAMIENTO	35
2.6.5. USO.....	36
2.7. AGUAS PROCEDENTES DE LA LIMPIEZA QUÍMICA.....	36
2.8. AGUAS PLUVIALES	36
2.8.1. SISTEMA DE COLECCIÓN	37

2.8.2. ALMACENAMIENTO	37
2.9. AGUAS RESIDUALES	37
2.9.1 COMPOSICIÓN	37
2.9.2. COLECCIÓN Y MUESTREO	38
2.9.3. MEDICIÓN DE FLUJO	39
2.9.4. CARACTERIZACIÓN DEL AGUA RESIDUAL	40
2.9.5. SISTEMA DE BOMBEO Y CONDUCTORA	40
2.9.6. PODER CONTAMINANTE DEL AGUA RESIDUAL	41
2.9.7. PRINCIPALES CONTAMINANTES PRESENTES EN EL AGUA RESIDUAL EMITIDA POR LA INDUSTRIA.	41
2.9.8. SISTEMA DE TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES	42
2.9.9. CARACTERIZACIÓN DE LOS EFLUENTES DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO	45
2.10. VERTIMIENTO DE LOS EFLUENTES DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO	46
2.10.1. USO ACTUAL DE ESTA AGUA.....	46
2.10.2. IMPACTO DEL VERTIMIENTO DE LOS EFLUENTES DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES SOBRE EL ECOSISTEMA.....	46
2.11. PROBLEMAS FUNDAMENTALES DETECTADOS EN EL DIAGNÓSTICO	47
2.11.1. AGUA CRUDA	47
2.11.2. AGUA POTABLE	47
2.11.3. CONDENSADOS	48
2.11.4. AGUAS PLUVIALES	48
2.11.5. CIRCUITOS CERRADOS	48
2.11.6. AGUAS RESIDUALES. COLECCIÓN Y MANEJO	49
2.11.7. AGUAS RESIDUALES. SISTEMA DE TRATAMIENTO Y VERTIMIENTO.....	49
2.12. CONCLUSIONES PARCIALES	50
CAPÍTULO III. PROPUESTA DE MEDIDAS PARA DISMINUIR EL IMPACTO AMBIENTAL PROVOCADO POR LAS AGUAS RESIDUALES DE LA UEB CENTRAL AZUCARERO HÉCTOR RODRÍGUEZ.....	51
3.1. INTRODUCCIÓN	51
3.2. ASPECTOS FUNDAMENTALES EN LOS QUE DEBE TRABAJARSE PARA LOGRAR MEJORAR LA GESTIÓN EN EL MANEJO, TRATAMIENTO Y DISPOSICIÓN FINAL DE LAS AGUAS RESIDUALES DE LA INDUSTRIA.....	51
3.3. PROPUESTA DE MEDIDAS PARA DISMINUIR LA CONTAMINACIÓN EN EL AGUA RESIDUAL	53
3.3.1. DESAGREGACIÓN DEL EFLUENTE DE LA LIMPIEZA QUÍMICA DE LOS EQUIPOS DE EVAPORACIÓN DEL RESTO DEL AGUA RESIDUAL DE LA FÁBRICA	53
3.3.2. DISMINUIR LA CONTAMINACIÓN DEL AGUA RESIDUAL CON LUBRICANTES	53

3.3.3. DISMINUIR LA CONTAMINACIÓN DEL AGUA RESIDUAL CON PRODUCTOS DEL PROCESO.....	54
3.4. PROPUESTA DE MEDIDAS PARA DISMINUIR EL VOLUMEN DE AGUA RESIDUAL	54
3.5. PROPUESTAS DE MEDIDAS PARA MEJORAR EL SISTEMA DE TRATAMIENTO EXISTENTE	55
3.5.1. ETAPA DE PRE TRATAMIENTO	55
3.5.2. ETAPA DE TRATAMIENTO.....	55
3.6. PROPUESTA DE MEDIDAS PARA EL VERTIMIENTO DEL EFLUENTE PROCEDENTE DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO.....	56
3.7. PRINCIPALES BENEFICIOS ESPERADOS A PARTIR DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LAS MEDIDAS PROPUESTAS.....	63
3.8. RESULTADOS DEL CÁLCULO DE LOS INDICADORES DINÁMICOS DE LA FACTIBILIDAD DEL PROYECTO	63
3.9. CONCLUSIONES PARCIALES	64
CONCLUSIONES GENERALES	65
RECOMENDACIÓN.....	66
BIBLIOGRAFÍA	67

INTRODUCCIÓN

La conservación del medio ambiente no solo significa evitar desechos indeseables, sino también el ahorro o la lucha contra el despilfarro de ese preciado líquido que es el agua.

El agua cubre más del 70% de la superficie del planeta, se encuentra distribuida en océanos, lagos, ríos, glaciales, en el aire y en el suelo, pero la cantidad de agua dulce disponible para usos industriales, agrícolas, domésticos y de algún otro tipo es limitada, siendo sólo del 0.003%.

La supervivencia del hombre depende del agua, esta es imprescindible para la vida, constituyendo el componente inorgánico más abundante de los seres vivos y el compuesto químico más abundante en la naturaleza.

La civilización moderna no puede existir sin suficiente cantidad de agua, cada ser humano gasta alrededor de 500 L de agua al día, teniendo en cuenta los requerimientos para el abasto, la industria, la agricultura y otros usos.

En los países subdesarrollados el consumo de agua puede alcanzar cifras muy inferiores, mostrando estudios realizados por el Banco Mundial consumos máximos por persona entre los 35 y 90 litros por día (Castellanos et al., 2005).

Los problemas relacionados con el agua han sido reconocidos como las amenazas más serias e inmediatas a la humanidad. Mientras que en algunos lugares se puede obtener con facilidad agua limpia y fresca, en otros es un recurso difícil, debido a la escasez o a la contaminación de sus fuentes. Aproximadamente 1100 millones de personas, es decir, 18% de la población mundial no tiene acceso a fuentes seguras de agua potable y más de 2400 millones de personas carecen del saneamiento adecuado.

En Cuba esta situación no es tan crítica como en otros países, por la ocurrencia de precipitaciones de diferente índole, aunque la distribución no es uniforme en todo el país y existen zonas afectadas por prolongadas sequías. Según datos recientes, los recursos hídricos potenciales en la isla son del orden de 38.1Km³, de ellos 24.4 explotables y 13.7 disponibles.

Al analizar el consumo mundial del agua por sectores, corresponde el primer lugar al sector agrícola con un 65%, seguido del sector industrial con un 25% y el consumo doméstico, comercial y de otros servicios urbanos con un 10%.

Similarmente, en Cuba se destina el mayor % del agua al regadío de cultivos (43%), le sigue el agua cuantificada en otros usos que incluye pérdidas por transporte, distribución, etc. (26%), luego el agua para abasto de la población (24%) y en menor proporción el agua empleada para actividades industriales (7%) (Serrano et al., 2006 b).

La actividad industrial demanda de grandes volúmenes de agua para el desarrollo de los procesos productivos, lo que hace imprescindible un uso racional y adecuado de este recurso, pues como resultado de un mayor consumo, se generará un mayor nivel de aguas residuales que requerirán de un manejo eficiente para lograr el mínimo impacto en el medio ambiente.

En los últimos años el consumo de agua ha aumentado a razón de 1 a 1.5% por año, fundamentalmente en los países desarrollados (Castellanos et al., 2005).

Dentro de las industrias cubanas, la azucarera constituye una de las mayores consumidoras de agua, pudiendo alcanzar valores máximos del orden de los 141Kg/t caña molida, situación esta que la convierte en una alta generadora de desechos al medio ambiente, representando la carga contaminante de sus fábricas alrededor del 80% del total que aportan las industrias (Dunand et al., 2007), resultados similares se aprecian en estudios realizados en México, en "Informe de la situación general en materia de equilibrio ecológico y protección al ambiente ", publicado por la Comisión Nacional de Ecología de México, se muestran porcentajes en materia de extracción y consumo de agua potable, así como de descargas de aguas residuales de los nueve principales giros industriales, ocupando la industria azucarera el primer lugar en estos indicadores con 35.20% de extracción, 22.3 % de consumo y 38.8% de descarga (Castellanos et al., 2005).

Según el criterio de algunos investigadores, con el cual coincide la autora del trabajo, actualmente se consumen altos volúmenes de agua en la industria azucarera, constituyendo esto un serio problema para algunos países, debido a lo limitado de sus recursos hídricos.

El excesivo gasto de agua en la industria azucarera cubana, se ve reflejado en el pago de las tarifas por este concepto, lo que incide en el costo de la tonelada de azúcar.

En el período enero –junio de 2009, a nivel nacional, se pagó por concepto de agua un total de \$5144759.4, con un índice de consumo de 0.48 m³/t de caña molida. En igual período en la provincia de Villa Clara se pagaron \$89476.22, alcanzándose un índice de 0.19 m³/t de caña molida (MINAZ, 2009).

En la provincia de Villa Clara, desde el año 2002 se comienza un trabajo riguroso encaminado a la disminución del consumo de agua y disposición de las cargas contaminantes de sus industrias, al cierre de 2012, la carga total dispuesta en términos de DBO5 fue de 9272 t/a, siendo los organismos AZCUBA, MINAL, INRH y MINAGRI, los más contaminantes del territorio, responsabilizados con el 76.94% de la carga de la provincia (CITMA, 2012).

La dirección del Grupo Azucarero AZCUBA se encuentra enfrascada en la búsqueda de alternativas para ajustar el consumo en el proceso fabril a las necesidades reales de cada ingenio, obteniéndose los mejores resultados al cierre de 2012 en las UEBs “Panchito Gómez Toro”, “H. Duquezne”, Ifraín Alfonso y “Carlos Baliño”, logrando un índice provincial de 0.19 m³/t de caña molida, lo que la ubica como la provincia de más bajo índice de vertimiento de aguas residuales en el país.

AZCUBA, en su Estrategia Ambiental hasta el 2015, se propone como objetivos en cuanto al manejo de los recursos hídricos, el incrementar la eficiencia en el uso y reuso del agua en las producciones agrícolas e industriales, así como prevenir, reducir y controlar la contaminación provocada por el vertimiento inadecuado de las aguas residuales de sus industrias, teniendo como propósito minimizar su generación e incrementar su reuso a partir del tratamiento más eficiente de estas, para lo cual entre sus necesidades de inversión tiene el completamiento de los sistemas de residuales y de fertirriego.

El vertimiento o disposición final de residuos en el medio ambiente requiere de una adecuada atención para evitar la contaminación de diversos ecosistemas y recursos naturales asociados, por lo que los sistemas de tratamiento de residuales no pueden verse aislados de la opción requerida para el vertimiento de sus efluentes líquidos y sólidos (Betancourt, 1987).

Las aguas residuales generadas por la industria azucarera y de sus derivados se caracterizan por contener materia orgánica y nutrientes, lo que las convierte en fuente de fertilizantes naturales para diferentes cultivos al emplearlas en el riego, constituyendo su uso un ahorro de recursos, al tiempo que contribuyen a la disminución del impacto sobre el medio ambiente. Para hacer un uso adecuado de esta agua en el riego se debe controlar a los efluentes del sistema de tratamiento determinados parámetros establecidos por las normas de riego.

En el proceso productivo de la UEB Central Azucarero “Héctor Rodríguez” no se ha implementado un sistema de buenas prácticas, en cuanto a la gestión del agua en el proceso y a la gestión y tratamiento del agua residual desde la fuente de origen, hasta su vertimiento, lo cual crea severas afectaciones al medio ambiente, constituyendo este el motivo de la investigación.

Problema científico:

¿Cómo lograr una gestión y tratamiento adecuados de las aguas en la UEB Central Azucarero “Héctor Rodríguez”, logrando que el efluente del sistema de tratamiento de las

aguas residuales cumpla con los parámetros establecidos para su vertimiento en suelo a través de riego?

Hipótesis de la investigación:

Si se establecen las medidas necesarias para dar solución al problema de la adecuada gestión del agua y tratamiento de las aguas residuales se puede lograr que el efluente del sistema cumpla con los requisitos establecidos por la norma para su empleo en riego

Objetivo general:

Proponer medidas para la gestión del agua en el proceso y la gestión y tratamiento de las aguas residuales industriales de la UEB Central Azucarero “Héctor Rodríguez” con vistas a su empleo en riego.

Objetivos específicos:

1. Diagnosticar la situación actual que presenta el uso y manejo del agua en el proceso industrial, así como la generación, tratamiento y disposición final de las aguas residuales.
2. Evaluar el impacto ambiental que provoca la inadecuada gestión del agua y aguas residuales del proceso de producción de azúcar.
3. Proponer soluciones que permitan un manejo adecuado del recurso agua, así como un eficiente tratamiento y disposición final de las aguas residuales.
4. Evaluar económicamente las soluciones propuestas.

CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

1.1. INTRODUCCIÓN

En este capítulo se abordan aspectos relacionados con la contaminación, las técnicas para su control, métodos para el tratamiento de las aguas residuales de la industria azucarera y posibilidades para su reuso. También se revisaron los temas relacionados con la evaluación de impactos.

1.2. LA CONTAMINACIÓN

Durante años la actividad humana ha venido produciendo efectos y alteraciones en los sistemas naturales. El desarrollo industrial y tecnológico por una parte, y el acelerado crecimiento demográfico, por la otra, además de aumentar los patrones insostenibles de producción y consumo, han introducido al medio ambiente una gran variedad de productos químicos sintéticos, peligrosos para los seres vivos, que la naturaleza no los degrada con la suficiente celeridad, ni el hombre los logra eliminar sin causar daños al entorno. Se une al incremento de la generación de residuos y emisiones, los altos consumos de energía no renovables, de agua, materias primas e insumos que provocan además cuantiosas pérdidas económicas (MCITMA, 2011-2015).

La contaminación se define como la presencia en el medio ambiente de una o más sustancias o cualquier combinación de ellas, así como toda forma de energía, (calor, radiactividad, ruidos y vibraciones) que al actuar sobre los diferentes componentes del medio originan efectos adversos sobre la salud y el bienestar humano, la flora, la fauna y los niveles de calidad ambiental de determinados ecosistemas. La contaminación puede ser física, química o biológica, atendiendo a la naturaleza de los procesos que la originan.

El Decreto-Ley 138, de julio de 1993, en su artículo 3, define la contaminación como la acción y el efecto de añadir al agua materias o formas de energía, o inducirle condiciones que de modo directo o indirecto, impliquen una alteración perjudicial de su calidad en su relación con los usos posteriores o su función ecológica.

Según Fernández, 2003; citado en Sosa, 2009, entre las inminentes amenazas que comprometen a corto plazo, no solamente la calidad de vida de la humanidad y demás especies animales y vegetales, sino la propia supervivencia de los seres vivos, se encuentra la contaminación ambiental.

El fenómeno de la contaminación afecta a los recursos y puede modificar las condiciones naturales de vida del hombre, al incidir en el deterioro de la calidad ambiental del aire y de los recursos de agua y suelos, necesarios para la satisfacción de las necesidades alimentarias y de abastecimiento.

Aunque en la actualidad se conocen diversas alternativas para reducir la generación de contaminantes, se necesita comprender mejor el alcance de los problemas que estos originan. Si se toman decisiones sin entender plenamente las causas y las dimensiones de sus impactos, no se logrará más que crear otros conflictos.

Al mismo tiempo, el control de la contaminación ha adolecido de pocos incentivos para esforzarse por alcanzar una mayor eficiencia, y con ello, un menor nivel de contaminación, debido fundamentalmente a la aparente abundancia de recursos, y también, porque deshacerse de los desechos, ha resultado siempre menos costoso que mejorar la eficiencia de un sistema.

La contaminación de las aguas terrestres y marinas en Cuba está provocada en gran medida, porque casi la totalidad de las industrias heredadas al triunfo de la revolución carecían de sistemas de tratamientos de residuales. El proceso de industrialización llevado a cabo a partir de 1959 y hasta fecha muy cercana, careció de una dimensión ambiental adecuada, siendo el vertimiento de los residuos fabriles la causa fundamental de la contaminación de ríos y bahías (Merino, M., 2003).

La autora del trabajo coincide con la valoración de Terry, acerca de los factores que inciden en la contaminación por residuales líquidos, entre los que se encuentran: la inadecuada gestión de estos residuales, unido a la insuficiente cobertura de tratamiento en el ámbito nacional, incidiendo otros factores como la insuficiente introducción de las estrategias de producción más limpia y consumo sustentable para minimizar la contaminación en la fuente de origen, la utilización de tecnologías no idóneas para garantizar los requerimientos de remoción de los contaminantes de interés antes del vertimiento a los cuerpos receptores, la inadecuada operación y mantenimiento de los sistemas de tratamiento construidos y la ausencia de estrategias nacionales para el reuso de aguas residuales.

Ante el incremento creciente de los problemas de contaminación se hace cada vez más necesario incrementar los esfuerzos en aras de un desarrollo sostenible, donde se garantice la supervivencia de las futuras generaciones (MCITMA, 1997).

Las fuentes de contaminación no puntuales son aquellas en las que el origen de la contaminación no puede definirse de una forma precisa, dado el carácter disperso de la misma. Algunos ejemplos de este tipo de fuentes incluyen la contaminación generada como resultado de la escorrentía agrícola originada por la aplicación de fertilizantes y plaguicidas, así como la deposición ácida resultante del proceso de arrastre de los contaminantes atmosféricos hacia la superficie del suelo.

Las fuentes de contaminación también se pueden clasificar en industriales, agropecuarias y doméstico-municipales, en atención a la actividad socio-económica productiva que se desarrolla en la misma.

1.2.1. CONTAMINACIÓN DE LAS AGUAS

En el Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos, 2003, se plantea que los recursos de agua dulce se ven reducidos por la contaminación, unos 2 millones de toneladas de desechos son arrojados diariamente en aguas receptoras y se estima que la producción global de aguas residuales es de aproximadamente 1 500 km³ y que la carga mundial de contaminación puede ascender actualmente a 12 000 km³. Como siempre, las poblaciones más pobres resultan las más afectadas, con un 50 % de la población de los países en desarrollo expuesta a fuentes de agua contaminadas (Paz et al., 2008).

Las fuentes de contaminación más importantes de las aguas terrestres son la agricultura, la ganadería, la industria y los residuales urbanos y domésticos (López et al., 2006).

1.2.2. CONTAMINACIÓN DE LOS SUELOS

El suelo ha sido siempre el vertedero por excelencia de una buena parte de los residuos originados por el hombre, dada su fácil accesibilidad.

A diferencia de lo que ocurre en los medios hídricos y atmosféricos, el contaminante en el suelo es en principio poco móvil, con lo que los efectos diluyentes característicos de los medios anteriores, tan solo juegan un papel marginal, por lo cual este componente se somete a grandes tensiones ambientales de difícil reparación.

Las características de los componentes del suelo hacen que se considere un buen medio depurador de las corrientes que se hacen percolar por el mismo, al retener contaminantes a partir de fenómenos de adsorción física, de interacción química y transformación como resultado del desarrollo de determinadas reacciones químicas.

El aporte de aguas residuales industriales modifica la porosidad del suelo, aumentando o disminuyendo la distribución y tamaño de los poros en función de la escasez de los sólidos disueltos, del volumen de líquido aplicado y de las condiciones climáticas.

Los sólidos presentes en los vertidos pueden alterar notablemente el suelo, debido a su capacidad de ocluir los poros del mismo impidiendo una aireación adecuada y deseable.

Los residuos químicos presentes en las aguas residuales, pueden actuar también sobre los agregados del suelo, produciendo modificaciones estructurales. Estas variaciones que operan en detrimento de las características del suelo pueden ser compensadas por la presencia de materia orgánica, que aumenta y estabiliza los agregados.

La estrategia ambiental hasta el 2015 de la provincia de Villa Clara plantea que los problemas de la degradación de los suelos constituyen prioridad territorial a partir del Programa Provincial de Lucha contra la Desertificación y la Sequía, con la aplicación de las medidas de conservación y mejoramiento de los suelos, seguimiento y aplicación de los estudios de intrusión salina, la introducción de iniciativas locales para el manejo sostenible de tierras a partir de la identificación de áreas de trabajo en la agricultura.

1.2.3. LA INDUSTRIA AZUCARERA Y DE DERIVADOS Y LA CONTAMINACIÓN

El sector azucarero ha sido tradicionalmente uno de los que mayor incidencia negativa tiene en la contaminación de los suelos, el manto freático y las aguas superficiales, dada la agresividad o toxicidad de los componentes que se depositan en la tierra o salen al aire. Siendo los mayores contaminadores dentro de este sector, los centrales azucareros, por el volumen y la agresividad de sus residuales, por lo que una parte importante de las inversiones en este sector se destinan a mejorar, transformar o modernizar sistemas que permitan el tratamiento de estos residuos.

La incorrecta manipulación de los residuales azucareros, así como la no conclusión de inversiones para el adecuado tratamiento de estos ha traído consecuencias desfavorables para los ecosistemas en general, un caso específico es el de las afectaciones causadas por el central Tuinicú a la presa Zaza, en la provincia de Santi Spíritus (Borrego).

La estrategia del Grupo Empresarial AZCUBA, para dar solución a esta problemática, se extiende hasta el 2016, debiendo concluir los sistemas de tratamiento de aquellos residuales que se vierten al medio ambiente. Como parte de las sucesivas mejoras en los ingenios se logró reducir el índice de consumo de agua en el proceso de fabricación de azúcar de 1,6 metros cúbicos por tonelada de caña molida a 0,42, lo que se considera el

mayor impacto del programa, ya que mientras menos líquido se emplee menor será la cantidad de residuales que se generen (González, 2012). La trascendencia de este logro se traduce también en el considerable ahorro de agua que se produce en un sector clave de la economía cubana.

1.2.4. PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA: PREVENCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN

Durante muchos años, los sectores ambientalistas se concentraron en exigir a la industria que instalara equipos para el control de la contaminación con el fin de reducir los riesgos para la salud y el ambiente asociados con los contaminantes particulares de la misma.

Este método llamado control de salida, probablemente fue apropiado en esa época, considerando los tipos de problemas ambientales que se afrontaban, pero dichos controles no hacen más que desviar la contaminación de un medio a otro.

A finales de la década del 80, comenzó a manifestarse una nueva tendencia en el ámbito internacional para la protección y preservación del ambiente: Prevenir la contaminación antes que se genere. La prevención, que abarca la reducción en las fuentes, la mayor eficiencia industrial, la reducción de los desechos y el reciclaje, se está convirtiendo así, en el nuevo y principal método de control.

Prevenir la contaminación y la generación de residuos en la fuente de producción, combinando los máximos efectos positivos sobre el medio ambiente con ahorros y ganancias sustanciales para la industria, es el objetivo de producciones más limpias y de minimización de residuos (Brown, 1999; citado en Leiva, 2004).

“Producción más limpia es la aplicación de una estrategia ambiental preventiva e integrada aplicada a los procesos productivos, productos y servicios. Incluye un uso más eficiente de los recursos naturales y por ende minimiza los desechos y la contaminación así como el riesgo a la salud humana y a la seguridad. Ataca los problemas en la fuente en lugar de hacerlo al final del proceso productivo; en otras palabras evita la aproximación de ‘final del tubo’. Para los procesos productivos, Producción más limpia incluye la conservación de materias primas y energía, la eliminación de materias primas tóxicas y la reducción en la cantidad y toxicidad de todas las emisiones y desechos. Para los productos, involucra la reducción de los efectos negativos del producto a través de su ciclo de vida, desde la extracción de materias primas hasta la disposición final del producto. Para los servicios, la estrategia se enfoca en incorporar la dimensión ambiental en el diseño y prestación de los mismos.” (PNUMA, 1999; citado en Peraza, 2010)

Para la industria existen oportunidades importantes de reducir o evitar contaminación en la fuente, a través de cambios costeables en la producción, operación y el uso de materias primas. Con bastante frecuencia, las oportunidades para la reducción en las fuentes no se entienden, porque los reglamentos ambientales existentes y los recursos industriales que estos requieren, se enfocan en el tratamiento y eliminación, en lugar de la reducción en la fuente. Investigaciones realizadas por Rodríguez et al., 2007, demuestran que el diseño de un sistema de gestión de residuos líquidos y sólidos, basados en las normas ISO 9000 y 14000, permite el ahorro de recursos y la recuperación de desechos en procesos productivos, evitando gastos y la contaminación del manto freático.

Las buenas prácticas constituyen las medidas más económicas en la mayoría de los casos y de fácil implementación, están relacionadas fundamentalmente con las materias primas y materiales del proceso, puede incluirse entrenamiento y motivación del personal referente a los cambios con respecto al funcionamiento de los equipos, instrucciones de manipulación para materiales y envases, entre otras (Peraza, 2010).

Según Cano et al., 2004, las actividades agrícolas y pecuarias, enmarcadas en el esquema de Buenas Prácticas Agrícolas, deben encaminarse hacia una producción consciente del compromiso integral con el manejo y protección del medio ambiente, siendo este un mecanismo de desarrollo de la política nacional de producción más limpia.

Una jerarquía lógica de manejo de residuos estaría basada en el principio de que la contaminación debería evitarse o reducirse en la fuente siempre que fuera práctico, mientras que la contaminación que no se puede evitar, debería reciclarse de una manera ambientalmente segura. Por falta de prevención práctica u oportunidades de reciclaje, la contaminación se debería de tratar.

Terry, C., 2003; citado en Leiva, J., 2004, plantea que la opción de tratamiento puede usarse para obtener una corriente adecuada para el reuso o reciclaje. Como último recurso debería usarse la eliminación u otra descarga hacia el medio ambiente.

Desde hace años se vienen desarrollando en el sector productivo cubano algunas prácticas dirigidas a mitigar los efectos negativos sobre el medio ambiente, principalmente en las industrias y actividades más contaminantes, su introducción ha sido limitada por factores de diversa índole. Entre ellos, la carencia de recursos materiales y financieros y las dificultades para acceder a tecnologías más limpias, el énfasis de las normativas y sistemas reguladores sobre las emisiones y sistemas de control de la contaminación a la

salida del proceso, la inexistencia de normativas tecnológicas y ambientales actualizadas y otros factores subjetivos como la falta de conocimiento a todos los niveles de las organizaciones productivas sobre los beneficios económicos y ambientales de la introducción de prácticas de producción más limpia y el insuficiente nivel de exigencia por parte de las autoridades ambientales (Hernández, 2007).

La autora coincide con el criterio de Hernández cuando plantea:

... resulta necesario diseñar un nuevo enfoque de trabajo en la gestión ambiental en Cuba, que permita introducir y aplicar el concepto de producción más limpia de forma integral y sistémica dentro del sector productivo, haciendo énfasis en la prevención de la contaminación, la minimización y el aprovechamiento económico de los residuales, como principales opciones para reducir las cargas contaminantes dispuestas al medio ambiente en las condiciones de nuestro país (Hernández, 2007).

Una necesidad existente para la introducción efectiva y práctica del concepto de P+L es la revisión, actualización y modificación de las normas técnicas y jurídicas vigentes y la implementación de los programas de monitoreo ambiental (Pérez de Alejo, 2000; Terry et al., 2003; citados en Hernández, 2007).

1.3. EL AGUA EN LA INDUSTRIA AZUCARERA

En el inciso “a”, artículo 4 del decreto-ley 138, de las aguas terrestres, se establece que todo usuario de aguas terrestres, en atención a su deber de asegurar la utilización racional de éstas, estará obligado a organizar, asegurar y controlar el aprovechamiento y el uso eficiente de los volúmenes de agua que se le hayan asignado, incluidas la evitación y la supresión de pérdidas por filtraciones, salideros, evaporación y desperdicio en sentido general (Gaceta, 1993).

Se consideran como aguas para uso industrial las empleadas para el enfriamiento, calentamiento y generación de vapor, las cuales a diferencia de las aguas de proceso, exigen en algunos aspectos condiciones muy específicas (Díaz, 1987).

El uso del agua en los ingenios azucareros, según el criterio de Castellanos et al., 2005, depende de varios factores, siendo los más importantes los vinculados con su disponibilidad, calidad y temperatura, estableciendo las categorías siguientes: uso del agua vinculada directamente con el proceso productivo, agua vinculada indirectamente con el proceso productivo y agua no vinculada al proceso productivo.

El agua empleada en las actividades industriales, al igual que la de consumo humano, debe responder a determinadas normas de calidad.

Según el uso del agua dentro del proceso industrial, estas se clasifican en:

- Aguas que intervienen directamente como materia prima dentro del proceso.
- Aguas para el enfriamiento.
- Aguas para el calentamiento.
- Aguas para la generación de vapor.
- Aguas para la limpieza de equipos e instalaciones.
- Aguas para resolver los requerimientos higiénicos sanitarios del personal.

Teóricamente la caña de azúcar posee en su composición la cantidad de agua necesaria para completar el proceso de fabricación de azúcar. Entre los factores que motivan un consumo de agua adicional en este proceso se pueden valorar razones de origen operativo como las frecuentes paradas en el proceso, el despilfarro incontrolado en labores de limpieza y enfriamiento y otras de origen tecnológico (ICINAZ, 2005).

Castellanos et al., 2005, refiere entre las causas fundamentales que determinan el consumo de agua en los ingenios azucareros las siguientes:

- Desaprovechamiento de las aguas condensadas e inadecuados sistemas de recuperación.
- Subutilización de las capacidades propias para la generación de energía eléctrica.
- Desaprovechamiento de las máximas capacidades potenciales de los evaporadores de múltiple efecto.
- Cañas de pobre calidad y con exceso de materias extrañas.
- Mala operación de calderas y hornos.

El esfuerzo desplegado en las empresas del sector azucarero por reducir el consumo del agua de fuentes externas se duplicó en los últimos años, sin embargo está aún distante de lo que se puede hacer.

Catá et al., 2005, han realizado investigaciones donde hacen uso de herramientas de integración de procesos, a través del diagrama fuente- sumidero, logrando optimizar la

distribución de los flujos, lo que ha propiciado cuantiosos ahorros en cuanto a consumos de agua fresca.

El agua empleada en los requerimientos higiénicos sanitarios y la elaboración de alimentos para el personal, debe cumplir las normas de calidad del agua potable, así como la empleada en la limpieza, aunque esta en ocasiones debe tener mayor calidad en cuanto a la dureza.

La industria depende en alto grado de un adecuado abastecimiento de agua, la que se utiliza como componente de productos o de manera indirecta en el control del proceso de producción. En los últimos años el consumo de agua ha aumentado a razón de 1 a 1,5 por ciento por año, fundamentalmente en los países desarrollados, siendo la cantidad de agua dulce disponible para usos industriales, agrícolas, domésticas y de algún otro tipo limitada, ya que tan solo alcanza 0,003 por ciento (Castellanos, 2005; citado en Velásquez, L.,2010).

El consumo de agua es un parámetro clave que determina los volúmenes y concentraciones de los residuales líquidos a manejar y por ende la capacidad y características de los sistemas de tratamiento y disposición final. Para consumir menos agua es necesario cerrar los sistemas, recircular las aguas de proceso en los casos en que sea posible, realizar la recogida en seco de desperdicios y garantizar el buen estado de los sistemas de conducción y los depósitos de almacenamiento (MCITMA, 1998).

El agua para el intercambio calórico y la generación de vapor debe cumplir con toda una serie de requisitos específicos y en especial la empleada para la generación de vapor.

En lo referente a las características de las aguas para procesos es prácticamente imposible definir normas de calidad universales ya que estas dependen del tipo de producción y de la tecnología utilizada.

1.4. RESIDUALES LÍQUIDOS

Se considera como aguas residuales, una porción líquida conteniendo sólidos disueltos y en suspensión. Desde el punto de vista de su generación, las aguas residuales pueden definirse como una mezcla de líquidos y sólidos de diversos tipos, procedentes de las viviendas, instituciones, comercios y establecimientos industriales, junto a las cuales pueden venir también aguas subterráneas, superficiales y de lluvia.

Según Serrano, 2006; Tortosa et al., 2006; Metcalf y Eddy, 1995; Mendonça, 1987; citados en Velazco, 2007, se entiende por aguas residuales o residuales líquidos, considerando su origen, la combinación de agua y residuos procedentes de diferentes actividades socioeconómicas y productivas, industrias, viviendas, instalaciones agropecuarias, a las que pueden agregarse de forma eventual determinados volúmenes de aguas subterráneas, superficiales y pluviales.

1.4.1. CARACTERIZACIÓN DE RESIDUALES

La caracterización de un residual trae aparejada la determinación de su composición y de los flujos y concentraciones máximas, mínimas y medias del mismo. En el caso de la caracterización de residuales industriales esta tarea puede llevar meses de trabajo cuando se quiere muestrear bajo diferentes condiciones climáticas, épocas del año y variantes de producción.

Para caracterizar las aguas residuales de una industria es necesario hacer una planificación y selección adecuada de los puntos de muestreo; elegir la frecuencia para la toma de muestras y el tipo de muestras (Barreto, 2005).

La composición de los residuales industriales depende del tipo de industria, pudiendo presentarse variaciones en dependencia de la tecnología empleada, materias primas, utilización de corrientes de desecho, etc.

Durante la caracterización de un residual industrial deben efectuarse como mínimo los análisis siguientes: Sólidos totales, disueltos, suspendidos, sedimentables, fijos y volátiles en cada caso; DBO₅, DQO, Nitrógeno total, orgánico, amino libre, nitritos y nitratos; Fósforo, pH, Alcalinidad, Acidez, Grasas, Ácidos volátiles, Oxígeno disuelto y Color.

Además de lo anterior, deben determinarse los flujos volumétricos de residual, así como otros análisis adicionales que sean de interés en dependencia de la procedencia de este.

Es recomendable además, que si la industria tiene varias fuentes de emisión de residuales, se trate de caracterizar estas por separado, lo cual facilitará la selección de la variante de tratamiento más adecuada para las mismas (Díaz, 1987). Lo anterior es de gran interés, ya que con frecuencia se observa que es posible, o bien reutilizar algunas corrientes de agua recirculándoles dentro de la planta, o acondicionar otras para su vertimiento mediante algún proceso relativamente sencillo, lo cual implica siempre un considerable ahorro.

1.4.2. PODER CONTAMINANTE DEL RESIDUAL

Dada la situación existente con los residuales industriales, donde no es posible hablar de una composición estándar como en el caso de los domésticos y con vistas a facilitar la estimación de algunos parámetros de diseño, se ha buscado la forma de homologar el poder contaminante de los residuales industriales con el del albañal humano.

Esto se realiza a través del cálculo de la población equivalente que permite expresar el poder contaminante de un determinado emisor en términos poblacionales.

Para ello se toman como datos (según experiencias realizadas en los Estados Unidos principalmente) que el consumo de agua por persona (conocido como dotación) es de 380 dm³/día. A partir de esta información y de la composición media del albañal humano, se tiene que una persona aporta diariamente:

Tabla 1.1. Nivel de contaminantes aportado diariamente por persona

Intervalo	Valor típico
80-120	85 g de DBO5
90-150	120 g de sólidos suspendidos
10-18	15 g de nitrógeno total
3-6	4 g de fósforo total

La expresión empleada para el cálculo de este índice conocido como equivalente poblacional es:

Equivalente poblacional = dotación* parámetro seleccionado.

Una vez que se dispone del valor del equivalente poblacional, es posible calcular la fuerza de un residual industrial en términos poblacionales, lo cual se conoce como población equivalente y se calcula a través de la siguiente expresión:

$PE = Q \cdot \text{parámetro seleccionado}$

Equivalente poblacional

Donde:

PE: Población equivalente.

Q: Flujo volumétrico.

Por lo general, el índice seleccionado acostumbra a ser la DBO5 o los sólidos suspendidos totales del residual.

1.4.3. TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

El tratamiento de las aguas residuales industriales es de gran importancia con vistas a evitar posibles contaminaciones del medio ambiente, ya que estas traen consigo diversas concentraciones de productos químicos que en algunos casos pueden ser perjudiciales en aguas usadas para beber, nadar, lavar o utilizadas como fuentes de regadíos en los campos agrícolas, ya que pueden afectar el proceso de nutrición de las plantas provocando tanto toxicidad a las mismas, como a los animales que se nutren de ellas o beben dicha agua (Merino, 2003).

Puede decirse que para cada tipo de agua residual es necesario "cortar a la medida" el sistema específico de tratamiento, buscando primero, las causas de la generación de esos efluentes para minimizar sus efectos y, posteriormente, diseñando el arreglo más eficaz, tanto desde el punto de vista económico como desde el punto de vista de los posibles efectos a corto, mediano y largo plazo (Durán de Bazúa, 1993;1994, citado en Hernández et al.).

Para el diseño de redes e instalaciones para tratar aguas residuales, es necesario conocer, no solo el flujo diario de las aguas, sino su comportamiento en las distintas horas del día y el gráfico de las variaciones diarias de la composición de estas, basado en indicadores físico-químicos (Yákovlev et al., 1987; citado en Barreto, 2005).

Los métodos empleados para el tratamiento de aguas residuales dependen del tipo de contaminante y del proceso industrial en cuestión, pudiendo ser agrupadas las mismas por tipo de tratamiento en cuatro categorías.

- Tecnologías de tratamiento físico
- Tecnologías de tratamiento químico
- Tecnologías de tratamiento biológico
- Procesos de tratamiento termal

El tratamiento de aguas residuales para retirar compuestos orgánicos se ha realizado tradicionalmente mediante la degradación biológica. Este método ha sido de gran efectividad en el tratamiento de desechos de tipo doméstico, no siendo así en el caso de los de tipo industrial, entre otras razones por las siguientes causas: ciertos compuestos

orgánicos pueden ser tóxicos para los microorganismos, por lo que inhiben la degradación, no todos los materiales pueden degradarse fácilmente para lograr concentraciones lo suficientemente bajas mediante este tratamiento.

Según criterio de diversos autores (Junco, 2007; González, 2007; Qasim, 1994; Davis y Cornwell, 1985; citados en Velazco, 2007) los tratamientos biológicos más empleados son los filtros percoladores o filtros biológicos y los discos biológicos rotatorios, los cuales emplean procesos de cultivo fijo, así como los de lodos activados y las lagunas de oxidación o estanques de estabilización que son procesos de cultivo en suspensión.

Los procesos de digestión anaeróbica de aguas residuales industriales pueden desarrollarse según diferentes consideraciones para el tratamiento. Estos procesos reciben el efecto combinado de factores físicos y químicos que pueden alterar el comportamiento de la biota responsable de la degradación del residual (Morrell y Jacinto, 2004).

Las tecnologías de tratamiento anaerobio como el reactor de flujo ascendente anaerobio de lecho de lodos (UASB) y el filtro anaerobio, están siendo rápidamente aceptados para tratamiento industrial de aguas residuales que no cumplen con las regulaciones ambientales para descarga directa a cuerpos receptores por su elevada DQO, bajo pH, presencia de sólidos en suspensión y grandes volúmenes (Bermúdez et al., 2003).

La utilización de lagunas de estabilización constituye una de las variantes de mayor aplicación para el tratamiento de aguas residuales con contenido de materia orgánica, siendo el sistema de tratamiento biológico más difundido en Cuba. Los requerimientos de grandes áreas y la producción de efluentes con niveles relativamente altos de sólidos suspendidos (algas) y nutrientes, constituyen sus principales desventajas.

En una laguna de estabilización tienen lugar importantes reacciones fisicoquímicas y bioquímicas que permiten la mineralización de la materia orgánica presente. Los procesos que tienen lugar en las lagunas dependen del tipo de las mismas y de distintos factores, entre los que cabe destacar por su importancia, la luz, la temperatura, el pH, el oxígeno disuelto, la cantidad de nutrientes y los elementos tóxicos presentes en el influente, la salinidad y los fenómenos atmosféricos que pueden afectar a la laguna. Todos estos factores pueden afectar al desarrollo de los microorganismos presentes en el agua y que son los responsables de la degradación de la materia orgánica (Sáenz, R., 1985; citado

en Yera, E., 2009) Estos sistemas requieren de una adecuada atención en su operación y mantenimiento para lograr resultados efectivos en el tratamiento.

Los principales aspectos a considerar para su adecuado funcionamiento son:

- Debe respetarse la capacidad para la cual fue diseñada.
- Deben funcionar los tratamientos preliminares y primarios.
- Solo deben alimentarse las corrientes residuales de composición orgánica.
- El residual debe llegar a la laguna con un pH neutro.
- La relación C:N:P debe corresponderse con la proporcionalidad 100:5:1.

El tratamiento de las aguas residuales se realiza en varias etapas, las que se diferencian entre sí por las características de sus operaciones y los objetivos perseguidos en cada una de ellas, existiendo tratamientos primarios, secundarios y terciarios.

Tratamiento primario. Tiene por objetivo preparar el residual para el tratamiento secundario. Durante este se eliminan del residual los sólidos suspendidos, empleando para ello diferentes operaciones tales como: cribado, sedimentación, flotación, etc., además se homogeniza el residual para evitar que las posibles fluctuaciones bruscas puedan incidir sensiblemente sobre el tratamiento secundario, se ajusta su pH y el contenido de nitrógeno y fósforo.

Cuando el residual posee una carga orgánica muy elevada, dentro del tratamiento primario es posible incluir una etapa de digestión anaerobia.

Tratamiento secundario. Constituye el verdadero centro de la planta de tratamiento, mediante el mismo se somete al residual a un tratamiento más profundo, utilizando para ello una o más etapas. Los procesos empleados pueden ser de dos tipos: biológicos y químicos, basándose los tratamientos en la oxidación biológica o química de la materia orgánica presente.

Tratamiento terciario. Tiene por objetivo adecuar el efluente del tratamiento secundario para su vertimiento o reutilización, el mismo puede incluir diferentes procesos biológicos, químicos o fisicoquímicos que dependen de las características del residual y de las condiciones del vertimiento.

En términos generales no se puede hablar de un esquema típico de tratamiento y menos aún cuando se trata de residuales industriales. El tratamiento puede ser muy variado e incluso se pueden obviar etapas completas.

Los requisitos, según (Díaz, 1987), que deben cumplir todos los tratamientos de residuales son los siguientes:

- Ser efectivos en la remoción de materia orgánica.
- Ser relativamente económicos en lo referente a los costos de inversión.
- Ser energéticamente aceptables.
- No deben aportar impurezas adicionales al agua tratada.

El factor más importante en el análisis global de las alternativas posibles para el tratamiento de las aguas residuales es el estudio económico de prefactibilidad del arreglo de tratamiento que resulte más adecuado desde el punto de vista técnico, sin dejar de tener en cuenta la opinión de Morrell y Jacinto, con la cual coincide la autora al expresar que:

En cualquier caso el éxito dependerá de los criterios de calidad que se apliquen y exijan durante la materialización de la producción en el área tecnológica, sin lo cual los sistemas podrían nacer condenados al fracaso o a un bajo nivel de eficiencia (Morrell y Jacinto, 2004).

Una tendencia actual en lo relativo al tratamiento de residuales es lo que se conoce como tratamiento conjunto.

En una comunidad donde existen diferentes industrias, es frecuente encontrarse con algunos residuales tóxicos para los microorganismos, con residuales deficientes en nitrógeno y fósforo y con residuales con exceso de estos elementos, el tratamiento conjunto de todos ellos, permite balancear los requerimientos nutricionales de los microorganismos por una parte, diluir las posibles sustancias tóxicas con otras y operar con tamaños de escala mayores, lo que incidirá positivamente sobre los costos específicos de inversión y operación.

Para llevar a cabo el tratamiento conjunto, es preciso que cada emisor someta a sus residuales a un tratamiento primario y en la planta de tratamiento conjunto, en unión de los restantes residuales, se completa el tratamiento.

Para la concepción y diseño de instalaciones para el tratamiento de las aguas residuales de los centrales azucareros es necesario caracterizar los residuales de la industria específica, debido a que en cada caso varían según la forma en que se realice el proceso de producción y del grado en que se recirculen o se reciclen los residuales. También se deben tener en cuenta los caudales y características de las diferentes corrientes para valorar la necesidad de tratamientos locales (Barreto, 2005).

Investigaciones realizadas por Morrell y Jacinto, 2004 para la purificación de las aguas residuales de los centrales azucareros a escala piloto en un reactor tubular inclinado bajo régimen estacionario, arrojaron resultados favorables, aún para tiempos de residencia relativamente bajos, pudiendo actuar este conjuntamente con los sistemas de lagunas existentes.

Uno de los factores que más dificulta el tratamiento de los residuales de la industria azucarera es el pH, pues para los tratamientos biológicos se requiere un rango de 6.5 a 7.5 y estas aguas muestran valores entre 4.9 y 6.1. Investigaciones realizadas por Barreto, 2004, plantean el empleo de un método de neutralización a partir de utilizar la sosa cáustica residual de la limpieza de los equipos de evaporación.

La autora coincide con la opinión de Barreto, 2004, de que la causa fundamental que origina la acidez de estos residuales es el vertimiento de azúcar a las zanjales y no la incidencia del ácido empleado en las limpiezas, ya que estas se realizan de manera cíclica cada doce días, mientras el vertido de productos azucarados al proceso es diario, incidiendo en el deterioro de las mismas por los procesos fermentativos que se producen.

Estudios realizados por investigadores cubanos sobre esta problemática en centrales de la provincia de Matanzas, demostraron niveles de pérdidas estimados en 10446 toneladas de azúcar base 96, lo que representó pérdidas económicas de 2 872 650 USD.

1.4.4. VERTIMIENTO DE RESIDUALES LÍQUIDOS

El vertimiento de residuales líquidos provoca impactos negativos sobre el medio ambiente que pueden ser bajos, moderados o altos.

El deficiente manejo de los mismos se debe, entre otros factores, al uso ineficiente del agua, materias primas e insumos; uso de materias primas sin la calidad requerida; existencia de tecnologías obsoletas e indisciplinas tecnológicas; bajo nivel de aprovechamiento de las potencialidades existentes para el reuso de efluentes y baja cobertura de tratamiento adecuado (MCITMA, 2011-2015).

Los residuales líquidos pueden ser vertidos en:

- Cuerpos de agua: ríos, mares.
- Suelo, a través de los siguientes métodos: regadío, infiltración, flujo superficial.

1.4.4.1. VERTIMIENTO EN SUELO

El vertimiento de efluentes de plantas de tratamiento en suelos es muy antiguo, constituyendo una opción interesante desde el punto de vista económico, pues permite no solo recuperar agua con fines útiles, sino que en ocasiones posibilita emplear sistemas de tratamiento relativamente sencillos, no obstante su empleo debe realizarse cautelosamente, pues un uso inadecuado puede acarrear serios problemas para las comunidades circundantes.

1.4.4.1.1. VERTIMIENTO A TRAVÉS DE REGADÍO

Constituye la alternativa más empleada de vertimiento de residuales en suelo. Para hacer uso de ella, el residual debe ser sometido a tratamiento primario con el objetivo de eliminar los sólidos sedimentables y flotantes, incluyendo las grasas.

Una variante muy recomendada en este caso es la combinación de un tratamiento primario y lagunas de oxidación, las que pueden servir simultáneamente de recipientes almacenadores de agua.

El régimen de aplicación dependerá del tipo de cultivo y contenido de materia orgánica y nitrógeno del residual.

Entre los cultivos que han sido sometidos a estos sistemas de riego están: los pastos, caña de azúcar, bosques y el maíz, por lo general se trata de seleccionar cultivos que no se consuman crudos posteriormente o directamente por los seres humanos, como una medida de prevención.

Al aplicar el vertimiento a través de regadío deben tenerse en cuenta los siguientes aspectos:

- La profundidad entre el manto freático y la superficie debe ser mayor de 1.5 m para evitar su posible contaminación.
- La pendiente del terreno deberá ser inferior al 20%.
- La permeabilidad del suelo deberá ser moderada. Los suelos deberán ser preferentemente arcillosos.

- Debe controlarse periódicamente la calidad del agua del manto freático.

De emplearse aspersores debe tenerse en consideración la dirección del viento prevaleciente, en aras de evitar que este arrastre el residual a carreteras y comunidades aledañas.

1.4.4.1.2. VERTIMIENTO A TRAVÉS DE INFILTRACIÓN

Este sistema permite el vertimiento de grandes volúmenes de agua, pero sin embargo es altamente riesgoso y en especial para Cuba, donde abundan los suelos cárscicos.

Este método sirve para completar, de manera natural, el tratamiento del residual y simultáneamente recargar el manto freático.

Para su aplicación se cava o aprovecha una oquedad o zanja donde se vierte el residual pre-tratado o el efluente de la planta de tratamiento. Parte del líquido se evapora y la mayor parte percola a través del terreno, de esta manera se utiliza el suelo como un filtro percolador natural.

De existir algún riesgo de contaminación del manto freático se pueden ubicar drenajes inferiores que recolecten el agua así tratada, o en su lugar pozos.

Entre las medidas a tener en cuenta al aplicar esta variante, está el control riguroso de la calidad del manto freático, recomendándose alternar las áreas de aplicación.

Los períodos de aplicación dependen de la calidad del residual y pueden oscilar desde varias horas hasta 1- 2 semanas, con tiempos de descanso que oscilen entre 1- 2 semanas.

1.4.4.1.3. VERTIMIENTO A TRAVÉS DE FLUJO SUPERFICIAL

Mediante este método, el residual se vierte en un sistema de terrazas cultivadas, de pendiente entre 2- 8%. El residual de esta forma corre hasta una zanja recolectora ubicada en el nivel inferior.

Este método puede ser concebido, previo a un tratamiento primario, como método de tratamiento secundario, o si se trata del efluente de un tratamiento completo, como un tratamiento terciario.

1.4.5. POSIBILIDADES DE EMPLEO DE LAS AGUAS RESIDUALES DE LOS INGENIOS AZUCAREROS

En los últimos años, debido a la creciente escasez de agua fresca, la necesidad de proteger el medio ambiente y aprovechar económicamente los residuales se ha promovido internacionalmente el reuso de efluentes, que consiste en la utilización planificada de estos en actividades como:

- Riego agrícola, de áreas verdes en parques, cementerios y campos deportivos.
- Actividades industriales (sistemas de enfriamiento, alimentación de calderas y otros).
- Recarga de acuíferos, acuicultura y alimentación de lagos recreativos.
- Descarga de inodoros, sistemas contra incendios (Serrano et al., 2006 a).

Los residuales provenientes de la industria azucarera y sus derivados, contienen cantidades apreciables de nitrógeno, fósforo y potasio y otros nutrientes beneficiosos para el crecimiento y desarrollo de las plantas, constituyendo un valioso recurso para regar y fertilizar la caña de azúcar y otros cultivos.

El residual de crudos, por cada m³, contiene 0.36 Kg de N, 0.033 Kg de P₂O₅ y 0.064 Kg de K₂O (Jo y Rodríguez, 2000).

El MINAZ, interesado en hacer uso adecuado de esos nutrientes y para eliminar la contaminación ambiental, ha establecido el fertirriego con residuales azucareros en todas las unidades de producción que dispongan de esas aguas y sea posible la instalación del sistema de riego.

Para obtener los máximos beneficios económicos y lograr eliminar la contaminación ambiental, es necesario que el fertirriego se establezca tomando en cuenta normas y principios que son imprescindibles cumplir. Si esas normas y principios se desconocen y no se aplican, los resultados pueden ser perjudiciales al suelo y a las plantaciones y se afectaría aún más el ambiente.

Para esta evaluación se toman en cuenta los valores que aparecen expuestos en la Tabla 29 (Anexo 29), que recoge el criterio de diferentes investigadores (Richard, 1954; Israelsen y Hansen, 1967 y Pizarro, 1985) (Jo, 2007).

En las definiciones metodológicas de gastos de inversión para la protección del medio ambiente en Cuba se plantea que se tendrán en cuenta además, las acciones para la reutilización de residuos líquidos, incluyendo actividades y medidas que apunten a la prevención de la contaminación de las aguas superficiales, reduciendo la descarga de residuales en las aguas superficiales interiores y en las aguas marinas (ONE, 2008).

Diversas experiencias, obtenidas en Cuba a lo largo de 20 años de trabajo, han permitido comprobar que si las aguas residuales se aplican de forma adecuada, el suelo puede ser un buen receptor y purificador de las mismas; mejorando además sus propiedades físicas, biológicas y agroquímicas. Por efecto del fertirriego con aguas residuales se obtiene un efecto acumulativo de los nutrientes o elementos en el suelo; aumenta la materia orgánica, el fósforo y el potasio; y se incrementan significativamente los rendimientos del cultivo. Los resultados obtenidos por el INICA durante los años 1986 – 2006 demostraron la factibilidad de la aplicación de las aguas residuales utilizando indistintamente el riego por gravedad o por aspersión; garantizándose el aprovechamiento de 600 000 m³ de aguas de desecho de la producción azucarera; el ahorro de más de 30 000 t de fertilizantes minerales y el incremento de los rendimientos agrícolas en un rango de 15 a 26 t / ha de caña (Tejeda).

En países productores de azúcar hay amplia experiencia del empleo de los residuales azucareros en el fertirriego, como es el caso de Brasil y los proyectos que se están llevando a cabo en Venezuela.

En Cuba se han llevado a cabo estudios en diferentes empresas, destacándose entre ellos los resultados obtenidos en la aplicación del fertirriego en las UEBs de los centrales azucareros "Mario Muñoz" y "Melanio Hernández"

Los resultados obtenidos en "Melanio Hernández" por diferentes investigadores (Martínez, 1989; Obaya, 1988; Paneque, 1994, 1995), demuestran las ventajas del riego con residuales azucareros y alcohólicos. Los beneficios se manifiestan en mejoras a las características físicas y agroquímicas del suelo que influyen favorablemente en el estado nutricional de las plantas, su desarrollo y crecimiento, lo cual permite que las cepas se mantengan con buen vigor durante más años, y se logre un incremento y estabilidad en los rendimientos por más tiempo. Ese efecto sobre las cepas es más notable en la medida en que el suelo presenta limitantes que influyen desfavorablemente sobre el cultivo. En experimentos desarrollados a largo plazo por Paneque, 1995 se encontró que la vida de

las cepas se prolongó a dos y ocho cortes con rendimientos promedios de más de 100 000 arrobas con edades de 12 meses por cosecha. Si se tiene en cuenta que la reposición de las cepas es uno de los aspectos más costosos en el cultivo de la caña, se puede apreciar el valor económico que tiene utilizar el fertirriego con residuales (Hernández et al).

En el análisis de la conveniencia de reusar el agua residual deben tenerse en cuenta los siguientes aspectos:

- Valoración de las necesidades de tratamiento y disposición de aguas residuales, así como de los beneficios de reuso (precio del agua potable y costo del reuso).
- Análisis del mercado para el reuso.
- Análisis de alternativas y factibilidad técnico económica (Serrano et al., 2006 a).

Además, mediante el uso de la herramienta de evaluación de impactos por Análisis de Ciclo de Vida, se ha demostrado científicamente la disminución del impacto ambiental que genera la industria azucarera, por concepto de reducción del consumo de fertilizantes químicos al utilizar las aguas residuales para el fertirriego (Contreras et al, 2009) y posteriormente validado (Contreras et al, 2013).

Estudios realizados por investigadores como (Solano, et al., 2003), proponen el empleo de los residuales azucareros en la producción de alimento animal (GARANVER) con lo cual se pueden reciclar los desechos de los ingenios azucareros de manera segura y alcanzar beneficios económicos y ambientales. La reducción del impacto ambiental por dicho concepto, también ha sido demostrada por Contreras et al., (2009, 2013).

García, 2005, ha realizado investigaciones encaminadas hacia la utilización de los residuales y subproductos sólidos de la agroindustria azucarera para la obtención de biomasa proteica por fermentación en estado sólido para emplearla como pienso en la alimentación animal.

Para los residuales de la industria azucarera y derivados se han diseñado diferentes tratamientos entre los cuales, la producción de biogás y de biofertilizantes es una alternativa de grandes perspectivas, pues no sólo elimina estos focos de contaminación, sino que constituye una forma de aprovechar los mismos en la obtención de productos útiles para la economía del país (Herryman y Santiesteban).

Para aumentar la producción de biogás es factible añadir otros residuos biodegradables a los residuos ganaderos, tales como residuos orgánicos agroindustriales (co-digestión). La principal ventaja de la co-digestión radica en el aprovechamiento de la sinergia de las mezclas, compensando las carencias de cada uno de los substratos por separado (Pascual et al., 2009).

Al gradual interés por el biogás como portador energético se suma el de las campañas por la defensa del medio ambiente y el recurso agua, elementos que bajo el nuevo enfoque energético vinculado al desarrollo sostenible hacen del biogás un portador energético aún más atractivo.

Cuba, con más de 500 plantas construidas en los últimos diez años, junto con Colombia, Kenia, México y Guyana, se encuentra en el grupo de países que cuentan con cientos de plantas de biogás (Guardado, A.).

1.5. LA EVALUACIÓN DE IMPACTOS EN LA PROTECCIÓN DEL MEDIO AMBIENTE

En el Artículo 27 de la Constitución de la República de Cuba se establece que:

El estado protege el medio ambiente y los recursos naturales del país, reconoce su estrecha vinculación con el desarrollo económico y social sostenible para hacer más racional la vida humana y asegurar la supervivencia, el bienestar y la seguridad de las generaciones actuales y futuras, estando su aplicación a cargo de los organismos correspondientes, así como que es un deber de todos los ciudadanos contribuir a la protección del agua, la atmósfera, la fauna y todo el rico potencial de la naturaleza.

La ley 81 del medio ambiente, en su capítulo II, conceptos básicos, define la Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) como:

El procedimiento que tiene por objeto evitar o mitigar la generación de efectos ambientales indeseables, que serían la consecuencia de planes, programas y proyectos de obras o actividades, mediante la estimación previa de las modificaciones del ambiente que traerían consigo tales obras o actividades y, según proceda, la denegación de la licencia necesaria para realizarlos o su concesión bajo ciertas condiciones. Incluye una información detallada sobre el sistema de monitoreo y control para asegurar su cumplimiento y las medidas de mitigación que deben ser consideradas (MCITMA, 1997).

Dentro de la gestión ambiental, la Evaluación de Impacto Ambiental (EIA), se ha incorporado a los proyectos que involucren alguna gestión con el medio ambiente, con el objetivo de identificar oportunamente los problemas ambientales en el ciclo de proyecto,

evaluar la magnitud de los impactos y evitar, atenuar o compensar los impactos adversos. Las EIA constituyen uno de los instrumentos preventivos más eficaces para la preservación de los recursos naturales y la defensa del medio ambiente (Peraza, 2010).

La literatura reporta diversas metodologías para hacer una evaluación de impacto ambiental, una de las más utilizadas es la que propone Conesa, 2000, por ser una metodología detallada, rigurosa y concreta, siendo de gran utilidad para los equipos multidisciplinarios que se ocupan de llevar a cabo tanto los estudios de impacto ambiental como las evaluaciones de impacto correspondientes, sobre todo en la fase de proyecto, aunque puede aplicarse también a cualquier organización en operación.

En la Estrategia Ambiental 2011-2015, dentro de los instrumentos de la política y la gestión ambiental en cuanto a la planificación plantea lo siguiente:

En correspondencia con los Artículos 19 y 20 de la Ley de Medio Ambiente, garantizar que todos los planes, programas y proyectos de desarrollo económico y social, sean de carácter nacional, provincial o municipal, se elaboren o adecuen, según proceda, en concordancia con los principios rectores de esta Ley, a las políticas, estrategias y programas ambientales establecidos por las autoridades competentes y a las disposiciones que emanen de éstas y que las medidas destinadas a la protección del medio ambiente formen parte integrante y prioritaria de los planes para la ejecución de proyectos de obras o actividades (MCITMA, 2011).

1.6. CONCLUSIONES PARCIALES

1. La Industria azucarera y de derivados es una de las principales fuentes contaminantes de origen industrial en Cuba, por generar grandes volúmenes de aguas residuales.
2. La aplicación de prácticas de producción más limpia, encaminadas a la prevención y disminución de la contaminación en la fuente, así como el uso del reciclaje/reutilización de las aguas residuales del proceso industrial, constituyen alternativas viables para reducir los niveles de carga contaminante que hoy aportan la industria azucarera y sus derivados.
3. Las aguas residuales provenientes de la industria azucarera y sus derivados, contienen cantidades apreciables de nitrógeno, fósforo y potasio y otros nutrientes beneficiosos para el crecimiento y desarrollo de las plantas, constituyendo un valioso recurso para regar y fertilizar la caña de azúcar y otros

cultivos, pero para hacer uso de ella debe cumplir con los requisitos expuestos por la metodología utilizada por AZCUBA.

4. El empleo de las aguas residuales de la industria azucarera junto a otros residuales del proceso productivo en la alimentación animal y la producción de biogás, constituyen vías para el manejo sostenible de estos residuos contribuyendo a disminuir su impacto en el medio ambiente.
5. Los procesos biológicos constituyen un método eficaz para el tratamiento de las aguas residuales de la industria azucarera y el vertimiento en suelos a través de regadío constituye la alternativa más empleada para la disposición de los efluentes de los mismos.
6. Por las características específicas de las aguas residuales de la industria azucarera y sus derivados, de carácter orgánico, la combinación de un tratamiento primario y lagunas de oxidación es una alternativa eficaz para el tratamiento de las mismas.

CAPÍTULO II. DIAGNÓSTICO SOBRE LA GESTIÓN DEL AGUA EN EL PROCESO INDUSTRIAL Y EL TRATAMIENTO Y VERTIMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES EN LA UEB CENTRAL AZUCARERO "HÉCTOR RODRÍGUEZ"

2.1. INTRODUCCIÓN

En el presente capítulo se realiza un diagnóstico sobre la gestión del agua en el proceso industrial y la generación y tratamiento de las aguas residuales del mismo, incluyendo las condiciones para su vertimiento. Se hace una evaluación de la incidencia que sobre la generación y contaminación de las aguas residuales tienen determinadas acciones dentro del proceso productivo y del impacto que actualmente provoca el vertimiento del efluente del sistema de tratamiento de las aguas residuales sobre el medio ambiente, determinando los factores más impactados por esta causa.

Para la realización del diagnóstico se creó un grupo de expertos, los cuales fueron seleccionados de acuerdo a los requisitos expuestos en la metodología establecida para este fin (Anexo 1). Para determinar el número total que participaría, se aplicó la expresión que aparece en el anexo antes referido, asumiendo para p un valor de 5% de error, para i , 0.15 y para k , 3.8416, obteniéndose como resultado un total de 8 especialistas para su ejecución, cuya relación aparece en este mismo anexo.

El diagnóstico se ejecutó según la metodología del CIGEA (CITMA) vigente desde el 1 de enero de 2012 para la obtención del reconocimiento ambiental nacional (RAN). De esta metodología se trabajaron los aspectos relacionados con el agua y los residuos líquidos.

En la evaluación de impactos se utilizó la metodología de Conesa, (2000). La ecuación para la determinación de la importancia del impacto y los criterios para la evaluación de estos aparecen en el (Anexo 25).

Se emplearon técnicas estadísticas, mediante el Statgraphics, para el procesamiento de datos en la determinación de los niveles de flujo de residuales emitidos por la industria.

2.2. CARACTERIZACIÓN DE LA INDUSTRIA

El área industrial de la UEB central azucarero "Héctor Rodríguez", perteneciente a la empresa azucarera Villa Clara, se encuentra ubicada al oeste del poblado de Sitiecito, aproximadamente a 6 Km. de la ciudad de Sagua La Grande, en la costa norte de la provincia de Villa Clara, como se muestra en la figura 1 (Anexo 2).

Fue construida en el año 1836, bajo el nombre de "Santa Teresa". Cuenta actualmente con una capacidad diaria de molida de 4600 t.

Tiene como objeto social principal la producción de azúcar crudo de alta calidad, según la NC 85/2011, con destino a clientes nacionales e internacionales, aspecto en el que muestra una estabilidad sostenida. Produce miel urea bagacillo con destino a la alimentación animal. También se dedica a la venta de energía eléctrica y subproductos del proceso como bagazo y miel final y a la prestación de servicios de talleres.

Para la planificación, organización y control del proceso productivo cuenta con un equipo de dirección y el control de calidad de su producción se realiza por el laboratorio del área.

El equipamiento con que cuenta para desarrollar su proceso productivo le permite adaptarse a diferentes esquemas de producción según la exigencia del mercado. En la figura 2 (Anexo 3), se muestra el esquema empleado para la obtención de azúcar de alta calidad a partir de la elaboración de tres masas cocidas con el método de doble semilla.

2.3. AGUA CRUDA

La industria se abastece de agua cruda del canal trasvase Alacranes-Pavón, el cual se nutre de la presa Alacranes, a partir de un sistema formado por una bomba centrífuga 5CORVL con una capacidad de bombeo de 227.12 m³/h y un motor de 1800 rpm y 45 Kw, existe un sistema instalado para repuesto. La conductora es de acero comercial de 6 mm de espesor y 254 mm de diámetro, presentando buen estado técnico.

El agua en la industria se recepciona en un tanque de hierro de 1849.23 m³ de capacidad, del cual solo se utiliza un volumen de 895.85 m³.

Esta agua es destinada a la alimentación de la planta de tratamiento de agua con vista a suplir el déficit para la generación de vapor en las calderas y a otros usos dentro de la fábrica como son:

- Baldeo general de las áreas.
- Enfriamiento de la masa cocida de tercera.
- Sistema de protección contra incendios.
- Reposición de circuitos cerrados de enfriamiento.

La red de suministro interno de la fábrica es de acero comercial, siendo su estado técnico regular.

La industria no cuenta con equipos para la medición del consumo de agua en el proceso, este se estima a partir de la capacidad de la bomba y el tiempo que se mantiene en operación, constituyendo estos datos la base para las contrataciones de las demandas de agua con Recursos Hidráulicos.

Al agua cruda se le realizan determinaciones de pH, dureza y alcalinidad una vez por turno. En la Tabla 1 (Anexo 4) se muestra el resultado de estos análisis realizados al agua cruda para el estudio de factibilidad del montaje de la planta de tratamiento de agua (mayo de 2010). Los resultados demuestran que no cumple con los requisitos establecidos para la alimentación de las calderas y otros sistemas de enfriamiento, lo cual como es sabido pone en riesgo la eficiencia de la generación de vapor, así como la vida útil de los equipos y tuberías, además de incrementar los gastos por reposición, limpieza y mantenimiento en general.

En la Tabla 2 Anexo 5 se muestra la situación de los sistemas de enfriamiento existentes en la industria y en la Tabla 3 Anexo 6, la capacidad de los enfriaderos de estos sistemas.

Al observar la Tabla 2 Anexo 5, vemos como están fuera de circuito cerrado los sistemas de enfriamiento y calentamiento de las masas cocidas de tercera y el sistema de enfriamiento del agua de sello de la bomba de vacío de los filtros, lo que representa pérdidas de 29.94 m³/h y 4.61 m³/h respectivamente.

Al revisar la capacidad de los enfriaderos de estos sistemas (Tabla 3 Anexo 6), se constató que es adecuada para los volúmenes de agua a enfriar, siendo necesaria la reposición de agua en ellos debido a las pérdidas en los sistemas.

2.4 AGUA TRATADA

El agua cruda, una vez en la fábrica pasa a través de la planta de tratamiento para adecuarla a las condiciones de trabajo requeridas por las calderas de vapor.

2.4.1. PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA

Las plantas de tratamiento químico están concebidas, en el caso de la industria azucarera para producir alrededor del 20% del total de agua de alimentación como flujo máximo para cubrir los faltantes que se produzcan por purgas, salideros, vapor no recuperado, vapor contaminado, etc., el 80% restante debe acopiarse de los condensados procedentes del proceso tecnológico.

De acuerdo a la capacidad nominal de la planta de generación de vapor instalada, que es de 135 t/h, le correspondería una planta de tratamiento de agua de 30 m³/h. La capacidad de procesamiento de la planta existente es de 20 m³/h, lo que obliga a su sobre explotación para lograr satisfacer la demanda de agua para la arrancada de la industria y para cubrir los faltantes que se producen por diversas causas.

En la Tabla 4 (Anexo 7) aparece la relación de equipos con que cuenta la planta de tratamiento de agua, aquí puede apreciarse que los tanques para dosificación de floculante y cal a pesar de estar instalados no se encuentran en operación, debido a que no existe el medidor de flujo para efectuar la dosificación de estos productos. En el Anexo 8, figura 3 se muestra el diagrama de flujo de la planta.

Tanto el agua de insumo de la planta de tratamiento, como la que sale de esta se someten a muestreos para monitorear los parámetros de calidad de las mismas, realizándose determinaciones de pH, dureza y alcalinidad parcial una vez en el turno en el caso del agua de entrada y cada una hora al agua de salida de la planta. En la Tabla 5 (Anexo 9) se muestran los resultados promedios de los análisis realizados al agua de entrada y salida de la planta de tratamiento de agua en el periodo del 20 al 28 de febrero de 2013. En dicha tabla se puede apreciar como los valores mínimos de dureza del agua de salida de la planta, cuando se regenera la resina, están entre 3.7 y 5, no llegando a ser cero en ningún momento, lográndose como promedio en estos casos un % de remoción de dureza del 97.24.

La planta de tratamiento de agua debe cumplir los siguientes propósitos:

- Satisfacer las necesidades de la caldera, para cubrir los faltantes que se produzcan por salideros, vapor no recuperado, vapor contaminado, etc.
- Reponer el agua de los demás sistemas de enfriamiento, considerando pérdidas de un valor entre 5 y 8%.
- Satisfacer la necesidad de agua en la arrancada de las calderas, por lo que la misma debe iniciar su trabajo varias horas antes de esta y garantizar un volumen de agua tratada para 15 ó 20 horas de trabajo.

La planta de tratamiento de agua se mantiene trabajando durante todo el tiempo de operación de la fábrica para poder suplir el déficit de agua para la alimentación de las calderas, debido al insuficiente nivel de condensados no contaminados para el abasto de estas.

2.5 AGUA POTABLE

El agua potable que utiliza la UEB es proveniente de un pozo entubado ubicado cerca de la casa de bagazo. El sistema de bombeo está compuesto de una bomba 4CRVL de 204.41 m³/h de capacidad y 31.39 m de carga, un motor de 1750 rpm y 22 Kw de potencia. La conductora que abastece la industria es de hierro con un diámetro de 152.4 mm. Dentro de la industria existen conexiones de menor diámetro para las instalaciones de bebederos y servicios sanitarios. El estado técnico del sistema es aceptable. En la Tabla 6 (Anexo 10) se muestran los depósitos receptores de esta agua para uso de los trabajadores de la industria. Estos depósitos se encuentran en buen estado, siendo suficiente la capacidad de almacenaje de agua para los usos a que se destina, existiendo problemas sólo con el depósito que emplea el merendero en conjunto con la oficina de Fabricación, debido a los salideros que presentan las instalaciones sanitarias de la oficina lo que provoca pérdidas de agua que hacen insuficiente la capacidad de almacenaje de este recurso y afectan el servicio que debe brindar el merendero.

El bombeo se realiza diariamente por un período de tres horas entre las 6.00 y 7.30 am y 4.00 y 5.30pm.

Esta agua se usa en la industria para el consumo de los trabajadores y en las actividades de preparación de alimentos, aseo y uso sanitario. En la Tabla 7 (Anexo 11) aparecen los bebederos instalados y en la Tabla 8 (Anexo 12) los muebles sanitarios. Los bebederos instalados presentan buen estado técnico, excepto el de la puerta del central que se encuentra roto, en cuanto a los muebles sanitarios hay seis con estado técnico regular y uno con salidero.

Son consumidores de esta agua también alrededor de 500 vecinos del batey, además la panadería y el taller de enrollado.

Esta agua no recibe tratamiento por provenir de un pozo, la calidad de la misma es controlada por los inspectores de higiene y epidemiología municipal a través de muestreos para la determinación de indicadores fisicoquímicos y bacteriológicos.

En la Tabla 9 (Anexo 13) se reflejan los resultados de análisis realizados al agua potable, siendo considerada propia para el consumo según las autoridades competentes, ya que cumple con los parámetros establecidos por la norma (NC 827:2010).

No existe delimitación alrededor de la toma de agua del pozo, lo que puede contribuir a la contaminación de esta fuente de abasto.

2.6. AGUAS PROVENIENTES DE LA CONDENSACIÓN DEL VAPOR (CONDENSADOS)

En el proceso productivo, para llevar los jugos hasta la etapa de cristalización, se emplean equipos de transferencia de calor, los cuales trabajan con el vapor procedente del escape de los turbogeneradores y de la evaporación de los jugos, de acuerdo al esquema establecido. El vapor al condensarse en la calandria de estos equipos genera un volumen de agua al que se le denomina condensado y que son empleados en el proceso en diferentes actividades de acuerdo a la calidad que presenten.

2.6.1. GENERACIÓN

La industria cuenta con los siguientes equipos de transferencia de calor:

- 3 calentadores primarios.
- 3 calentadores rectificadores.
- 1 calentador de jugo claro.
- 2 pre-evaporadores.
- 1 cuádruple efecto.
- 7 tachos.

En el caso de los calentadores se mantienen trabajando cuatro y dos permanecen de limpieza,

En la Tabla 10 (Anexo14) se muestran los volúmenes de agua generados por equipos y su temperatura, correspondiendo los mayores aportes a los evaporadores y tachos, presentando todas, un alto contenido calórico.

Se muestran en la Tabla 11 (Anexo 15), los tipos de bombas y motores instalados por equipo para la evacuación de los condensados, presentándose problemas con la bomba # 1 de retorno de los vasos 3 y 4 y la bomba # 2 de retorno no contaminado de los tachos por insuficiente capacidad de bombeo, así como la falta de bomba de repuesto para el bombeo del retorno contaminado de los tachos.

De forma general, existen problemas con el estado técnico de los equipos, lo que intensifica la contaminación de los condensados con productos azucarados.

2.6.2. COLECCIÓN

La colección de los condensados se realiza a través de sistemas de sifas y columnas hidrodinámicas. En la Tabla 12 (Anexo16), se muestra la forma en que se extraen de cada uno de los equipos, llevándose a cabo fundamentalmente la extracción a través de columnas hidrodinámicas.

Estos condensados son bombeados individualmente hacia un monitor general, donde se les toma muestras y de acuerdo a su calidad se envían hacia el tanque presurizado para la alimentación a las calderas o hacia el depósito de retornos contaminados.

El estado técnico actual del sistema de colección de las aguas condensadas se considera de regular, existiendo problemas en los sistemas de bombeo.

2.6.2.1. SISTEMA PRESURIZADO

El sistema presurizado consiste en un tanque cilíndrico amiantado con una capacidad de 82.23 m³ hacia donde van los retornos no contaminados para la alimentación de las calderas de vapor. El sistema cuenta con tres bombas para alimentar las calderas, actuando dos de ellas como repuesto. La capacidad máxima de bombeo es de 140 m³/h.

El nivel de agua en el tanque se mantiene a partir de un sistema de control automático que actúa sobre un sistema de bombeo de reposición del tanque de reserva de agua para las calderas. Este sistema consta de dos bombas 6CRVL (una actúa como repuesto), con una capacidad de bombeo de 204.4 m³/h y motores de 1765 rpm y 30 Kw.

2.6.3. MUESTREO

Las aguas generadas por los equipos de transferencia de calor son sometidas a muestreo cada una hora por el laboratorio de agua y según la calidad que presenten pasan a los depósitos de retorno contaminado o no contaminado.

Los análisis que se le realizan son: azúcar, pH, dureza y alcalinidad.

Al agua de alimentar calderas se le determina azúcar cada 15 minutos, pH y dureza cada una hora y al agua de calderas se le realizan determinaciones de pH, azúcar, dureza, alcalinidad y sólidos cada 4 horas.

2.6.4. ALMACENAMIENTO

Actualmente, la industria cuenta con una capacidad de almacenaje de retorno no contaminado de 780.4 m³ y 100.84 m³ para el retorno contaminado. En ambos casos las

capacidades son inferiores a los índices establecidos, siendo estos de 0.47 m³ /tmc para el agua condensada pura de reserva para alimentar calderas y de 0.11 m³ /tmc para el agua condensada para uso tecnológico. De acuerdo a estos índices debe existir una capacidad de almacenaje de agua para retornos no contaminados en base a la norma potencial de la industria de 2162 m³ y de 506 m³ para los retornos contaminados. Al ser insuficiente esta capacidad, sobre todo en el caso de los retornos contaminados, se produce el derrame de estos hacia la zanja, incrementando el volumen de las aguas residuales.

Los depósitos de almacenamiento de las aguas condensadas, presentan un estado técnico bueno.

2.6.5. USO

El retorno no contaminado es destinado a la alimentación de las calderas de vapor y el contaminado a diferentes usos dentro del proceso como son:

- Procesos de purga de las masas cocidas.
- Filtración de cachaza.
- Imbibición.
- Preparación de la lechada de cal.
- Dilución de mieles.

En la Tabla 13 (Anexo 17), se muestran los volúmenes de agua destinados a estos fines, correspondiendo el mayor % al proceso de imbibición.

2.7. AGUAS PROCEDENTES DE LA LIMPIEZA QUÍMICA

La limpieza química de los equipos de evaporación está establecido que se realice cada doce días, con el objetivo de eliminar las incrustaciones que se van acumulando en el interior de los fluses durante la operación de los mismos, debiendo ser separados estos residuos para evitar que contaminen las aguas residuales del proceso.

En el caso de esta industria las aguas procedentes de la limpieza química de los equipos evaporadores son enviadas junto al resto del residual al colector general y de este bombeadas hacia las lagunas de oxidación, contribuyendo a la contaminación de toda el agua residual.

2.8. AGUAS PLUVIALES

Las aguas pluviales constituyen un impacto negativo fundamentalmente sobre la infraestructura eléctrica de la industria al encontrarse los techos en muy mal estado.

2.8.1. SISTEMA DE COLECCIÓN

El sistema de colección de las aguas pluviales está totalmente deteriorado, requiriendo de su total reinstalación.

2.8.2. ALMACENAMIENTO

Se carece de sistema de almacenamiento para las aguas pluviales, estas se unen al resto del agua residual de la fábrica.

2.9. AGUAS RESIDUALES

2.9.1 COMPOSICIÓN

A las aguas residuales del área industrial tributan fundamentalmente los vertimientos de

- Agua cruda
- Agua potable
- Condensados
- Aguas procedentes de las purgas de las calderas de vapor
- Aguas procedentes de los sistemas de enfriamiento
- Aguas de los contralavados y de la regeneración de la planta de tratamiento de agua
- Aguas pluviales
- Productos azucarados
- Cachaza
- Bagazo
- Jugos
- Hidrocarburos
- NaOH, HCL, NaCL

En la Tabla 14 (Anexo 18) se muestra el destino del agua consumida y las características de los desechos generados por cada una de las áreas del proceso, observándose que

todas contribuyen a la generación y contaminación de las aguas residuales de la industria, teniendo mayor incidencia las áreas de basculador y molinos y el área de fabricación.

2.9.2. COLECCIÓN Y MUESTREO

2.9.2.1. SISTEMAS DE ZANJAS

Las aguas residuales se colectan dentro de la fábrica a través de un sistema de zanjas que tributan a dos vertederos donde se cuantifica el volumen de agua que va hacia el colector general (piscina de residuales), Figura 4 (Anexo 19).

El estado técnico del sistema colector puede catalogarse de regular, pues no todas las zanjas cuentan con la caída adecuada para el drenaje de las aguas y no se limpian con la frecuencia necesaria, provocando el estancamiento del agua en estas lo que contribuye a su deterioro.

2.9.2.2. COLECTOR GENERAL

Consiste en una piscina de concreto hacia donde va el agua residual procedente de los dos vertederos. En su interior tiene un depósito hacia donde deben enviarse las aguas procedentes de la limpieza química de los equipos de evaporación, en estos momentos no se hace así, pues carece de hermeticidad en el fondo y se comunican entre sí ambos depósitos, por lo que no se separan estas aguas del resto del agua residual de la fábrica contribuyendo a la contaminación de las mismas con productos químicos.

Además de esta situación el colector presenta deterioro en su estructura, presentando roturas en paredes.

Su limpieza y mantenimiento se realiza en la etapa de reparaciones.

En la Tabla16 (Anexo 21) aparecen los datos de área y volumen de estos depósitos, destinándose a las aguas ácidas aproximadamente el cinco porciento de la capacidad total existente.

2.9.2.3. SISTEMA DE MUESTREO ESTABLECIDO

Está establecido un sistema de muestreo horario de cada una de las zanjas por los químicos de turno, determinándose Bx, el cual debe mantenerse en el rango entre 0 y 1, cuando los valores exceden este, se realiza la determinación de Pol.

A los vertederos se les recogen muestras con igual frecuencia, las que se acumulan cada 24 horas para ser analizadas por el químico de programación, el cual les determina Bx, pH, CE y SST.

En la Tabla 15 (Anexo 20) se muestra los residuos que van a cada una de las zanjas, los puntos de muestreo y la ubicación de los vertederos, pudiendo apreciarse que la mayoría de las zanjas tributan al vertedero # 1, con la trampa de grasa ubicada a la salida de este.

2.9.3. MEDICIÓN DE FLUJO

Existen normas que regulan la generación de aguas residuales en los procesos productivos, por lo cual la medición de este indicador es fundamental para evaluar las condiciones en que se está desarrollando el proceso, además de la incidencia que tiene desde el punto de vista económico y ambiental para la entidad productiva.

2.9.3.1. VERTEDEROS

Existen dos vertederos a través de los cuales se contabiliza el volumen de agua residual que es emitido por la industria. En estos se mide cada una hora la altura del agua para determinar el flujo.

El vertedero # 1 recibe el agua procedente de las zanjas 1 a la 5 y el # 2 las aguas del área de calderas y filtros de cachaza. Figura 4 (Anexo 19).

En la Tabla 17 (Anexo 22) pueden apreciarse los resultados de las mediciones realizadas para determinar el comportamiento del flujo de agua residual en (m^3/d) emitido por la fábrica durante las zafas 2010, 2011 y 2012. Al analizar estos datos se ve la gran variabilidad existente entre los valores mínimos, medios y máximos que se obtienen para el flujo de agua residual por meses de una misma zafa y entre zafas. Los valores de varianza y desviación típica obtenidos son altos en todos los casos, significando esto que la diferencia entre los valores de flujo medidos y la media obtenida para estos, es grande, lo cual hace que la media no sea totalmente representativa del conjunto de datos analizados.

En la Tabla 18 (Anexo 22) aparece el resultado de las mediciones de flujo de agua residual en m^3/d , realizadas en la primera decena de los meses de enero y abril de 2011. En estos resultados se aprecia también la variabilidad que se presenta en los valores de flujo diario, todo lo cual es indicativo de inestabilidad en el proceso de producción,

indisciplina tecnológica e inadecuada gestión del agua, lo cual requiere el establecimiento de un plan de mejoras en este sentido.

2.9.3.2. DETERMINACIÓN DE LOS VALORES DE FLUJO MÍNIMO, MEDIO Y MÁXIMO DEL AGUA RESIDUAL EMITIDA POR LA INDUSTRIA

Para la determinación de estos indicadores, se seleccionó una muestra compuesta por 225 mediciones de flujo de agua residual (m^3/d) correspondientes al período 2010-2012 y se sometió al análisis estadístico obteniéndose los siguientes resultados:

Flujo mínimo: 404.01 m^3/d

Flujo medio: 778.11 m^3/d

Flujo máximo: 1169.85 m^3/d

Varianza: 32604.69

Desviación típica: 180.57

En estos resultados también los valores de varianza y desviación típica son altos, debido a la variabilidad existente en los datos.

2.9.4. CARACTERIZACIÓN DEL AGUA RESIDUAL

Está establecido realizar la caracterización del agua residual emitida por la industria al menos en tres momentos durante la etapa de zafra, al comienzo, mediación y al final de esta, estos análisis son realizados por el laboratorio de la estación territorial del ICIDCA en Villa Clara. Los resultados de los análisis durante las zafas analizadas aparecen en las Tablas 19, 20 y 21 (Anexo 23).

Al analizar estos resultados puede apreciarse que los valores de pH son bajos, en la mayoría de los casos. En cuanto a los valores de DQO, son generalmente altos, lo que evidencia los elevados contenidos de materia orgánica en las aguas residuales, de acuerdo con lo planteado por la literatura para este tipo de residual; por otra parte, se observa que existe gran variabilidad lo que denota irregularidades en el proceso de producción.

2.9.5. SISTEMA DE BOMBEO Y CONDUCTORA

2.9.5.1. SISTEMA DE BOMBEO

Existen instaladas dos bombas 6CRVL, las que se adaptaron a impelente abierto para poder bombear el residual por el alto contenido de sólidos presentes en el mismo. La

bomba # 1 tiene una capacidad de bombeo de aproximadamente 171m³/h y la bomba # 2 de 341m³/h actuando una como repuesto de la otra. Los motores son de 1765 rpm y 55 Kw de potencia. El estado técnico de ambas se cataloga de regular, por presentar descompensación de los impelentes y deterioro de los envolventes a causa de las características químicas del fluido que bombean y de la presencia de arena y otras partículas sólidas en el mismo.

2.9.5.2. SISTEMA DE CONDUCTORA

Las aguas residuales son trasladadas del colector principal hacia las lagunas a través de 1500 m de tubería de PVC de 200 mm de diámetro, la cual se encuentra en buen estado técnico, pues fue objeto de inversión en las reparaciones del 2007.

2.9.6. PODER CONTAMINANTE DEL AGUA RESIDUAL

2.9.6.1. CARGA ORGÁNICA

La carga orgánica se determinó para cada una de las zafras a partir de los valores promedios de flujo Q (m³/d) obtenidos en cada una de ellas y los valores de DBO5 (Kg/d) promedios de las caracterizaciones realizadas al agua residual.

2.9.6.2. CARGA VOLUMÉTRICA

La carga volumétrica se determinó en función del volumen de la primera laguna, pues es de la manera en que actualmente opera el sistema.

2.9.6.3. CARGA SUPERFICIAL

La carga superficial se determinó en función del área de las tres lagunas.

2.9.6.4. POBLACIÓN EQUIVALENTE

La población equivalente se determinó para cada una de las zafras a partir de los valores promedios de flujo Q (m³/d) y de la DBO5 (Kg/d) aportada por una persona.

En la Tabla 22 (Anexo 24) se muestran los valores obtenidos al calcular estos indicadores. Los valores de carga volumétrica (cv) y carga superficial (cs) calculados están en el orden de los establecidos en el diseño de estas lagunas.

2.9.7. PRINCIPALES CONTAMINANTES PRESENTES EN EL AGUA RESIDUAL EMITIDA POR LA INDUSTRIA.

Los principales contaminantes del agua residual lo constituyen:

Contaminantes de tipo orgánico

- Productos azucarados del proceso
- Cachaza
- Bagazo
- Ceniza
- Lubricantes

Contaminantes de tipo inorgánico

- Productos empleados en la limpieza química de los equipos de evaporación (NaOH y HCL)
- Productos empleados en el tratamiento químico del agua de las calderas de vapor (Na₃ PO₄)
- Productos empleados en la regeneración de las resinas en la planta de tratamiento de agua (NaCL)

2.9.8. SISTEMA DE TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES

El tratamiento establecido para las aguas residuales industriales consiste en una etapa de pretratamiento, seguida de un tratamiento por método biológico, siendo adecuado para este tipo de agua residual, pues la relación DBO₅/DQO es de 0.55, superior a 0.40, lo que indica que es biodegradable.

2.9.8.1. ETAPA DE PRETRATAMIENTO

En esta etapa se emplean tratamientos físicos de desbaste y flotación para lograr la eliminación de sólidos gruesos sedimentables y otros en suspensión finamente divididos, así como partículas con densidades cercanas a la del agua.

2.9.8.1.1. DESBASTE

Este tratamiento se realiza mediante una malla perforada que permite el paso del líquido, reteniendo los sólidos en su superficie, los cuales son evacuados mediante un rastrillo hacia una tolva para su posterior disposición, la cual se realiza de forma indiscriminada, por lo que se debe establecer una forma adecuada para ello.

Este sistema está ubicado en un foso en el área del basculador donde se colectan las aguas residuales de las áreas de basculador y molinos para su posterior bombeo a través de la zanja # 1 hacia la zanja # 2.

En la zafra de 2012 no se encontraba montado el sistema, pues presentaba deterioro en su estructura y se desmontó para su reparación, por lo que se aprecia gran cantidad de sólidos en el foso los cuales provocan obstrucciones frecuentes en los sistemas de bombeo y afectaciones a las etapas posteriores del tratamiento.

2.9.8.1.2. FLOTACIÓN

Este tratamiento físico es aplicado en el principio de funcionamiento de la trampa de grasa, la cual está ubicada a la salida del vertedero # 1, ya que a este tributa la zanja # 1 que contiene las aguas procedentes de las áreas de basculador y molinos, las cuales están contaminadas con restos de hidrocarburos.

El funcionamiento de la trampa es deficiente, pues le fueron variadas sus características de diseño, al presentarse tupiciones por el alto volumen de aguas residuales que le llegaba y el exceso de sólidos presentes en las mismas.

No se realiza sistemáticamente la limpieza de la misma y cuando se hace no hay un manejo adecuado de los desechos.

2.9.8.2. ETAPA DE TRATAMIENTO

En esta etapa se emplea un tratamiento biológico mediante lagunas de oxidación.

Existe un total de tres lagunas, la primera está destinada a las aguas procedentes de la limpieza química de los equipos evaporadores, la segunda debe recibir las aguas residuales del resto de los días de operación de la industria y esta debe entregarla a la tercera laguna cuyo efluente debe ser destinado al riego.

El sistema de tratamiento está concebido para que las aguas de la limpieza de los equipos de evaporación se envíen hacia la primera laguna, la cual no debe comunicarse con la segunda, situación que actualmente se mantiene.

2.9.8.3. OPERACIÓN DEL SISTEMA

El sistema está concebido para recibir el agua procedente de la operación diaria de la fábrica en la laguna # 2 y de esta pasar a la laguna # 3, de donde es extraída con destino al riego. El agua de los días de limpieza debe ser depositada en la laguna # 1.

En estos momentos el sistema no se opera según su diseño, pues la conductora que alimenta las lagunas en su descarga tiene una "Y" con válvulas de cuña en sus terminales, que permite la entrada a las lagunas 1 y 2, según la situación operativa de la fábrica, estas válvulas permanecen abiertas todo el tiempo, alimentándose simultáneamente a las dos lagunas. También existe una comunicación a través de un tubo por la parte superior de las lagunas 1 y 2 que para lograr un funcionamiento adecuado del sistema debe sellarse.

Las lagunas 2 y 3 deben funcionar en serie, debiendo permanecer el agua residual en la laguna 2 de uno a dos días para lograr la homogenización, enfriamiento y decantación de los sólidos flotantes y en la 3, tres días para su posterior aplicación en fertirriego, actualmente no ocurre así, pues permanece por largos períodos de tiempo ya que no reúne las condiciones para su vertimiento.

El funcionamiento del sistema de tratamiento es deficiente a partir de los problemas existentes en las etapas anteriores.

2.9.8.4. CAPACIDAD DE LOS EMBALSES

La capacidad de los embalses es calculada en función de la carga orgánica del agua residual, del volumen diario que se genera y del tiempo de retención que debe tener en el embalse para garantizar el proceso de biodegradación.

En la Tabla 23 (Anexo 25) aparecen las capacidades de los embalses.

Al comparar la capacidad actual que presentan los embalses, con el flujo promedio que se determinó a partir de las mediciones diarias realizadas durante las zafras 2010, 2011 y 2012, estos embalses pudieran almacenar el agua residual que emite la fábrica por más de sesenta días.

2.9.8.5. VOLUMEN DIARIO DE AGUA RESIDUAL QUE RECIBEN LOS EMBALSES

A partir de los datos de las mediciones de flujo de las últimas tres zafras se determinó que el volumen promedio diario que reciben los embalses es de 680.39 m³.

2.9.8.6. LIMPIEZA Y MANTENIMIENTO DE LOS EMBALSES

Falta sistematicidad en la limpieza y mantenimiento de los embalses, existiendo presencia de vegetación en sus orillas. El dragado se realiza previo a la etapa de zafra.

2.9.8.7. TIEMPO DE RESIDENCIA DE LAS AGUAS RESIDUALES EN LOS EMBALSES

De acuerdo al flujo promedio diario emitido por la industria y a la capacidad de los embalses, el tiempo de residencia de las aguas residuales en estos debía ser de aproximadamente 66 días, no resultando así, pues al comenzar la zafra generalmente ya se encuentra ocupada la mitad de la capacidad total existente.

2.9.9. CARACTERIZACIÓN DE LOS EFLUENTES DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO

A la salida del sistema de tratamiento se muestrean los efluentes, con el fin de comprobar si cumplen con los parámetros establecidos para su uso en el riego. Las muestras son analizadas en el laboratorio de la estación territorial del ICIDCA en Villa Clara. En las Tablas 24, 25 y 26 (Anexo 26) aparecen los resultados correspondientes a las zafas 2010, 2011 y 2012 respectivamente, en estos resultados puede apreciarse los bajos valores de pH que presentan estas aguas, los cuales las hacen inadecuadas para su empleo en riego y en la Tabla 27 (Anexo 27) aparecen los resultados de una caracterización realizada por Recursos Hidráulicos, a partir de la cual se concluye que cumple con los parámetros establecidos para los indicadores de conductividad eléctrica (CE), las sales solubles totales (SST) y la relación de adsorción de sodio (RAS), no así para el pH, ya que este es muy ácido, lo que impide su aplicación de forma continua, pues de hacerse puede provocar quemaduras en las plantas, acidificar los suelos y favorecer el lavado de las bases, además de acelerar la corrosión en las tuberías y equipos de riego. En la Tabla 28 (Anexo 27) aparece el resultado de muestreos realizados por Recursos Hidráulicos al residual en diferentes puntos, pudiendo apreciarse los bajos valores de Ph, tanto en el efluente de la fábrica como en el del sistema de tratamiento, así como la presencia de elementos químicos y grasas en el efluente del sistema de tratamiento y en la Tabla 29 (Anexo 28), se muestran las técnicas analíticas, unidades de medición y fundamento de los métodos empleados para las caracterizaciones. En la Tabla 30 (Anexo 29), aparecen los criterios para la evaluación de la calidad del agua residual para el riego, de acuerdo a la metodología utilizada por AZCUBA.

En la Tabla 31 (Anexo 30), aparece el criterio según Aceves y Palacios para la clasificación del agua residual con destino a riego y en la Tabla 32 (Anexo 30), los resultados obtenidos de la evaluación realizada al efluente del sistema de tratamiento de las aguas residuales de la industria por parte de Recursos Hidráulicos para conocer su aptitud para el riego. De acuerdo a los criterios de análisis, estas aguas se clasifican como condicionadas, por lo que la calidad de las mismas no puede definirse solamente por los

parámetros químicos, se necesita información adicional sobre los cultivos y los suelos en los cuales se utilizaran, las condiciones de manejo suelo-aguas y las climatológicas.

2.10. VERTIMIENTO DE LOS EFLUENTES DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO

2.10.1. USO ACTUAL DE ESTA AGUA

Los efluentes del sistema de tratamiento son vertidos al suelo, empleándose en el riego de cultivos y en la preparación de los terrenos, previo a la siembra.

El aprovechamiento actual de estas aguas es muy pobre, debido a la afectación que provocan en los cultivos, pues los valores de pH que presentan están por debajo de los límites establecidos para las normas de riego. Tabla 30 (Anexo 29)

2.10.2. IMPACTO DEL VERTIMIENTO DE LOS EFLUENTES DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES SOBRE EL ECOSISTEMA

El vertimiento de residuales constituye una externalidad negativa unidireccional ejercida por la industria sobre la granja agropecuaria, al convertirse esta en receptora de un residual contaminado, al cual solo le puede dar uso en un porcentaje muy bajo y que permanece en sus áreas durante todo el período de zafra, constituyendo un foco de afectación medioambiental generador de malos olores y de insectos perjudiciales a la salud humana.

Al sobrepasarse la capacidad útil de las lagunas, estas se desbordan, provocando afectaciones económicas a los cultivos tanto estatales como particulares valoradas en miles de pesos. Esta situación ha obligado a mantener una vigilancia constante de los trabajadores de la granja sobre el nivel de los embalses, lo cual conlleva a ubicar hombres que desvíen el curso del agua para evitar afectaciones en los cultivos con el consiguiente gasto en salario que esto implica. Actualmente la industria mantiene un trabajador en las lagunas durante el período de zafra para mantener el nivel de los embalses garantizando que no se produzcan derrames que puedan afectar a los cultivos menores.

Otra de las afectaciones potenciales está dada por la cercanía de las lagunas al canal trasvase Alacranes - Pavón que abastece agua al pozo Marinero, una de las mayores fuentes de abasto del poblado de Sitiecito.

Los derrames de estos embalses, también han afectado al río Sagua la Grande, pues debido a la pendiente existente han bajado hasta llegar a un arroyo que conduce al mismo provocando afectaciones ecológicas en este recurso. También al ocurrir afectaciones en los sistemas de bombeo se produce el desbordamiento del colector general a la salida de

la fábrica, pudiendo llegar esta agua hasta el cause del río Sagua la Grande, con las consecuencias negativas para el ecosistema.

Estas situaciones además de las afectaciones al medio ambiente han constituido afectaciones económicas a la entidad, pues esta ha sido objeto de multas y aplicación de medidas por violación de la legislación ambiental vigente.

2.10.2.1. EVALUACIÓN DEL IMPACTO CAUSADO POR ACCIONES EN EL PROCESO DE PRODUCCIÓN RELACIONADAS CON LA GESTIÓN DE LAS AGUAS SOBRE EL MEDIO AMBIENTE

Para evaluar la importancia del impacto sobre el medio ambiente que producen las diferentes acciones, relacionadas con la gestión de las aguas, que se llevan a cabo en el proceso de producción, se empleó la matriz de Conesa, tomando en cuenta el criterio de los expertos para determinar las acciones y factores impactados a analizar. En la Tabla 33 (Anexo 31), aparecen los resultados de la matriz de valoración de impactos, observándose que todos son de naturaleza negativa, correspondiendo el mayor nivel de importancia al derrame y salideros de productos azucarados en el proceso, con un valor de -254 unidades de importancia, seguido de la adición del agua de la limpieza química de los equipos de evaporación al resto del agua residual, con un valor de -189, con un valor de -183 el derrame de cachaza, -145 el derrame de lubricantes, -143 el vertimiento de condensado y con un comportamiento similar aparecen el vertimiento a zanja del agua de la purga de los equipos generadores de vapor y el vertimiento a zanja del agua de la limpieza y regeneración de los equipos de la planta de tratamiento de agua con valor de -115 unidades de impacto.

Los problemas de vertido de condensado a zanja están dados por la insuficiente capacidad de almacenamiento para los retornos contaminados y las fallas en los sistemas de bombeo.

2.11. PROBLEMAS FUNDAMENTALES DETECTADOS EN EL DIAGNÓSTICO

2.11.1. AGUA CRUDA

- No existen equipos para cuantificar el volumen de agua cruda insumido por la fábrica.

2.11.2. AGUA POTABLE

- El agua de consumo de los trabajadores proviene de un pozo, por lo cual no recibe tratamiento.

- No existe delimitación alrededor de la toma de agua del pozo, lo que puede contribuir a la contaminación de la fuente.

2.11.3. CONDENSADOS

- A pesar de haberse realizado mejoras en los sistemas de bombeo de los condensados, aún existen dificultades, lo que impide la evacuación de estos de los equipos generadores y conlleva a que se voten directo a zanja, fundamentalmente en los sistemas de los vasos 3 y 4 y el común para los tachos del 1 al 6.
- El porcentaje de retornos no contaminados que se genera es insuficiente para el abasto a las calderas lo que obliga al funcionamiento permanente de la planta de tratamiento de agua.
- El depósito de almacenaje de los retornos contaminados no tiene la capacidad necesaria para la colección de estos, presentando derrames constantes a zanja.
- Las capacidades para almacenamiento de retornos contaminados y no contaminados están por debajo de los índices establecidos por AZCUBA.

2.11.4. AGUAS PLUVIALES

- El sistema de colección de las aguas pluviales está totalmente deteriorado, existiendo presencia de tierra y vegetación en los restos de canales que aún quedan.

2.11.5. CIRCUITOS CERRADOS

- Existen fugas en todos los circuitos cerrados, lo que conlleva a la continua reposición de agua en estos.
- Faltan por conectar en circuito cerrado:
 - Sistema de enfriamiento de las masas cocidas de tercera (MCC).
 - Sistema de calentamiento de las masas cocidas de tercera (MCC).
 - Sistema de rechazo de agua de la bomba de vacío de los filtros.
- El agua de rechazo del enfriamiento de las bombas centrífugas en general va a zanja incrementando el volumen de las aguas residuales.

2.11.6. AGUAS RESIDUALES. COLECCIÓN Y MANEJO

- El sistema de zanjias para la colección de las aguas residuales, en determinados tramos no presenta la caída adecuada para la circulación, provocando la retención del agua y su deterioro.
- No se realiza la limpieza sistemática de las zanjias.
- No es sistemática la limpieza de la trampa de grasa, no existiendo un destino definido para los desechos que genera.
- A la trampa de grasa le fue modificado su diseño original, lo cual hace ineficaz su funcionamiento.
- A la trampa de grasa llegan residuales contaminados con hidrocarburos, junto con aguas con alta temperatura, lo cual afecta la eficiencia de trabajo de la misma.
- Se colectan en el sistema de zanjias y envían al colector general aguas con diferente grado de contaminación, no teniendo en cuenta la posibilidad de desagregarlas.
- No se encuentra instalado el rastrillo separador de sólidos de las aguas procedentes del área de los molinos, lo cual provoca reiteradas tupidiones en los sistemas de tuberías y bombeo y en la trampa de grasas, así como elevada presencia de sólidos en las lagunas.
- En el colector general existe un área para el depósito de las aguas ácidas, pero no se utiliza pues falta el completamiento de la conductora que las lleva hasta aquí y el sistema de bombeo para su extracción, por lo cual estas se unen con el resto del agua residual contribuyendo a su deterioro.

2.11.7. AGUAS RESIDUALES. SISTEMA DE TRATAMIENTO Y VERTIMIENTO.

- No se opera adecuadamente el sistema de tratamiento, permaneciendo abiertas simultáneamente las válvulas que alimentan a las lagunas 1 y 2.
- El tiempo de permanencia de las aguas residuales en los embalses está por encima de lo establecido, constituyendo un impacto negativo para el entorno.
- Falta sistematicidad en la limpieza y mantenimiento de los embalses.
- El efluente del sistema de tratamiento presenta valores de pH en el orden de 4.6-4.9, lo cual lo hace inadecuado para el riego.

- El porcentaje de empleo de los efluentes del sistema de tratamiento es bajo, debido al efecto dañino que ejercen sobre los cultivos.
- No se realiza la evaluación de las aguas previo a su vertimiento.

2.12. CONCLUSIONES PARCIALES

1. Existe una inadecuada gestión del agua en el área industrial, lo que obliga a insumir volúmenes de este recurso de fuentes externas superiores a lo establecido por norma para este proceso.
2. En el proceso se generan altos volúmenes de aguas residuales, con diversos tipos de contaminantes incompatibles con el tratamiento biológico.
3. La etapa de pretratamiento no es eficaz, afectando el posterior tratamiento de las aguas residuales del proceso.
4. El agua residual generada por la industria se caracteriza por presentar valores de pH bajos y contener productos químicos e hidrocarburos lo cual la hace inadecuada para su empleo en riego.
5. Las acciones del proceso, relacionadas con la gestión de las aguas, que inciden sobre la contaminación ambiental en la industria generan impactos de naturaleza negativa, correspondiendo el mayor nivel de importancia al derrame y salideros de productos azucarados en el proceso, con un valor de -254 unidades de importancia, seguido de la adición del agua de la limpieza química de los equipos de evaporación al resto del agua residual, con un valor de -189 unidades.
6. Los factores más impactados por las acciones del proceso relacionadas con la gestión de aguas y el vertimiento de los efluentes del sistema de tratamiento de las aguas residuales industriales son el agua como recurso y la población y economía.

CAPÍTULO III. PROPUESTA DE MEDIDAS PARA DISMINUIR EL IMPACTO AMBIENTAL PROVOCADO POR LAS AGUAS RESIDUALES DE LA UEB CENTRAL AZUCARERO HÉCTOR RODRÍGUEZ

3.1. INTRODUCCIÓN

A partir de los resultados obtenidos en el diagnóstico y tratando de darle un uso ambientalmente sostenible a los efluentes del sistema de tratamiento de las aguas residuales del proceso industrial, se decide proponer medidas encaminadas a eliminar las causas generadoras del impacto ambiental que hoy representa la disposición de los mismos.

En el capítulo se realiza la evaluación económica de las medidas propuestas, analizando los costos y beneficios de las mismas.

Para la evaluación económica de las inversiones se determinaron los indicadores económicos de Valor Actual Neto (VAN), la Tasa Interna de Rentabilidad (TIR) y el Período de Recuperación de la Inversión (PRD).

El costo de la inversión se determinó a partir del presupuesto requerido para las acciones fundamentales que aparecen en la tabla.

Los ingresos del proyecto están basados en los ahorros que se obtienen a partir de la implementación de las medidas.

Para el cálculo de los costos de operación, dentro de los cuales se incluyen los de mantenimiento se consideró el 2% de la inversión y el 10% de esta para la depreciación.

3.2. ASPECTOS FUNDAMENTALES EN LOS QUE DEBE TRABAJARSE PARA LOGRAR MEJORAR LA GESTIÓN EN EL MANEJO, TRATAMIENTO Y DISPOSICIÓN FINAL DE LAS AGUAS RESIDUALES DE LA INDUSTRIA.

- Disminuir los volúmenes de agua cruda insumidos por la industria a partir de dar solución a los problemas de:
 - Salideros en circuitos cerrados.
 - Completamiento de los circuitos cerrados.
 - Sustitución de agua cruda por condensado contaminado en todas aquellas actividades que lo permitan.
- Mejoramiento de la calidad del agua residual emitida por la fábrica a partir de :

- Desagregación de las aguas en dependencia del nivel de contaminación que presenten con residuos del proceso productivo.
- Separación de las aguas ácidas provenientes de la limpieza química de los equipos de evaporación, del resto del agua residual que se genera diariamente en la fábrica.
- Aplicación de prácticas de P+L en cuanto al uso del agua en las distintas etapas del proceso productivo.
- Mejoramiento de la eficiencia de trabajo de la trampa de grasa y del rastrillo separador de sólidos.
- Disminución de los volúmenes de aguas residuales generados a partir de:
 - Incremento de la capacidad de almacenaje de los retornos contaminados.
 - Solución a los problemas existentes con la evacuación de los condensados de los equipos generadores.
 - Recuperación de aguas en el proceso con vista a su reuso dentro del mismo.
- Operación correcta del sistema de tratamiento a partir de:
 - Que los días de limpieza y mantenimiento se desvíe el residual hacia la laguna # 1 destinada a este fin.
 - Que se respeten los flujos de diseño del sistema.
 - Que se evacue con regularidad el agua residual, tanto del colector general a la salida de la fábrica como de las lagunas para evitar el deterioro de la misma.
 - Que se realice la limpieza y mantenimiento de los embalses según el ciclo establecido.
- Control del efluente previo a su vertimiento a partir de:
 - El muestreo diario de las aguas para evaluar su aptitud para el riego según los criterios establecidos por la norma.

3.3. PROPUESTA DE MEDIDAS PARA DISMINUIR LA CONTAMINACIÓN EN EL AGUA RESIDUAL

3.3.1. DESAGREGACIÓN DEL EFLUENTE DE LA LIMPIEZA QUÍMICA DE LOS EQUIPOS DE EVAPORACIÓN DEL RESTO DEL AGUA RESIDUAL DE LA FÁBRICA

La infraestructura para lograr esta medida está creada en la fábrica casi totalmente, existiendo un depósito hacia donde descargan las tuberías de zanja de los equipos de evaporación y una conductora que lleva estos desechos al depósito existente para estos fines, ubicado en el colector general de las aguas residuales de la fábrica, de donde serían bombeadas a través de la tubería existente hacia la laguna de aguas ácidas. Dentro de las acciones pendientes a ejecutar se encuentran las siguientes:

- Resane y estuque del fondo del depósito de las aguas ácidas para evitar la filtración entre los depósitos.
- Elevación del muro del depósito para evitar la comunicación por la parte superior de las aguas.
- Instalación de una bomba y motor en la estación de bombeo.
- Completamiento de la conductora mediante la instalación de un codo de PVC de 90° y Ø 305 mm, en el cambio de dirección de esta hacia el depósito de aguas ácidas.
- Operación correcta del sistema desagregando el residual hacia la laguna correspondiente.

3.3.2. DISMINUIR LA CONTAMINACIÓN DEL AGUA RESIDUAL CON LUBRICANTES

En el agua residual generada por la fábrica se observa la presencia de lubricantes debido a problemas mecánicos existentes en equipos y sistemas de lubricación, así como a prácticas inadecuadas en el manejo de los mismos en general, unido a la ineficacia de los equipos de separación de grasas instalados.

Con el objetivo de disminuir los niveles de contaminación por esta causa, las acciones fundamentales estarán dirigidas en una primera etapa al área de mayor consumo de lubricantes de la fábrica y generadora de los mayores aportes de estos residuos, que es el área de molienda, otras de las áreas en las que debe trabajarse también son las de basculador y compresores.

Las acciones fundamentales a ejecutar en el área de molinos son las siguientes:

- Mejoramiento del sistema de lubricación centralizado.
- Instalación de colectores de aceite y tapacetes a las catalinas del tren de engranes.

- Instalación de bandejas colectoras para las coronas y coronitas de los molinos.
- Instalación de la lubricación centralizada mediante el sistema de flauta para las catalinas, coronas y coronitas.
- Instalar sistema recolector de aceite del tándem

3.3.3. DISMINUIR LA CONTAMINACIÓN DEL AGUA RESIDUAL CON PRODUCTOS DEL PROCESO

La presencia de productos azucarados, cachaza y bagazo entre otros, contribuye al rápido deterioro de estas aguas, interfiriendo en el tratamiento biológico al que deben ser sometidas.

Con el objetivo de disminuir esta contaminación las acciones deben estar encaminadas a:

1. Evitar los salideros en el proceso, para lo cual se debe trabajar en:
 - Resolver los problemas de roturas en tuberías.
 - Resolver los problemas de salideros en sistemas de bombeo.
2. Evitar derrames de productos durante el proceso, para lo cual se debe:
 - Cumplir con la disciplina tecnológica.
 - Velar por la correcta operación del proceso.
3. De ocurrir derrames, estos deben ser recogidos en seco y reincorporarse de manera adecuada al proceso, empleando en la limpieza la mínima cantidad de agua posible.
4. Disminuir el volumen de bagazo que se derrama en el área de molinos y los derrames recogerlos y reincorporarlos al proceso.

3.4. PROPUESTA DE MEDIDAS PARA DISMINUIR EL VOLUMEN DE AGUA RESIDUAL

La afectación medioambiental que provocan estas aguas se acentúa por los altos volúmenes que se generan en la industria, debido fundamentalmente al uso ineficiente de este recurso.

Las acciones están encaminadas a dar solución a los problemas fundamentales que hoy existen:

1. Insuficiente cantidad de retorno no contaminado para el abasto de las calderas, debiendo trabajarse en los siguientes aspectos:
 - Revisión de los sistemas de generación y colección de condensado de los equipos aportadores de este, con el propósito de incrementar la cantidad de ellos con condiciones de suministrar agua con estas características.

- Emplear estrategias que permitan el mezclado de agua no contaminada con contaminada para evitar insumir agua de fuentes externas.
2. Insuficiente capacidad de almacenamiento de los retornos contaminados, para lo cual debe trabajarse en el incremento de la capacidad de almacenaje de este tipo de agua por ser este problema la mayor fuente de incremento del volumen de residuales en la fábrica.
- Colocar tubería de comunicación entre el depósito de agua contaminada y un tanque existente en la parte posterior de las calderas de vapor para que el sobrante se almacene en este y pueda ser utilizado en diferentes necesidades del proceso que hoy insumen agua cruda.
3. Ineficiencia del sistema de bombeo instalado, debiendo trabajarse en los siguientes aspectos:
- Reordenamiento del sistema de colección de condensados.
 - Solución de los problemas de capacidad de bombeo aún existentes.

3.5. PROPUESTAS DE MEDIDAS PARA MEJORAR EL SISTEMA DE TRATAMIENTO EXISTENTE

3.5.1. ETAPA DE PRE TRATAMIENTO

La gran cantidad de sólidos presentes en el residual es una de las causas de mayor afectación al sistema de tratamiento, por lo que debe trabajarse en mejorar la separación de sólidos y grasas presentes en este, a partir de las siguientes acciones:

- Rediseño de la trampa de grasa actual, la que no está cumpliendo su función, debido a las modificaciones que le han sido realizadas.
- Instalación del rastrillo separador de sólidos en el foso colector de las aguas residuales del área de molinos y basculador.

3.5.2. ETAPA DE TRATAMIENTO

El tratamiento aplicado a las aguas residuales es un tratamiento biológico, por lo que es fundamental mantener las condiciones óptimas para la vida y desarrollo de los microorganismos en ese medio, así como cumplir con las reglamentaciones establecidas para el vertimiento de los residuos de los procesos productivos, por lo que es necesario:

- Independizar la laguna # 1, destinada a las aguas procedentes de la limpieza química de los equipos de evaporación, de la laguna # 2, receptora del agua residual diaria de la fábrica.

3.6. PROPUESTA DE MEDIDAS PARA EL VERTIMIENTO DEL EFLUENTE PROCEDENTE DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO

Con el objetivo de propiciar un vertimiento adecuado y seguro de los efluentes del sistema de tratamiento, se proponen las siguientes medidas:

- Crear la infraestructura necesaria para el uso de estas aguas en el riego.
- Muestrear el efluente del sistema de tratamiento previo a su empleo en el riego.

Tabla 3.1. Medidas propuestas para disminuir el impacto causado al medio ambiente por las aguas residuales del proceso industrial

Problema existente	Mejoras propuestas	Acciones a ejecutar	Costo		
			Material	Salario	Total
1. Presencia de HCL y NaOH en el agua residual	1.1. Área: Fabricación 1.1.1. Desagregar las aguas de la limpieza química del resto del residual	1.1.1.1. Reconstrucción del depósito para aguas ácidas.	870.15	164.00	1034.15
		1.1.1.2. Activar sistema de conductora y bombeo independiente para estas aguas	4731.09	137.76	4868.85
2. Presencia de lubricantes en el agua residual	2.1. Área : Basculador 2.1.1. Eliminar salideros de aceite en el winche	2.1.1.1. Cambio de sellos al winche	184.47	181.68	366.15
	2.1.2. Eliminar salideros en el sistema hidráulico del basculador	2.1.2.1. Montaje de tubería nueva en el sistema hidráulico del basculador	170.72	960.00	1130.72
	2.1.3. Trabajar en circuito cerrado el sistema hidráulico del basculador	2.1.3.1. Durante la etapa de zafra no conectar al tanque del sistema hidráulico del basculador	-	-	-

		mangueras para la limpieza del área.			
	2.1.4. Eliminar pérdidas de aceite soluble por derrames del tanque del sistema hidráulico del basculador	2.1.4.1. Instalar control automático para la alimentación de agua al tanque del sistema hidráulico del basculador	10924.38	48.96	10973.34
	2.1.5. Lograr eficacia en la separación del lubricante presente en el residual de las áreas de basculador y molinos.	2.1.5.1. Reconstruir la trampa de grasa del basculador	1612.47	992.80	2605.27
	2.2. Área: Molinos 2.2.1. Eliminar las pérdidas de lubricantes en los sistemas de transmisión del tren de engranes	2.2.1.1. Instalar tapacetes inferiores y superiores a las catalinas del tren de engranes	44928.81	1495.68	46424.49
	2.2.2. Eliminar las pérdidas de lubricantes en los sistemas de engranaje de los molinos	2.2.2.1. Montaje de bandejas de engrase a las coronitas de los molinos	816.04	630.40	1446.44

	2.2.3. Eliminar las pérdidas en el sistema de lubricación centralizado de los molinos (Farval)	2.2.3.1. Reparación del sistema de bombeo, tuberías y cajas de lubricación del sistema Farval.	189.84	1601.60	1791.44
		2.2.3.2. Montaje del sistema recolector de aceite del tándem	263.10	739.20	1002.30
	2.3. Área: Compresores 2.3.1. Aplicar prácticas de producción más limpia en el manejo de los lubricantes en el área	2.3.1.1. Instalar depósitos para la recolección de las pérdidas de lubricantes en los equipos y en el desalojo de los balones de aire.	219.73	68.88	288.61
3. Presencia de azúcar es en el agua residual	3.1. Área: Fabricación 3.1.1. Aplicar prácticas de producción más limpia y buenas prácticas en el manejo de los productos en el proceso de producción	3.1.1.1. Recoger en seco los derrames de productos que puedan ocurrir para su reproceso	-	-	-
		3.1.1.2. Emplear la menor cantidad de agua	-	-	-

		posible en la limpieza de los derrames			
	3.1.2. Solucionar los problemas existentes de salideros en los sistemas de bombeo	3.1.2.1. Reparación integral de los sistemas de bombeo del área de fabricación	2328.84	6165.12	8493.96
	3.2. Áreas generales industria 3.2.1. Mejorar sistema de drenaje de las zanjas de la industria	3.2.1.1. Construcción y reparación del sistema de zanjas de la industria	869.44	3416.00	4285.44
4. Generación de altos volúmenes de agua residual	4.1. Área: Generación de vapor	4.1.1.1. Recuperación del tanque de agua cruda	6090.21	2184.00	8274.21
	4.1.1. Incrementar la capacidad de almacenamiento de los retornos contaminados	4.1.1.2. Instalar tubería de reboso del tanque de retornos contaminados al tanque de agua cruda	2084.66	921.15	3005.81
	4.2. Área: Fabricación 4.2.1. Completamiento de los circuitos cerrados de enfriamiento y	4.2.1.1. Conexión de tuberías e instalación de bombas	49.86	920.40	970.26

	calentamiento de las masas cocidas de tercera				
	4.2.2. Recuperar el agua de enfriamiento de la bomba de vacío de los filtros	4.2.2.1. Instalar la tubería de rechazo del agua de enfriamiento de la bomba de vacío de los filtros al túnel de las bombas de inyección	38.10	306.80	344.90
	4.3. Áreas generales industria 4.3.1. Recuperar el agua de enfriamiento de las bombas del área de generación de vapor.	4.3.1.1. Conectar colector para recoger los enfriamientos de las bombas del área de generación de vapor	101.29	499.20	600.49
5. Gran cantidad de sólidos y grasas presentes en el agua residual	5.1. Etapa de pretratamiento	5.1.1.1. Instalar rastrillo separador de sólidos	2380.01	1252.48	3632.49
	5.1.1. Lograr la separación de los sólidos y grasas presentes en el agua residual	5.1.1.2. Construcción de trampa de grasa	1475.12	5521.70	6996.82
6. Existencia de filtraciones en el	6.1. Etapa de tratamiento 6.1.1. Evitar la	6.1.1.1 Reconstrucción de la piscina de aguas			

colector general de aguas residuales	intercomunicación del depósito del agua residual diaria con la de los días de limpieza	residuales	12784.84	7099.23	19884.07
7. Comunicación de las lagunas 1 y 2	7.1. Etapa de tratamiento 7.1.1. Independizar las lagunas 1 y 2	7.1.1.1. Eliminar la tubería de comunicación entre las lagunas 1 y 2	-	361.44	361.44

Fuente. Elaboración propia

3.7. PRINCIPALES BENEFICIOS ESPERADOS A PARTIR DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LAS MEDIDAS PROPUESTAS

- Por incremento de la recolección de condensados con la calidad requerida para alimentar las calderas, podría disminuirse el tiempo de trabajo de la planta de tratamiento de agua, de 17 h actualmente a 6 h, para suplir el déficit en las arrancadas, constituyendo esto un ahorro por no pago de este volumen de agua de \$ 514.80 para una zafra de 130 días, además de evitar los gasto de tratamiento y disminuir el consumo de este recurso.
- Por establecer circuito cerrado para el agua de enfriamiento de las masas de tercera y el agua de sello de la bomba de vacío de los filtros se dejarían de insumir 317.72 m³/d de agua que en una zafra de 130 d representan un ahorro de \$743.60
- Por aplicar medidas que disminuyan el contenido de azúcar en el agua residual, considerando una disminución del 50% de las pérdidas actuales, se lograrían ingresos en el orden de \$ 64 171.03. En la Tabla 34 (Anexo 32) aparecen las afectaciones económicas de la entidad entre las zafras 2010 y 2012 por este concepto.
- Por lograr enmarcar los consumos de lubricantes en los índices establecidos se logran ahorros en el orden de \$ 27 437.93, a partir de los gastos que hoy está teniendo la entidad. Tabla 35 (Anexo 33).
- Por no pago de multas por contaminación de los recursos hídricos, \$ 5000.00.
- Por no pago de daños económicos ocasionados a personas naturales y jurídicas, \$ 13 000.00.
- Por eliminar los contaminantes que impiden el uso del agua en riego, se puede disponer en las condiciones actuales de un volumen de agua residual de 88 450.70 m³/zafra, que representan un importe de \$1769.01.

3.8. RESULTADOS DEL CÁLCULO DE LOS INDICADORES DINÁMICOS DE LA FACTIBILIDAD DEL PROYECTO

En la Tabla 36 (Anexo 34) aparece el cálculo de los indicadores dinámicos de la factibilidad del proyecto y en la figura 5 del Anexo 35, el período de recuperación de la inversión.

Del cálculo de estos indicadores se obtuvieron los siguientes resultados:

Valor actual neto (VAN): \$ 164 336.93

Tasa interna de rentabilidad (TIR): 43%

Período de recuperación de la inversión: 3.2 años

Estos resultados demuestran que en un corto período de tiempo es posible recuperar la inversión, obteniendo resultados favorables.

3.9. CONCLUSIONES PARCIALES

1. Las medidas propuestas contribuyen a mejorar los problemas fundamentales que hoy presenta el agua residual en cuanto a contaminación y altos volúmenes, así como a solucionar los relacionados con su gestión y tratamiento.
2. Las medidas que se proponen además de dar solución a los problemas ambientales generados por los impactos que provoca el proceso productivo sobre diferentes factores del medio, contribuyen a disminuir gastos y por consiguiente incrementan los ingresos de la entidad.
3. Las medidas propuestas en general son sencillas y de bajo costo económico, mostrando un período de recuperación de 3.2 años.

CONCLUSIONES GENERALES

1. Existen deficiencias en la gestión del agua en el proceso industrial y en el tratamiento y disposición de las aguas residuales de este, debiendo aplicarse las técnicas de producción más limpia como vía de solución al problema.
2. Los condensados no contaminados son insuficientes para el abasto a las calderas, estando determinado fundamentalmente por problemas en el estado técnico de los equipos de transferencia de calor y por el bajo aprovechamiento de la norma potencial de la fábrica que afecta el balance energético de la misma.
3. La planta de tratamiento de agua suple el volumen de agua requerido por las calderas, pero con un tiempo de operación superior al establecido, lo cual afecta la eficiencia de trabajo de la misma, no logrando disminuir a cero los valores de dureza en el agua tratada.
4. Las aguas residuales emitidas por la fábrica están caracterizadas por bajos valores de pH, asociados estos fundamentalmente a la presencia de productos azucarados en las mismas, constituyendo esta la causa de elevadas pérdidas para la entidad.
5. El resultado de la evaluación de los impactos causados por las acciones del proceso relacionadas con la gestión de aguas y el vertimiento de las aguas residuales sobre diferentes factores del medio muestra los mayores impactos sobre el recurso agua, siendo la acción más impactante el derrame y salideros de productos azucarados en el proceso.
6. Las soluciones propuestas permiten lograr un manejo adecuado del recurso agua en el proceso y la disposición final de las aguas residuales de acuerdo a las normas establecidas.
7. El resultado de la evaluación de la propuesta de medidas demuestra la factibilidad de su aplicación, obteniéndose los siguientes valores para los indicadores económicos: VAN: 164 336.93, TIR: 43% y un período de recuperación de la inversión de 3.2 años.

RECOMENDACIÓN

Aplicar las medidas propuestas lo antes posible con vista a dar solución a los problemas actuales que provoca el vertimiento de las aguas residuales del proceso industrial.

BIBLIOGRAFÍA

1. ACEA, H. & ROMERO, E. (2010) Estudio de factibilidad Planta de Tratamiento de Agua para la UEB Central Azucarero "Héctor Rodríguez". Villa Clara, IPROYAZ.
2. ALLENDE, I. V. Diseño hidráulico de plantas de tratamiento para aguas residuales, La Habana.
3. ALONSO, E. (2009) Implementación de un sistema de gestión para la eficiencia en el consumo de agua de fuentes externas y manejo de los residuales líquidos y sólidos en la Empresa Azucarera "Héctor Rodríguez". Santa Clara, MINAZ.
4. ANPP (1997) Ley 81 del Medio Ambiente.
5. AUTORES, C. D. Prácticas de producción más limpia. Módulo de formación ambiental básica. Proyecto: Acciones prioritarias para consolidar la protección de la biodiversidad en el ecosistema Sabana-Camaguey. CUB/98/G32-CAPACIDAD 21.
6. AUTORES, C. D. Contaminación y gestión de residuos. Módulo de formación ambiental básica. Proyecto: Acciones prioritarias para consolidar la protección de la biodiversidad en el ecosistema Sabana-Camaguey. CUB/98/G32-CAPACIDAD 21.
7. AYALA, A. & COLABORADORES (2006) Diagnóstico ambiental, punto de partida hacia el sistema de gestión ambiental. Normalización.
8. AZCUBA (2011-2015) Estrategia ambiental. Cuba.
9. AZCUBA (2012) Eficiencia industrial y energética. AZCUBA.
10. BARRETO, S. (2005) Importancia de la caracterización de los residuales líquidos de los centrales azucareros para el diseño y explotación de plantas para su tratamiento. Centro Azúcar. 2005 ed.
11. BARRETO, S., GARCÍA, L. & BARRETO, G. (2004) Propuestas para disminuir la acidez de las aguas residuales del CAI Argentina. Centro Azúcar. 2004 ed.
12. BERMÚDEZ, R. C., RODRÍGUEZ, S., MARTÍNEZ, M. D. L. C. & TERRY, A. I. (2003) Ventajas del empleo de reactores UASB en el tratamiento de residuales líquidos para la obtención de biogás. Tecnología Química.
13. BERNAZA, E. (2011) Apuntes sobre el pensamiento ambiental en la historia de Cuba. Revista Cubana de Filosofía. 20 ed. La Habana.
14. BORREGO, J. A. Tuinicú: lagunas hasta el cuello. Granma.
15. CANO, C. G., ARIAS, A. F. & TOBÓN, L. (2004) Plan nacional para la implementación de buenas prácticas agrícolas. Bogotá, Ministerio de agricultura y desarrollo rural. Dirección de desarrollo tecnológico y protección sanitaria.

16. CAÑIZARES, G. (2006) Propuesta y aplicación práctica de una metodología para la elaboración del diagnóstico ambiental en la oficina territorial de normalización de Villa Clara. Villa Clara, UCLV Marta Abreu.
17. CARABALLO, L. & COLABORADORES (2006) Curso Derecho y Medio Ambiente. Parte 1. Suplemento Especial Universidad para todos. Editorial Academia.
18. CASTELLANOS, J. A., GONZÁLEZ, F. & PUERTA, J. F. (2005) El consumo de agua en la industria azucarera como un problema energético y medio ambiental. Centro Azúcar. 2005 ed.
19. CASTELLANOS, J. A., GONZÁLEZ, F. & PUERTA, J. F. (2005) El consumo de agua en la industria azucarera como un problema energético y medio ambiental. Centro Azúcar. 2005 ed.
20. CEGESTI (2005) Manual de buenas prácticas de manejo del agua en las empresas.
21. CESAM (2011) Diagnóstico de Sagua La Grande. Sagua la Grande.
22. CET (2005) Guía de Producción más Limpia. . Lima, Centro de eficiencia Tecnológica (CET), Perú.
23. CIDI, U. P. B. & CIA, U. D. A. (1997) Manual de caracterización de aguas residuales industriales. 2da ed. Colombia, <http://www.andi.org.co>.
24. CIGEA (1998) Metodología para la evaluación aproximada de la carga contaminante. La Habana, MCITMA.
25. CIGEA, C. (2011) Metodología para la ejecución de los diagnósticos ambientales, para la obtención del reconocimiento ambiental nacional (RAN). Cuba.
26. CITMA (2012) Situación ambiental de la provincia Villa Clara al cierre de 2012. Villa Clara.
27. CONESA, V. V. (2000) Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental, España.
28. CONTRERAS, A. M. & COLABORADORES (2009) Comparative Life Cycle Assessment of four alternatives for using by-products of cane sugar production. .
29. CONTRERAS, A. M. & COLABORADORES (2013) Exegetic analysis in cane sugar production in combination with Life Cycle Assessment.
30. CUESTA, S. (2008) Contaminación Atmosférica vs. Desarrollo Sostenible.
31. DÍAZ, R. (1987) Tratamiento de aguas y aguas residuales, La Habana.

32. DUNAND, R. & COLABORADORES (2007) El tratamiento magnético y la disminución de residuales líquidos contaminantes en la industria azucarera. . II Conferencia internacional de electromagnetismo aplicado (CNEA). ICINAZ.
33. FERNÁNDEZ (2003) Los sistemas de gestión ambiental normalizados y sus costos. Análisis profesional. Paraguay. Diciembre, 2003 ed.
34. GACETA (1993) Decreto-Ley No 138 de las aguas terrestres. Ordinaria ed. La Habana.
35. GARCÍA, A. (2005) Aproximaciones a la solución tecnológica viable del enriquecimiento proteico de los residuales y subproductos sólidos de la industria de la caña de azúcar. Centro Azúcar.
36. GARCÍA, E. P. D. (2006) Ingeniería para el uso de agua en los ingenios azucareros.
37. GÓMEZ, O. A. (2011) Resultados del diagnóstico efectuado a equipos del sistema de condensado. Santa Clara, ZETI Sucursal Villa Clara.
38. GONZÁLEZ, A. M. (2012) Reduce industria azucarera contaminación ambiental. Trabajadores. La Habana. digital@trabaja.cip.cu
39. GUARDADO, J. A. Remoción de barreras con biogás.
40. GUZMÁN, V. (2011) Diseño de nuevo sistema de recolección de condensados presurizados que incluye el uso eficiente de la energía de las aguas en la UEB Centra Azucarero " Argentina". Florida, AZCUBA.
41. HERNÁNDEZ, M. T., LÓPEZ, L. M. & HERRERA, Z. Tratamiento de la vinaza en el Paraíso. Centro Universitario José Martí Pérez.
42. HERNÁNDEZ, Y. (2007) Aplicación de las prácticas de producción más limpia, para el uso del agua en la Fábrica de Azúcar de la Empresa Azucarera "Cuba Libre". Matanzas, Universidad Camilo Cienfuegos.
43. HERRYMAN, M. & SANTIESTEBAN, C. M. Economía del tratamiento y reuso de aguas residuales de la industria azucarera y derivados en Cuba.
44. CIDCA (2010) Caracterización de residuales. Villa Clara, Estación Territorial.
45. ICIDCA (2011) Caracterización de residuales. Villa Clara, Estación Territorial.
46. ICIDCA (2012) Caracterización de residuales. Villa Clara, Estación Territorial.
47. ICINAZ (2005) Reporte sobre el uso eficiente del agua en la operación industrial. La Habana.
48. ICINAZ (2005) Ingeniería para el ahorro de agua en las fábricas de azúcar.

49. INCA, I. N. D. C. A. (1998) Metodología para la utilización de los residuales de la industria azucarera en el fertirriego de la caña de azúcar. La Habana, Dirección de Riego y Drenaje.
50. INRH (2003) Gestión Integrada del agua. Utilización de las aguas.
51. ITURRALDE-VINENT, M. & COLABORADORES (2006) Curso naturaleza geológica de Cuba. Suplemento Especial Universidad para todos. Editorial Academia.
52. JO, O. (2007) Estudio de residuales para la Empresa Azucarera "Héctor Rodríguez". Santa Clara, IPROYAZ.
53. JO, O. & RODRÍGUEZ, I. (2000) Bases de diseño del tratamiento de residuales y el fertirriego de la caña de azúcar. Santa Clara, IPROYAZ.
54. LEIVA, J. (2004) Propuesta de alternativas tecnológicas viables desde el punto de vista técnico, económico y ambiental que contribuyen a la gestión ambiental en el Municipio Caibarien. Santa Clara, UCLV Marta Abreu.
55. LÓPEZ, C. & ITURRALDE, M. (2005) Introducción al conocimiento del medio ambiente. Suplemento especial Universidad para todos. La Habana, 31.
56. LÓPEZ, C. M. & COLABORADORES (2006) Introducción al conocimiento del medio ambiente. Suplemento Especial Editorial Academia.
57. MCITMA (1998) Elementos metodológicos para la introducción de prácticas de producción más limpia. Alternativas para el aprovechamiento económico de residuales. La Habana.
58. MCITMA (2004) Resolución 135/2004 Metodología para la ejecución de los diagnósticos ambientales y la verificación del cumplimiento de los indicadores establecidos para la obtención del RAN. La Habana.
59. MCITMA (2011-2015) Estrategia Ambiental Nacional. Cuba.
60. MERCHES, S. (2005) La contaminación ambiental, <http://www.idal.es>.
61. MERINO, M. (2003) Bases generales para el establecimiento del sistema de gestión medio ambiental en la fábrica de tejeduría de la Empresa Textil "Desembarco del Granma". Santa Clara, UCLV Marta Abreu
62. METCALF & EDDY (1995) Ingeniería de las aguas residuales. Tratamiento, vertido y reutilización.
63. MINAZ (2009) Pago por consumo de agua en los ingenios azucareros, período enero-junio de 2009. La Habana.

64. MINAZ (2010) Programa provincial de enfrentamiento al cambio climático. Villa Clara.
65. MONDUI, G., FERNÁNDEZ, R. & ORÚE, S. (2001) Impacto ambiental de las fábricas de azúcar. Revista Cuba Azúcar.
66. MONDUÍ, R. & COLABORADORES (2003) Impacto ambiental de la industria. Caso: Fabricación de Azúcar. Grupo Medio Ambiente ICINAZ. La Habana.
67. MORENO, M., POZO, I., ARIAS, R., CALDERÓN, M. & MORENO, Á. (1999) Informe sobre los trabajos de caracterización de las aguas residuales del CAI "Héctor Rodríguez". Santa Clara, Dirección Provincial de Recursos Hidráulicos. Villa Clara. Departamento Protección de Cuencas y Aguas.
68. MORRELL, I. & JACINTO, L. (2004) Tratamiento de aguas residuales industriales con el uso de soportes de fijación celular. Centro Azúcar. 2004 ed.
69. OBAYA, C. (2004) Tecnología del agua. ICIDCA.
70. OLGUÍN, E. J. (2005) Tratamiento y reuso del agua residual en algunos ingenios azucareros de la cuenca del Papaloapan y del río Blanco para el riego de caña de azúcar, <http://www.funprover.org...Agricolascofrupo...2005-11740>.
71. ONE (2008) Gastos de inversión para la protección del medio ambiente. Definiciones metodológicas. La Habana.
72. ONN (2008) NC xxx 2008 Utilización de las aguas residuales de la industria azucarera y de derivados en el fertirriego de la caña de azúcar.
73. ONN (2010) NC 827: 2010 Agua Potable Requisitos Sanitarios y Muestreos. Cuba.
74. ONN (2012) NC27:2012 Vertimiento de aguas residuales a las aguas terrestres y al alcantarillado. Especificaciones. Cuba.
75. PASCUAL, A. & COLABORADORES (2009) Manual de Estado del Arte de la co-digestión anaerobia de residuos ganaderos y agroindustriales, Oviedo.
76. PAZ, L. R. & COLABORADORES (2008) Cambio climático. Impactos, vulnerabilidad y adaptación. Parte 2. Suplemento Especial Editorial Academia.
77. PERAZA, R. B. (2010) Diseño de un programa de producción más limpia para perfeccionar el sistema de gestión ambiental en la unidad básica Talleres Ferroviarios 9 de abril. Santa Clara, UCLV Marta Abreu.
78. PÉREZ, Y. (2012) Análisis del impacto medioambiental en una zona azucarera cubana, <http://www.gestiopolis.com/administracion-estrategia-2/impacto-medioambiental-zona-azucarera-cubana.htm>.

79. PUBILLONES, R. (2008) Sistema presurizado de condensado. Taller de agua, 2008.
80. RODRÍGUEZ, A. & MARTÍN, M. (2008) Ingenios azucareros aminoran carga contaminante, <http://www.juventudrebelde.cu>.
81. RODRÍGUEZ, N., ALVAREZ, D. M., VERDECIA, M. & PEREIRA, G. H. (2007) Gestión de residuales. El Habanero, <http://www.elhabanero.cubasi.cu>.
82. RODRÍGUEZ, R. (2004) Evaluación de impactos ambientales. Universidad Autónoma de Nicaragua.
83. RONDEROS, C. & PALACIOS, L. (2010) Aspectos económicos, sociales y ambientales de la industria de la caña de azúcar en Colombia, [http://www.usergioarboleda.edu.co/medioambiente/responsabilidad social-ambiental-industria-azucarera.pdf](http://www.usergioarboleda.edu.co/medioambiente/responsabilidad-social-ambiental-industria-azucarera.pdf).
84. SERRANO, J. H. & COLABORADORES (2006) Protección ambiental y producciones más limpias. Parte 1. Tabloide Universidad para todos.
85. SERRANO, J. H. & COLABORADORES (2006) Protección ambiental y producción más limpia. Parte 2. Tabloide Universidad para todos
86. SOLA, S. (2010) Informe final de zafra de la UEB Central Azucarero Héctor Rodríguez. Cuba, Empresa Azucarera Villa Clara.
87. SOLA, S. (2011) Informe final de zafra de la UEB Central Azucarero Héctor Rodríguez. Cuba, Empresa Azucarera Villa Clara.
88. SOLA, S. (2012) Informe final de zafra de la UEB Central Azucarero Héctor Rodríguez. Villa Clara, Empresa Azucarera Villa Clara.
89. SOLANO, G., ESCALONA, L., DÍAZ, M. & GARCÍA, F. (2003) Nuevas alternativas para el tratamiento sostenible de residuales de los ingenios productores de azúcar de caña. Revista electrónica Granma Ciencia. No 2 Mayo-Agosto de 2003 ed.
90. SOLANO, G., FONSECA, P. L., ESCALONA, L., CASTILLO, P. & NIETO, M. (2005) Alternativas para el reciclaje sostenible de residuales sólidos y líquidos vertidos por el ingenio azucarero Roberto Ramírez de Niquero. Revista electrónica Granma Ciencia. No 2, Mayo-Agosto de 2005 ed.
91. SOLANO, G., FONSECA, P. L., ESCALONA, L. & RAMÍREZ, R. (2007) Mejoramiento del valor nutritivo de residuales azucareros mediante el enriquecimiento con deyecciones de gallinas ponedoras REDVET. Revista electrónica de Veterinaria 1695-7504,

<http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n050507.html> concretamente en
<http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n050507/050703.pdf>

92. SOSA, M. (2009) Diseño del sistema de gestión ambiental integrado al sistema de la calidad de la Empresa de mantenimiento vial y construcciones Villa Clara. Santa Clara, UCLV Marta Abreu.
93. TEJEDA, V. M., SAO, E. M., MONDUI, R., DOMENECH, F., LAMELA, C. & RAMÍREZ, F. C. Residuales azucareros como fertirriego.
94. TERRY, ABÓ, M. & GARCÍA, J. M. (2003) Producción más limpia en las políticas y prácticas vigentes en Cuba. Red nacional de producción más limpia. La Habana. Cuba.
95. TERRY, C. Gestión de residuales líquidos desde la perspectiva del consumo sustentable. Revistama, <http://www.medioambiente.cu/revistama/12-02.asp>.
96. VÁZQUEZ, A. (2004) Emplean últimamente residuales de la industria azucarera, <http://www.elhabanero.cubaweb.cu>.
97. VELÁZCO, V. D. L. C. (2007) Propuesta de sistema de tratamiento para los residuales líquidos de la Empresa Azucarera " Cuba Libre". Matanzas, Universidad "Camilo Cienfuegos".
98. VELÁZQUEZ, L. D. (2010) Simulación e integración del proceso de fabricación de azúcar, considerando la incertidumbre en los balances de materiales y de energía. Santa Clara, UCLV Marta Abreu.
99. YERA, É. J. (2009) Evaluación de la laguna de estabilización de la Empresa Geominera del Centro. Plan de minimización de residuos para disminuir los impactos negativos en ella. Santa Clara, UCLV Marta Abreu.

-
-

Anexo N° 1

Metodología para el cálculo del número de expertos.

El grupo de expertos debe estar entre 7 y 15 para mantener un nivel de confianza y calificación elevado. La determinación del número de expertos (M) se realiza utilizando la siguiente expresión:

$$M = \frac{p * (1-p) * k}{i^2}$$

Donde:

M: Número de expertos.

i: nivel de precisión deseado.

p: proporción estimada de errores de los expertos

k: constante cuyo valor está asociado al nivel de confianza elegido.

Los valores de k se ofrecen a continuación:

Nivel de confianza (%) (1-p)	Valor de k
99	6.6564
95	3.8416
90	2.6896

En la selección de los expertos se tienen en cuenta los siguientes aspectos:

- Veracidad
- Voluntariedad
- Experiencia
- Conocimientos

Anexo N° 1

Relación de los especialistas que ejecutaron el diagnóstico

- | | |
|----------------------------------|-------------------------------------|
| 1. Julio César Finalé Domínguez | J`de Mantenimiento |
| 2. Nioleibis Santana Saavedra | J`del área de Generación de Vapor |
| 3. Carlos Ruano Llorca | J`del área de Planta Eléctrica |
| 4. Silvia Sola Sánchez | J`del área de Laboratorio |
| 5. Imilsis Espino Leal | J`del área de Sala de Análisis |
| 6. Margarita Amalia Villamil Cid | Especialista en Energía |
| 7. Yanibis Rivero Rangel | Técnico en Aguas y Aguas residuales |
| 8. Vilma Oña Alfonso | Especialista "A" en Mantenimiento |

Anexo N° 2



Figura 1: Ubicación geográfica de la Industria

Anexo N° 3

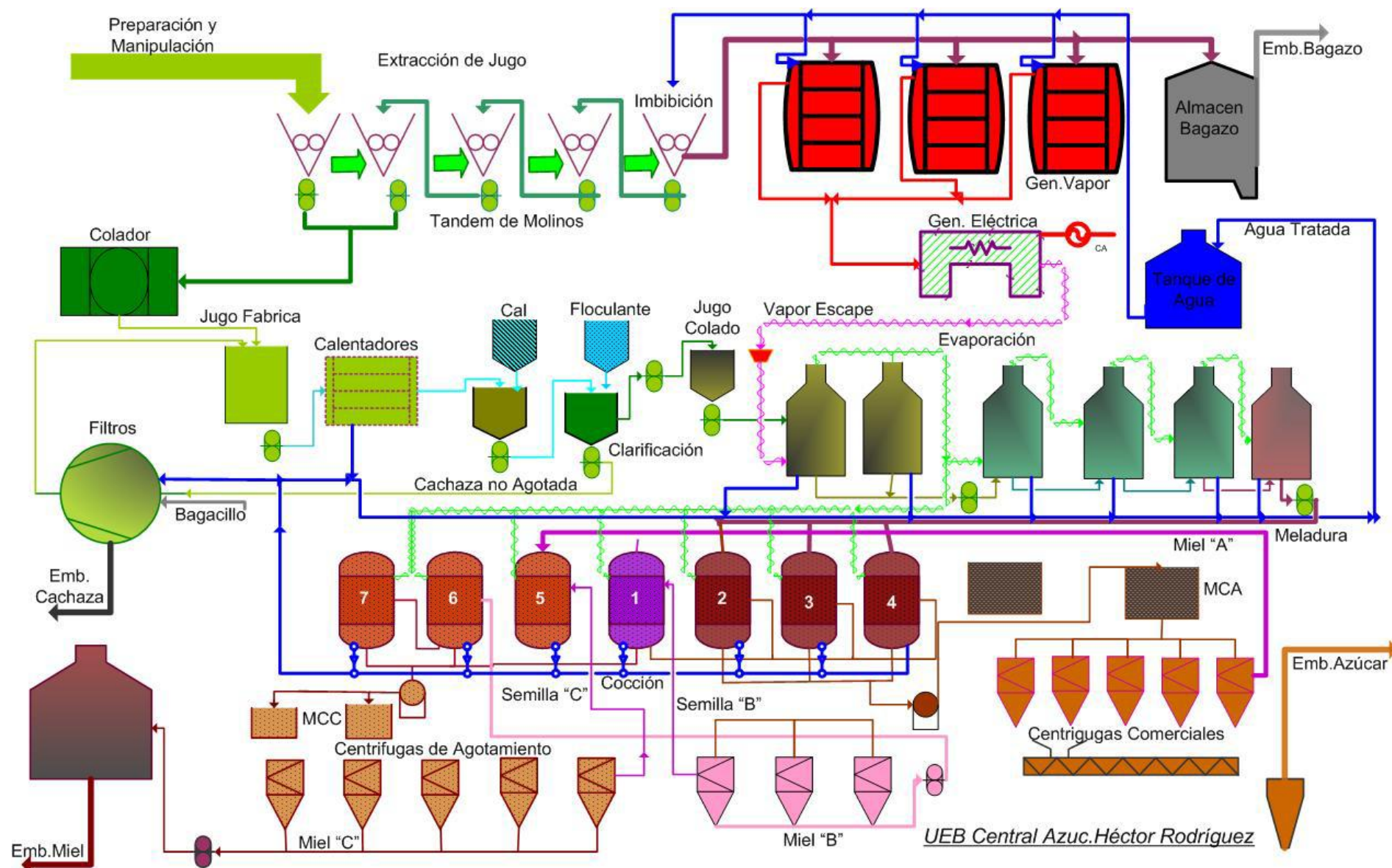


Figura 2: Esquema tecnológico del proceso industrial de obtención del azúcar

Anexo N° 4

Tabla 1. Algunas características del agua cruda insumida por la fábrica.

Parámetros	Valores promedios
Dureza	850 mg / L
pH	8.09
Sólidos disueltos	263 mg / L
Alcalinidad	190 mg / L

Fuente: Estudio de factibilidad Planta de tratamiento de agua. IPROYAZ mayo 2010.

Anexo N° 5

Tabla 2. Situación de los sistemas de enfriamiento existentes en la industria.

CON CIRCUITO CERRADO	SIN CIRCUITO CERRADO
Sistema general de inyección	Sistema de enfriamiento de las masas de tercera
Sistema de enfriamiento de molinos	Sistema de calentamiento de las masas de tercera
Sistema de enfriamiento de los turbos	Sistema de enfriamiento de la bomba de vacío de los filtros
Sistema de enfriamiento de las bombas de vacío	
Sistema de enfriamiento de los compresores	

Fuente. Elaboración propia.

Anexo N° 6

Tabla 3. Capacidad en m³ de los enfriaderos de los sistemas de enfriamiento en la industria.

Sistemas de enfriamiento	Capacidad de los Enfriaderos (m³)
Sistema de inyección y vacío.	5 642,35
Sistema de enfriamiento de molinos	93.64
Sistema de enfriamiento de los turbos.	64,17
Sistema de enfriamiento de las bombas de vacío.	160.14
Sistema de enfriamiento de los compresores.	59.43
Sistema de enfriamiento de los cristalizadores para masas cocidas de tercera	71,28
Total	6091.01

Fuente. Datos archivo técnico. Grupo técnico de la UEB.

Anexo N° 7

Tabla 4. Relación de equipos instalados y en operación con que cuenta la planta de tratamiento de agua

EQUIPO	CANTIDAD	INSTALADO	EN OPERACIÓN
Tanque para dosificación de floculante	1	1	0
Tanque para dosificación de cal	1	1	0
Tanque para contralavado	1	1	1
Tanque para la solución de sal para la regeneración de la resina	1	1	1
Cisterna para la preparación de la solución de sal	1	1	1
Clarificador de agua	1	1	1
Filtro mecánico	2	2	1
Filtro catiónico	1	1	1
Filtro de sal	1	1	1
Bomba de circulación de sal (2CORVL)	2	1	1
Bomba de contralavado (4CORVL)	2	1	1
Bomba de agua clarificada (3CORVL)	2	1	1

Fuente. Elaboración propia.

Anexo N° 8:

Anexo: 8

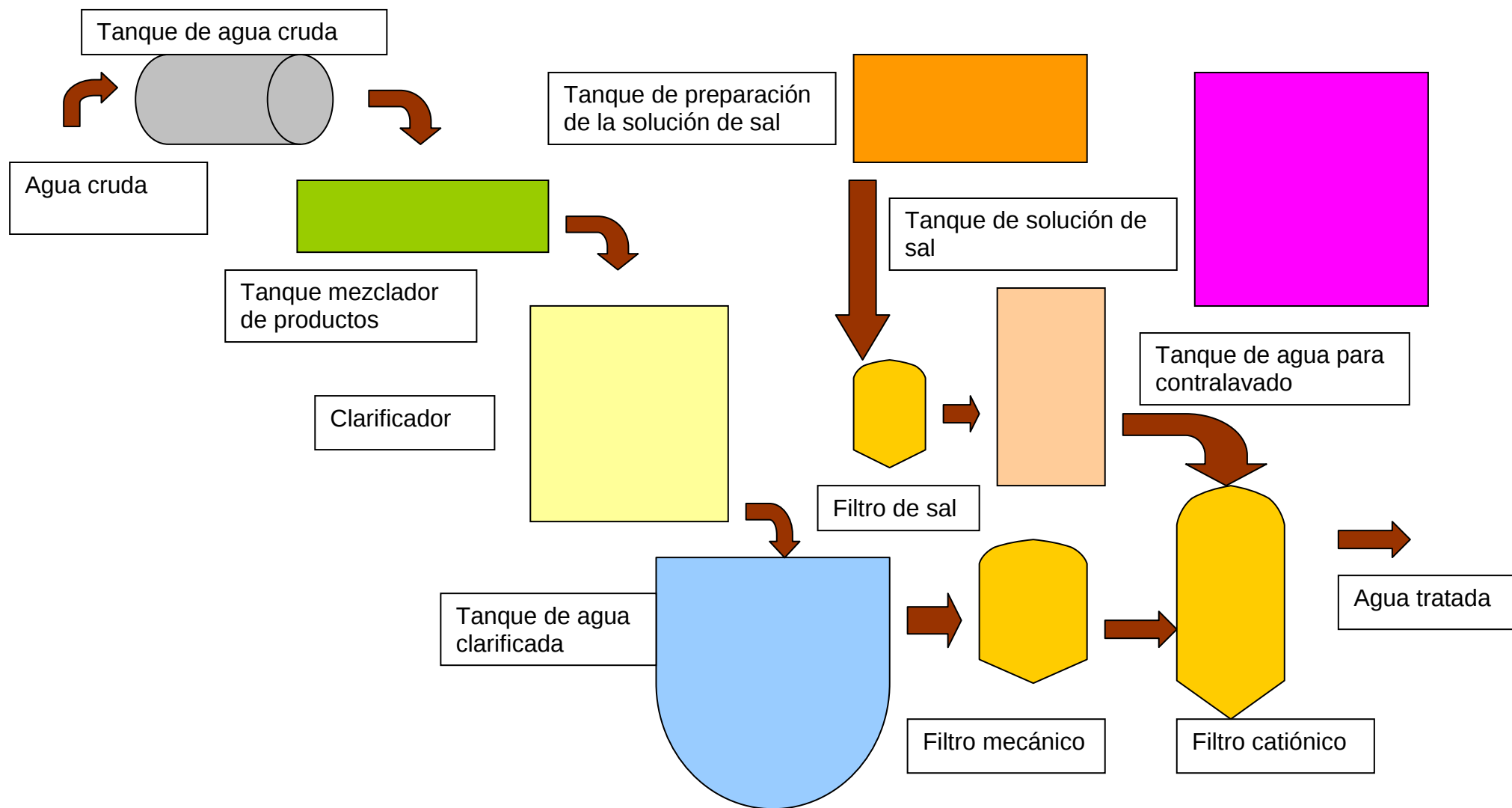


Figura 3. Diagrama de flujo de la planta de tratamiento de agua

Anexo N° 9

Tabla 5. Resultados promedio de los análisis realizados al agua de entrada y salida de la planta de tratamiento de agua en el periodo del 20 al 28 de febrero de 2013.

Fecha		pH (upH)	Dureza (mg/l)	Alcalinidad (mg/l)
20	E	9.03	134	2
20	S	8.75	124	3
21	E	9.3	147	2
21	S	9.09	85.5	8.5
22	E	9.03	153	5
22	S	9.36	9.84	13.5
23	E	8.92	166	-
23	S	9.12	5	5
24	E	8.98	153	6
24	S	9.1	3.7	5.3
25	E	9.02	145	3
25	S	9.09	4	7.3
26	E	8.89	160	2
26	S	8.7	10.6	5.2
27	E	8.9	144	10
27	S	8.9	62.5	2.4
28	E	8.93	166	13
28	S	8.9	99.34	5.5

Fuente. Control del trabajo de la planta de tratamiento de agua.
Laboratorio de agua de la UEB.

Anexo N° 10

Tabla 6. Depósitos de agua potable en la Industria

DEPÓSITO	CAPACIDAD (m³)	USO
Tanque para abasto servicio sanitario industria	1.35	Servicio sanitario mujeres
Tanque para abasto servicio sanitario industria	0.21	Servicio sanitario hombres
Tanque de agua área de tachos	1.064	Aseo de los trabajadores del área
Tanque de agua área de tachos	0.31	Abasto bebedero de los tachos
Tanque de agua industria	1.23	Abasto bebedero puerta industria
Tanque de agua oficina de industria	(1)2.03 (1)0.21	Abasto servicios sanitarios y bebedero de la oficina
Tanques de agua para el comedor(2)	(1)2.00 (1)2.00	Elaboración de alimentos y aseo general
Tanques de agua para el centro de elaboración (2)	(1)2.00 (1)1.50	Elaboración de alimentos y aseo general
Tanque de agua para el merendero y la oficina de Fabricación	0.31	Elaboración de alimentos y aseo general del merendero Abasto servicio sanitario y aseo en general de la oficina.

Fuente. Elaboración propia.

Anexo N° 11

Tabla 7. Bebederos instalados en la UEB Industria

ÁREA	CANTIDAD	CAPACIDAD m³	ESTADO TÉCNICO
Puerta del central	1	0.03	Roto
Oficina de economía	1	0.05	Bueno
Generación de vapor	1	0.02	Bueno
Fabricación	1	0.03	Bueno
Planta eléctrica	1	0.02	Bueno

Fuente. Elaboración propia.

Anexo N° 12

Tabla 8. Muebles sanitarios instalados en la UEB Industria

ÁREA	CANTIDAD	ESTADO TÉCNICO	PRESENCIA DE SALIDEROS
Central	3	Regular	No
Oficina de fabricación	1	Regular	Si
Oficina de economía	2	Regular	No
Laboratorio	1	Bueno	No
Comedor	1	Bueno	No
Centro de elaboración	1	Bueno	No

Fuente. Elaboración propia.

Anexo N° 13

Tabla 9. Resultados de análisis físico químicos realizados al agua potable

INDICADOR	U/M	18/9/12	18/12/12
NO ₂	mg/l	0-0.1	0
NO ₃	mg/l	≤20	≤20

Fuente. Centro Provincial de Higiene y Epidemiología Vicedirección Laboratorio

Anexo N° 14

Tabla 10. Flujos y temperatura del condensado generado por cada uno de los equipos de transferencia de calor

Equipos	Flujos m ³ /h	Temperatura °C
Calentadores primarios	13.19	93.38
Calentadores secundarios	9.29	109.86
Calentador de jugo clarificado	4.59	119.87
Pre evaporadores	34.75	119.87
Vaso 1	32.75	109.86
Vaso 2	33.16	102.60
Vaso 3	20.04	93.38
Vaso 4	20.84	80.29
Tachos	22.88	109.86

Fuente. Estudio energético realizado por especialista de ZETI Villa Clara año 2011.

Anexo N° 15

Tabla 11. Tipos de bombas y motores instalados por equipo para la evacuación de los condensados

Equipos	Bomba	Modelo	Tipo	Material caracol	Material impelente	Motor		Capacidad de bombeo m³/h
						Kw	Rpm	
Pre evaporadores	1	5CRVL	Centrifuga	Fe Fdo	Fe Fdo	30	1800	317.97
	2	5CRVL	Centrifuga	Br	Br	30	1800	317.97
Calentadores primarios	1	3CRVL	Centrifuga	Fe Fdo	Fe Fdo	11	1750	102.21
	2	3CRVL	Centrifuga	Fe Fdo	Br	11	1750	102.21
Calentadores rectificadores	1	3CRVL	Centrifuga	Fe Fdo	Br	7.5	1750	90.85
	2	1½CRVL	Centrifuga	Fe Fdo	Br	7.5	1750	45.43
Vaso 1	1	4CRVL	Centrifuga	Fe Fdo	Fe Fdo	22	1800	204.41
	2	4CRVL	Centrifuga	Fe Fdo	Br	22	1800	204.41
Vaso 2	1	4CRVL	Centrifuga	Fe Fdo	Fe Fdo	22	1800	204.41
	2	4CRVL	Centrifuga	Fe Fdo	Fe Fdo	22	1800	204.41
Vaso 3 y 4	1	4CRVL	Centrifuga	Fe Fdo	Fe Fdo	22	1800	204.41
	2	4CRVL	Centrifuga	Fe Fdo	Fe Fdo	22	1800	204.41
Tacho 7	1	4CRVL	Centrifuga	Fe Fdo	Fe Fdo	22	1800	204.41
	2	4CRVL	Centrifuga	Fe Fdo	Fe Fdo	22	1800	204.41
Tachos 1- 6 Retorno contaminado	1	-	-	-	-	-	-	-
	2	4CRVL	Centrifuga	Fe Fdo	Fe Fdo	18	1800	181.70
Tachos 1- 6 Retorno no contaminado	1	5CRVL	Centrifuga	Fe Fdo	Fe Fdo	18	1800	204.41
	2	4CRVL	Centrifuga	Fe Fdo	Br	22	1800	204.41

Fuente. Elaboración propia.

Anexo N° 16

Tabla 12. Sistemas empleados para la extracción del condensado de los equipos de transferencia de calor

Equipo	Sistema empleado
Calentadores primarios	Sifas
Calentadores secundarios	Sifas
Calentador de jugo clarificado	Columna hidrodinámica
Pre evaporadores	Columna hidrodinámica
Vaso 1	Columna hidrodinámica
Vaso 2	Columna hidrodinámica
Vasos 3 y 4	Columna hidrodinámica
Tachos del 1 al 6 (Retorno no contaminado)	Columna hidrodinámica
Tachos del 1 al 6 (Retorno contaminado)	Monitor
Tacho7	Columna hidrodinámica

Fuente. Elaboración propia.

Anexo N° 17

Tabla 13. Volumen en m³/h de condensado contaminado para uso en el proceso

USO DEL CONDENSADO EN EL PROCESO	m ³ /h
Imbibición	42.75
Filtración de la cachaza	6.11
Preparación de la lechada de cal	4.8
Dilución de mieles	5.08
Lavado de centrífugas	0.64
TOTAL	59.38

Fuente. Elaboración propia a partir de balances de materiales.

Anexo N° 18

Tabla 14. Destino del agua consumida y características de los desechos generados por cada una de las áreas del proceso

ÁREAS DEL PROCESO	DESTINO DEL INSUMO DE AGUA	CARACTERÍSTICAS DE LOS DESECHOS GENERADOS
Recepción y preparación de la caña.	Accionamiento sistema hidráulico de los basculadores.	Aguas contaminadas con hidrocarburos procedentes del sistema hidráulico de los basculadores, además se le adicionan aguas subterráneas provenientes de filtraciones del manto freático.
Extracción del jugo.	Imbibición. Limpieza del área. Reposición circuito cerrado enfriamiento molinos.	Aguas procedentes de la limpieza del área contaminadas con: jugos, bagazo y restos de hidrocarburos. Aguas provenientes de fugas del enfriadero del circuito cerrado de enfriamiento de los molinos.
Purificación.	Preparación de la lechada de cal. Limpieza del colador de jugo clarificado y del área del clarificador. Lavado de la torta de cachaza y limpieza del área de los filtros.	Aguas contaminadas con restos de: jugo, bagacillo y cachaza. Aguas procedentes de la condensación del vapor en los calentadores.
Evaporación.	Enjuague de los equipos. Limpieza química de los equipos.	Aguas con contenido de azúcar. Aguas con contenido de productos

		químicos (HCL y NaOH). Aguas de los retornos provenientes de los equipos de evaporación. Aguas de los sistemas de enfriamiento de las bombas.
Concentración y cristalización.	Dilución de mieles. Tinas de los tachos. Limpieza de lucetas. Limpieza de equipos. Limpieza del área. Agua potable para uso de los trabajadores. Agua para la limpieza de los recipientes para muestras. Agua para el enfriamiento y calentamiento de las masas de tercera.	Aguas con contenido de azúcar producto de derrames y salideros. Aguas de retornos de los tachos. Aguas de desecho del enfriamiento y calentamiento de las masas de tercera.
Centrifugación.	Proceso de purga. Lavado de los equipos. Limpieza del área. Formación del magma.	Aguas con contenido de azúcar producto de derrames de: masas cocidas, mieles, semillas y azúcar. Aguas resultantes de la limpieza de equipos y áreas.
Generación de vapor.	Alimentación de las calderas. Limpieza del área.	Aguas procedentes de la limpieza del área que contienen restos de bagacillo y ceniza. Aguas procedentes de la purga de las calderas con presencia de productos químicos. Aguas del sistema de enfriamiento de las

		bombas de alimentar calderas. Aguas provenientes de derrames del tanque de retornos contaminados con elevadas temperaturas Aguas provenientes del contralavado de los filtros de la planta de tratamiento de agua y de la regeneración de las resinas de intercambio iónico.
Planta eléctrica.	Enfriamiento de los turbogeneradores.	Aguas provenientes de las pérdidas del circuito cerrado de los turbogeneradores
Compresores.	Enfriamiento de los compresores.	Aguas contaminadas con hidrocarburos, producto de la lubricación de los compresores. Aguas provenientes de las pérdidas del circuito cerrado de enfriamiento de los compresores.
Sistema general de inyección y vacío.	Reposición nivel del enfriadero por pérdidas. Reposición por deterioro de la calidad del agua de enfriamiento. Reposición circuito cerrado bombas de vacío.	Aguas provenientes de las pérdidas por salideros en el circuito cerrado del sistema de inyección con características ácidas. Aguas provenientes de las pérdidas por salideros del circuito cerrado del sistema de vacío.
Áreas generales de la fábrica.	Para suministro del sistema contra incendios. Para la limpieza de áreas generales de la fábrica.	Aguas con contenido de: bagazo, cenizas y productos azucarados.

	Para suministro a circuitos de enfriamiento abiertos.	
--	---	--

Fuente. Elaboración propia.

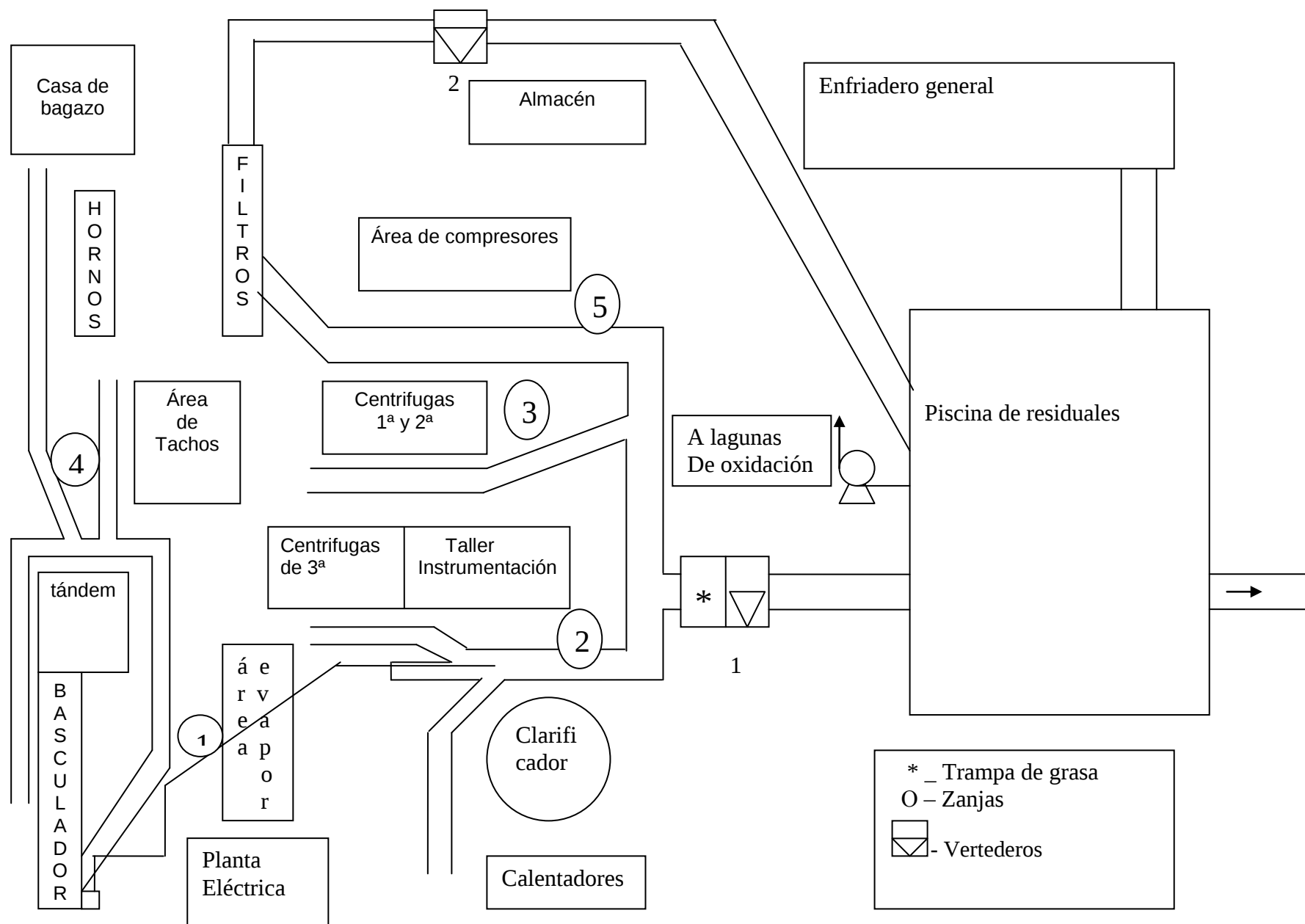


Figura 4. Esquema del sistema de zanjias para la colección de las aguas residuales.

Anexo 20

Tabla 15. Residuos que van a cada una de las zanjas, puntos de muestreo y ubicación de los vertederos

Nº de zanja	Que se puede derramar	Donde se muestrea	A que vertedero va	Ubicación del vertedero
1	Baldeo o cualquier derrame de los molinos, salideros de fuentes o canales de guarapo, derrame del tanque de jugo mezclado o cualquier otro tipo de derrame de los molinos, se le une además la zanja 4.	En la descarga de la estación de bombeo al lado del clarificador	Vertedero 1	Detrás de la trampa de grasa
2	Bombas de jugo clarificado, meladura, derrames del tanque de jugo clarificado, tomamuestra centralizado, bandeja del clarificador, bombas de cachaza y todo derrame de las áreas de Purificación y Evaporación.	Al lado del clarificador antes de la descarga de la zanja 1	Vertedero 1	Detrás de la trampa de grasa
3	Bombas de semilla C, miel B, miel A, baldeo de centrifugas de miel final, derrame de cristalizadores de tercera y tanques de mieles intermedias	Detrás de las centrifugas de masas cocidas de tercera	Vertedero 1	Detrás de la trampa de grasa
4	Baldeo del piso de los tachos, derrames graneros 5 y 6, Monyús, miel A y miel B tubería de alimentación a tachos, jugo de filtros	Frente al monyú de 3ª	Vertedero 1	Detrás de la trampa de grasa
5	Agua de enfriamiento bomba de vacío de los filtros, derrames de cristalizadores de masas cocidas de primera y segunda , tanque de lavado tacho, derrames de meladura, miel A, miel B, semilla disuelta y azúcar	Frente al piso de azúcar	Vertedero 1	Detrás de la trampa de grasa
	El vertedero 2 coincide con la zanja donde se vierte agua de calderas, derrame de jugo de los filtros, derrame del tanque de lavado de tacho, cachaza y derrames del tanque de uso tecnológico.	A la entrada del vertedero 2	Vertedero 2	Detrás del almacén

Fuente. Sistema de trabajo del Laboratorio de la UEB

Anexo 21

Tabla 16. Área y volumen de los depósitos de aguas residuales y aguas ácidas

DEPÓSITOS	ÁREA(m ²)	VOLUMEN (m ³)
Aguas residuales	487.3	852.78
Aguas ácidas	22.92	40.11

Fuente. Elaboración propia.

Anexo 22

Tabla 17. Resultados de las mediciones realizadas para determinar el comportamiento del flujo de agua residual en (m³/d) emitido por la fábrica por meses durante las zafras 2010, 2011 y 2012

Zafra	Mes	Indicadores				
		Valor mínimo	Valor medio	Valor máximo	Varianza	Desviación Típica
2010	1	188.957	422.359	843.264	32654.5	180.706
	2	386.381	765.974	1340.5	84861.1	291.309
	3	218.419	607.557	1035.94	55890	236.412
	4	189.043	734.974	1506.82	139003.0	372.831
2011	1	104.54	573.999	1055.38	95397.7	308.865
	2	262.65	754.75	1437.87	85113.2	291.742
	3	39.398	765.698	1302.65	85048.6	291.631
	4	154.656	654.38	1040.08	69790.5	264.179
2012	1	11.75	578.277	1594.94	185360.0	430.534
	2	192.844	922.965	3329.13	284802.0	533.668
	3	129.945	754.954	1064.1	754.954	230.219
	4	128.736	559.862	1010.02	559.862	271.349

Fuente. Elaboración propia.

Tabla 18. Resultado de las mediciones de flujo de agua residual en m³/d realizadas en la primera decena de los meses de enero y abril de 2011

Mes	Flujo de agua residual en m ³ /d en la decena									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Enero	751.6 8	662. 17	624.32	811.03	881.28	1219.10	296.57	1437.86	1165.53	893.03
Abril	335.9 2	104 0.08	828.23	804.21	807.66	812.678	154.65	253.84	807.66	738.37

Fuente. Elaboración propia.

Anexo 23

Tabla 19. Resultados de la caracterización realizada al agua residual emitida por la industria Zafra 2010

Análisis		Fecha Muestreo				
Método de ensayo	UM	02-Feb	15-Feb	08-Mar	24-Mar	07-Abr
pH	UpH	6.60	4.31	4.31	3.49	6.64
Conductividad	mS/cm.	0.329	0.858	0.858	1.97	1.36
DQO	mg/L	300	1454.5	3750	3871	3709
DBO ₅	mg/L	165	800	2062	2129	2040
Carbonatos	mg/L	0	0	0	0	0
Bicarbonatos	mg/L	48.73	3.22	3.22	77.3	103.07
P ₂ O ₅	mg/L	1.58	14.81	14.81	58.16	5.21
Sólidos Sedimentables	ml/L	0.5	0.07	0.07	0.14	0.2

Tabla 20. Resultados de la caracterización realizada al agua residual emitida por la industria Zafra 2011

Análisis		Fecha Muestreo			
Método de ensayo	UM	11-Ene	22-Feb	08-Mar	28-Mar
pH	UpH	5.10	3.83	4.47	4.00
Conductividad	mS/cm.	1.16	1.12	0.92	1.08
DQO	mg/L	4972.8	2129.7	1169.8	1169.8
DBO ₅	mg/L	2735	1171.4	643.4	643.4
Carbonatos	mg/L	0	0	0	0
Bicarbonatos	mg/L	6.59	0	3.00	41.48
P ₂ O ₅	mg/L	67.47	12.18	27.74	7.36
Sólidos Sedimentables	ml/L	0	1.8	6.0	2.0

Tabla 21. Resultados de la caracterización realizada al agua residual emitida por la industria Zafra 2012

Análisis		Fecha Muestreo				
Método de ensayo	UM	12-Ene	12-Feb	Marzo	26-Mar	10-Abril
pH	UpH	3.68	6.14	5.50	5.70	6.10
Conductividad	mS/cm.	0.747	1.46	0.96	0.99	1.07
DQO	mg/L	1386	3433.6	2875.0	2053	2017.7
DBO ₅	mg/L	762.3	1888.5	1581.3	1129	1109.7
Carbonatos	mg/L	0	0	0	0	0
Bicarbonatos	mg/L	0	0	0	0	0
P ₂ O ₅	mg/L	10.992	9.14	72.81	10.40	11.05
Sólidos Sedimentables	ml/L	-	-	-	-	-

Fuente. Laboratorio Estación Territorial del ICIDCA Villa Clara

Anexo 24

Tabla 22. Datos de flujo y carga contaminante del agua residual en las zafras 2010, 2011 y 2012

Zafras	Q(m ³ /d)	DBO ₅ (Kg/ m ³)	CO(Kg/d)	CV(g/m ³ /d)	CS(Kg/ha/d)	PE(personas)
2010	475.53	1.439	684.763	47.05	305.70	8056.04
2011	660.58	1.298	857.433	58.92	382.78	10087.45
2012	514.98	1.294	666.384	45.79	297.49	7839.81

Fuente. Elaboración propia.

Q: Flujo

DBO₅: Demanda bioquímica de oxígeno

CO: Carga orgánica

CV: Carga volumétrica

CS: Carga superficial

PE: Población equivalente

Anexo 25

Tabla 23. Área y volumen de los embalses

LAGUNAS	VOLUMEN (m ³)	ÁREA (Ha)
Laguna para aguas ácidas	14553.00	0.485
Laguna # 1 para residual	13150.35	0.487
Laguna # 2 para residual	31680.00	1.267

Fuente. Elaboración propia.

Anexo 26

Tabla 24. Resultados de caracterización del efluente del sistema de tratamiento, Zafra 2010

Análisis		Fecha Muestreo	
Método de ensayo	UM	02-Feb	15-Feb
pH	UpH	4.60	4.60
Conductividad	mS/cm.	1.492	0.873
DQO	mg/L	636	1546
DBO ₅	mg/L	350	850
Carbonatos	mg/L	0	0
Bicarbonatos	mg/L	60.97	107.36
P ₂ O ₅	mg/L	20.35	7.42
Sólidos Sedimentables	ml/L	0.3	0.4

Tabla 25. Resultados de caracterización del efluente del sistema de tratamiento, Zafra 2011

Análisis		Fecha Muestreo
Método de ensayo	UM	08-Marzo
pH	UpH	5.07
Conductividad	mS/cm.	1.10
DQO	mg/L	830.2
DBO ₅	mg/L	456.6
Carbonatos	mg/L	0
Bicarbonatos	mg/L	6
P ₂ O ₅	mg/L	39.71
Sólidos Sedimentables	ml/L	16

Tabla 26. Resultados de caracterización del efluente del sistema de tratamiento, Zafra 2012

Análisis		Fecha Muestreo	
Método de ensayo	UM	30-Enero Entrada laguna	30-Enero Salida laguna
pH	UpH	4.27	4.36
Conductividad	mS/cm.	1.102	1.434
DQO	mg/L	882	420
DBO ₅	mg/L	485.1	231
Carbonatos	mg/L	0	0
Bicarbonatos	mg/L	0.725	0.483
P ₂ O ₅	mg/L	17.308	15.938
Sólidos Sedimentables	ml/L	-	-

Fuente. Laboratorio Estación Territorial del ICIDCA Villa Clara

Anexo 27

Tabla 27. Resultados de la caracterización realizada por recursos hidráulicos a los efluentes del sistema de tratamiento para determinar su aptitud para el empleo en riego

PARAMETROS	UNIDAD MEDIDA	CONCENTRACIÓN
PH (Potencial Hidrógeno)	U	4.3 – 4.1
CE (Conductividad Eléctrica)	μS/cm	1200 - 1500
NO ₃ (Nitrato)	mg/L	-
CO ₃ H (Bicarbonatos)	mg/L	-
Cl ⁻ (Cloruro)	mg/L	112 - 140
SO ₄ (Sulfato)	mg/L	
Ca (Calcio)	mg/L	120
Mg (Magnesio)	mg/L	216
K (Potasio)	mg/L	78 - 109
Na (Sodio)	mg/L	41 - 46
SST (Sales Solubles totales)	mg/L	1140

Fuente. Laboratorio de la Dirección Provincial de Recursos Hidráulicos de Villa Clara

Anexo 27

Tabla 28. Características físico químicas de las aguas residuales de la UEB Central Azucarero Héctor Rodríguez

Fecha	11/03/99	16/03/99	11/03/99	16/03/99	16/03/99	16/03/99
Parámetros	R. entrada 1ra Laguna	R. entrada 1ra Laguna	R. Laguna Fertirriego	R. Laguna Fertirriego	R. del área de fabricación	R. áreas de calderas y molinos
pH	4.3	4.3	4.3	4.1	4.5	5.8
CE	3800	2000	1200	1500	540	790
DQO	37240	13720	3580	5449	8232	1989
DBO ₅	18280	10200	1200	2366	6900	1029
N _T	12.4	5.7	3.8	3.9		
P _T	22.4	15.10	15.0	13.2		
Cl ⁻			112	140		
Na ⁺			41	46		
ST	21198	9572	1720	1807	4562	1652
STV	5378	2937	1080	875	1881	1036
STF	15820	6635	640	932	2681	616
SST	4530	2317	738	348	1272	308
SSV	2264	1203	406	118	608	235
SSF	2266	1114	332	230	664	73
SS	15	7	0.5	0.20	0.10	2
SD	16668	7255	982	1459	3291	1344
Grasa	591			64		794

Fuente. Laboratorio de la Dirección Provincial de Recursos Hidráulicos de Villa Clara

R: Residual

Anexo 28

Tabla 29. Técnicas analíticas utilizadas, simbología, unidades de medición y fundamento de los métodos empleados según Standard Methods for Water and Waste Water Examination

DETERMINACIÓN	SIMBOLOGÍA	UNID.	FUNDAMENTO DEL MÉTODO
Potencial de Hidrógeno	PH	Unidades	Método Potenciométrico
Conductividad eléctrica	CE	$\mu\text{mhos/cm}$	Conductímetro
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/l	Valoración Rolex con catalizador de Ag-04
Demanda Bioquímica de Oxígeno	DBO ₅	mg/l	Incubación-Determinación de Oxígeno Disuelto
Nitrógeno Total	Nt	mg/l	Digestión con K ₂ SO ₄ +H ₂ SO ₄ y valoración
Fósforo Total	Pt	mg/l	Digestión con K ₂ SO ₄ +AGSO ₄ y determinación Colorimétrica
Sólidos Totales	ST	mg/l	Evaporación a 105°C y gravimétrica
Sólidos Totales Volátiles	STV	mg/l	Ídem a lo anterior y quemar a 55.0°C
Sólidos Suspendidos Fijos	SSF	mg/l	Por diferencia de las dos anteriores
Sólidos Sedimentables	SS	mg/l	Cono Inhoff y determinar volumen de sedimentación a 30°C
Alcalinidad	ALK	mg/l CO ₃ H/l	Valoración Acido-Base
Acidez	A	mg/l	Valoración Acido-Base
Sodio	Na	mg/l	Fotometría de llama
Potasio	K	mg/l	Fotometría de llama
Cloruros	Cl	mg/l	Valoración Potenciométrica con AgNO ₃
Calcio+Magnesio	Ca+Mg	mg/l	Digestión ácida y valoración con EDTA e indicador E. Negro T
Grasa	Grasa	mg/l	Extracción con n-exano en Soxhlt

Anexo 29

Tabla 30. Criterios para la evaluación de la calidad del agua residual para el riego de acuerdo a la metodología utilizada por AZCUBA

Criterios	CE $\mu\text{S}/\text{cm}$	Sales Solubles Totales	Relación Absorción Na^+ (RAS)	PH
Buena	< 1500	< 960	< 4	6 – 7
Regular	1500 -1800	960 - 1150	4 - 7	5 -6 y 7 - 7.8
Mala	1800 - 2400	1150 - 1530	7 - 10	4– 5 y 7.8- 8.4
No se debe utilizar	> 2400	> 1530	> 10	< 4 y > 8.4

Fuente. ONN (2008).

Anexo 30

Tabla 31. Evaluación de la calidad del agua residual para riego según método de Aceves y Palacios

Clasificación	Salinidad Efectiva (SE) meq/l	Salinidad Potencial (SP) meq/l	Cloruros (Cl ⁻) meq/l
Buena	<3.0	<3.0	<1.0
Condicionada	3.0-10.0	3.0-15.0	1.0-5.0
No recomendable	> 10.0	> 15.0	> 5.0

Fuente. Moreno, M. et al., (1999).

Tabla 32. Resultados obtenidos de la evaluación de la calidad del agua residual para riego según el método de Aceves y Palacios

Índice	Abreviatura	Valor Obtenido	Clasificación
Salinidad Potencial	SP	13	Condicionada
Carbonato Sodio Res.	CSR	< 1	Buena
Cloruro	Cl ⁻	4	Condicionada

Fuente. Moreno, M. et al., (1999).

Anexo 31

Tabla 33. Matriz de valoración de los impactos causados por acciones en el proceso de producción relacionadas con la gestión de las aguas

Factores	Acciones											
	UIP	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	Absoluta	Relativa
F1	100	-10	-5	0	-15	0	0	0	-5	-5	-40	-5.51724
F2	100	-49	-45	10	30	-55	-28	28	-20	-20	-149	-20.5517
F3	100	-46	-20	-46	-48	-50	-30	-36	-45	-45	-366	-50.4828
F4	100	-32	-25	0	-30	-45	-20	0	-10	-10	-172	-23.7241
F5	100	-32	-20	0	-40	-40	-20	0	-10	-10	-172	-23.7241
F6	100	-15	-15	-34	-40	-28	-25	-30	-5	-5	-197	-27.1724
F7	125	-15	-15	-24	-40	-36	-20	-30	-20	-20	-220	-37.931
Absoluta		-189	-145	-94	-183	-254	-143	-68	-115	-115	-1306	
Relativa		-27.96	-20.51	-13.8	-26.6	-36.3	-20.4	-1.63	-3.65	-3.47		-189.10

Fuente. Elaboración propia.

ACCIONES IMPACTANTES

A1. Adición del agua de la limpieza química de los equipos de evaporación al resto del agua residual

A2. Derrames de lubricantes

A3. Derrames de bagazo

A4. Derrames de cachaza

A5. Derrames y salideros de productos azucarados

A6. Vertimiento de condensado a zanja

A7. Vertimiento de agua cruda a zanja

A8. Vertimiento a zanja del agua de la purga de los equipos generadores de vapor

A9. Vertimiento a zanja del agua de la limpieza y regeneración de los equipos de la planta de tratamiento de agua

FACTORES IMPACTADOS

F1-AIRE

F2-SUELO

F3-AGUA

F4-FLORA

F5-FAUNA

F6-HUMANOS Y ESTETICOS

F7-POBLACION Y ECONOMIA

Ecuación para el cálculo de la importancia del impacto (Conesa, 2000)

$$I = \pm (3I + 2Ex + MO + PE + RV + SI + AC + EF + PR + MC)$$

Donde:

I-Importancia (Esta puede ser de naturaleza negativa o positiva y adoptar valores entre 13 y 100)

I- Intensidad (1-Baja, 2- Media, 4-Alta, 8-Muy Alta, 12-Total)

Ex- Extensión (1-Puntual, 2-Parcial, 4-Extenso, 8- Total, +4-Crítica)

MO- Momento (1-Largo plazo, 2-Medio plazo, 4-Inmediato, +4-Crítico)

PE- Persistencia (1-Fugaz, 2-Temporal, 4-Permanente)

RV- Reversibilidad (1-Corto plazo, 2-Medio plazo, 4-Irreversible)

SI- Sinergia (1-Sin Sinergismo, 2-Sinérgico, 4-Muy sinérgico)

AC- Acumulación (1-Simple, 4-Acumulativo)

EF- Efecto (1-Indirecto, 4-Directo)

PR- Periodicidad (1-Discontinuo, 2-Periódico, 4-Continuo)

MC- Recuperabilidad 1-Recuperable de manera inmediata, 2-A medio plazo, 4Mitigable, 8Irrecuperable).

Criterio para la evaluación de la importancia del impacto

Impactos con valores de importancia menor de 25 son irrelevantes.

Impactos con valores de importancia entre 25 y 50 son moderados

Impactos con valores de importancia entre 50 y 75 son severos

Impactos con valores de importancia superior a 75 son críticos

Anexo 32

Tabla 34. Pérdidas económicas de la UEB y afectación al rendimiento base 96 en las zafras 2010, 2011 y 2012 a partir de las toneladas de pol en el agua residual.

Zafras	Toneladas de caña molidas	Total de dias de zafra	Total de dias efectivos de zafra	% de cumplimiento de la norma potencial	Toneladas de pol en el residual	Toneladas de azúcar B-96 equivalentes a las toneladas de pol	Valor de las pérdidas		Rendimiento B-96 alcanzado	Afectación al rendimiento por las pérdidas de azúcar en el agua residual
							USD	CUP		
2010	236213.13	126.02	52.04	41.04	54.34	56.60	22461.77	75712.17	10.51	0.024
2011	318493.61	124.10	68.41	56.20	128.35	133.70	53054.82	178832.57	10.88	0.042
2012	282733.64	129.46	67.73	47.81	93.65	97.55	38710.33	130481.41	10.12	0.035

Fuente. Elaboración propia.

Anexo 33

Tabla 35. Comportamiento de los índices de consumo de dos de los lubricantes usados en la industria en la zafra 2012

TIPO DE LUBRICANTE	PRECIO	ÍNDICE DE CONSUMO PLAN	ÍNDICE DE CONSUMO REAL
Aceite hidráulico	1.90 \$/L CUP	0.007	0.013
Aceite viscoprén	4.19 \$/L CUC	0.025	0.030

Fuente. Elaboración propia.

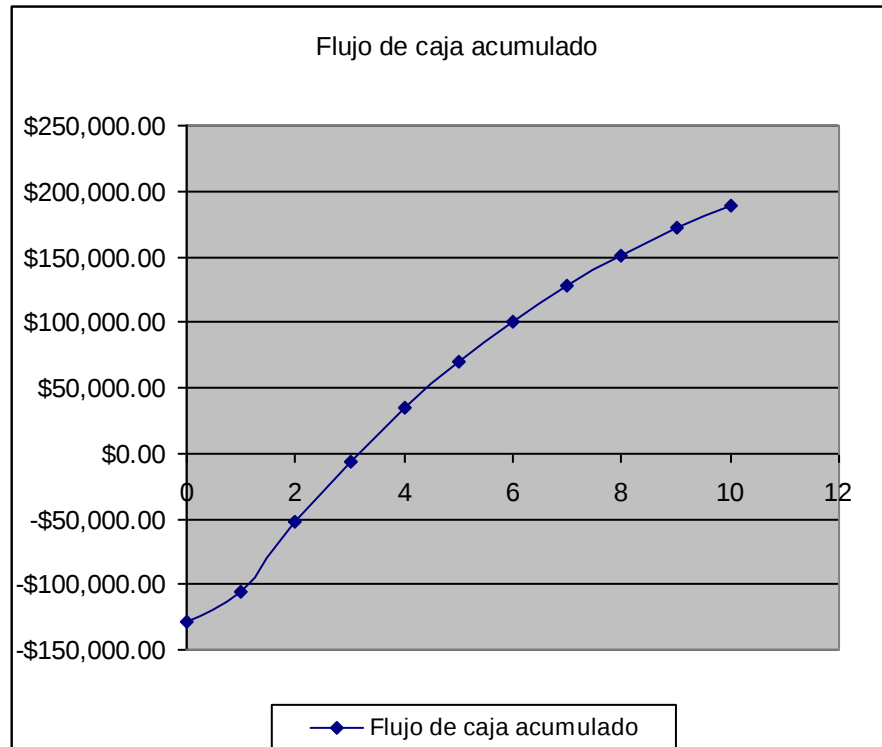
Anexo 34

Tabla 36. Indicadores dinámicos de la factibilidad del proyecto

Inversión (\$)											
Tasa de interés		0.15									
Concepto	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ingresos		\$112,636.37	\$112,636.37	\$112,636.37	\$112,636.37	\$112,636.37	\$112,636.37	\$112,636.37	\$112,636.37	\$112,636.37	\$112,636.37
Costos Operacionales		\$2,575.63	\$2,575.63	\$2,575.63	\$2,575.63	\$2,575.63	\$2,575.63	\$2,575.63	\$2,575.63	\$2,575.63	\$2,575.63
Beneficio Operacionales		\$110,060.74	\$99,758.20	\$99,758.20	\$99,758.20	\$99,758.20	\$99,758.20	\$99,758.20	\$99,758.20	\$99,758.20	\$99,758.20
Depreciación		\$12,878.17	\$12,878.17	\$12,878.17	\$12,878.17	\$12,878.17	\$12,878.17	\$12,878.17	\$12,878.17	\$12,878.17	\$12,878.17
Beneficios antes											
Impuestos	\$0.00	\$12,878.17	\$97,182.57	\$97,182.57	\$97,182.57	\$97,182.57	\$97,182.57	\$97,182.57	\$97,182.57	\$97,182.57	\$97,182.57
Impuestos	\$0.00	\$12,878.17	\$38,873.03	\$38,873.03	\$38,873.03	\$38,873.03	\$38,873.03	\$38,873.03	\$38,873.03	\$38,873.03	\$38,873.03
Beneficios después Imp.	\$0.00	\$12,878.17	\$58,309.54	\$58,309.54	\$58,309.54	\$58,309.54	\$58,309.54	\$58,309.54	\$58,309.54	\$58,309.54	\$58,309.54
Inversión	\$128,781.65										
Pago de deuda											
Flujo de caja	-\$128,781.65	\$25,756.34	\$71,187.71	\$71,187.71	\$71,187.71	\$71,187.71	\$71,187.71	\$71,187.71	\$71,187.71	\$71,187.71	\$71,187.71
Flujo de caja Actualizado	-\$128,781.65	\$22,396.82	\$53,828.14	\$46,807.08	\$40,701.81	\$35,392.87	\$30,776.41	\$26,762.10	\$23,271.39	\$20,235.99	\$17,596.51
Flujo de caja al descontado acumulado	-\$128,781.65	-\$106,384.83	-\$52,556.69	-\$5,749.62	\$34,952.19	\$70,345.06	\$101,121.47	\$127,883.57	\$151,154.96	\$171,390.95	\$188,987.46

[illegible]

Anexo 35



Año	Flujo de caja acumulado
0	\$-128,781.65
1	\$-106,384.83
2	\$-52,556.69
3	\$-5,749.62
4	\$34,952.19
5	\$70,345.06
6	\$101,121.47
7	\$127,883.57
8	\$151,154.96
9	\$171,390.95
10	\$188,987.46

Figura 5. Período de recuperación de la inversión.

