

**DIAGNÓSTICO INTEGRAL PARA LA OPTIMIZACIÓN DE RECURSOS CRÍTICOS
EN UNA PLANTA FARMACÉUTICA: GESTIÓN EFICIENTE DE AGUA Y ENERGÍA**

**ANDREA DEL PILAR BUITRAGO BELTRÁN
LEIDY CAROLINA PABÓN MARTINEZ
MELISSA VIVIANA TINOCO MUÑOZ**

**PROYECTO INTEGRAL DE GRADO PARA OPTAR AL TÍTULO DE
MAGISTER EN ADMINISTRACIÓN (MBA)**

**DIRECTOR
JOSE GARCIA GUZMÁN
ECONOMISTA**

**FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA
FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS Y ADMINISTRATIVAS
MAESTRÍA DE ADMINISTRACIÓN DE EMPRESAS
BOGOTÁ D.C.**

2024

NOTA DE ACEPTACIÓN

Nombre del director

Firma del Director

Nombre

Firma del presidente Jurado

Nombre

Firma del Jurado

Nombre

Firma del Jurado

Bogotá, D.C. marzo de 2024

DIRECTIVOS DE LA UNIVERSIDAD

Presidente de la Universidad y Rector del claustro

Dr. Mario Posada García-Peña

Consejero Institucional

Dr. Luis Jaime García-Peña

Vicerrectora Académica

Dra. María Fernanda Vega de Mendoza

Vicerrectora de Investigaciones y Extensión

Dra. Susan Margarita Benavides Trujillo

Vicerrector Administrativo y Financiero

Dr. Ricardo Alfonso Peñaranda Castro

Secretario General

Dr. José Luis Macías Rodríguez

Decano Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas

Dr. Carlos Mauricio Veloza

Coordinador Maestría en Administración – MBA

Dra. Ana María Espinel

Las directivas de la Universidad de América, los jurados calificadores y el cuerpo docente no son responsables por los criterios e ideas expuestas en el presente documento. Estos corresponden únicamente a los autores.

DEDICATORIA

*A nuestros padres
Por inculcarnos valores de
perseverancia y dedicación
que nos han guiado en este
camino, su apoyo
inquebrantable y sabios
consejos han allanado el
camino hacia nuestros logros
académico*

A nuestras familias-

*Pilar fundamental de
nuestras vidas, quienes nos
han brindado su amor
incondicional, apoyo,
paciencia y sabiduría a lo
largo de este camino
académico. Su constante
aliento y sacrificio han sido
la fuerza que nos han
impulsado para alcanzar esta
meta.*

AGRADECIMIENTOS

A nuestro Director de tesis por su orientación experta, paciencia y dedicación a lo largo de este proceso de investigación.

A nuestros Profesores, por su guía, conocimiento y paciencia. Sus enseñanzas, consejos valiosos y orientación han sido fundamentales para nuestro desarrollo académico y profesional.

A la Fundación Universidad América: Por brindarme la oportunidad de cursar este programa de Maestría en Administración – MBA. Los recursos, el ambiente académico y el apoyo del cuerpo docente fueron fundamentales para mi formación.

A la Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas: Por su compromiso con la excelencia académica y por proporcionar recursos y espacios que enriquecieron mi aprendizaje y desarrollo profesional.

A la Maestría en Administración MBA: Por ofrecer un plan de estudios completo y actualizado, así como por promover un ambiente de aprendizaje que fomenta el pensamiento crítico y el desarrollo de habilidades en el campo de la Administración.

Al Dr. Oscar y al Ingeniero Andrés: Por su asistencia técnica, colaboración y apoyo en la investigación, su contribución, participación y apoyo ha sido invaluable para el éxito de este trabajo.

A nuestros Amigos, compañeros de estudio y seres queridos, por su comprensión, ánimo y cariño incondicional durante este arduo proceso. Su apoyo ha sido vital para mantenernos motivadas en cada etapa de este proyecto, sus risas, palabras de aliento y comprensión han hecho este viaje más llevadero y memorable

TABLA DECONTENIDO

	pág.
RESUMEN	12
INTRODUCCIÓN	13
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	14
1.1 Antecedentes	14
1.2 Formulación de la pregunta problema	14
1.3 Justificación	15
1.4 Hipótesis	16
1.5 Objetivos	16
<i>1.5.1 Objetivo general</i>	<i>16</i>
<i>1.5.2 Objetivos específicos</i>	<i>16</i>
2. MARCO REFERENCIAL	17
2.1 Marco teórico	17
<i>2.1.1 Gestión ambiental y energética en la industria</i>	<i>17</i>
<i>2.1.2 Proceso productivos en laboratorios farmacéuticos</i>	<i>17</i>
<i>2.1.3 Sostenibilidad en la industria farmacéutica</i>	<i>17</i>
<i>2.1.4 Optimización de recursos hídricos</i>	<i>18</i>
<i>2.1.5 Eficiencia energética en instalaciones industriales</i>	<i>18</i>
<i>2.1.6 Normativas y regulaciones aplicables a la industria farmacéutica</i>	<i>18</i>
2.2 Marco conceptual	18
<i>2.2.1 Generalidades del sector farmacéutico en Colombia</i>	<i>18</i>
<i>2.2.2 Sostenibilidad en la industria farmacéutica</i>	<i>20</i>
<i>2.2.3 Optimización de recursos</i>	<i>22</i>
<i>2.2.4 Gestión ambiental energética</i>	<i>25</i>
<i>2.2.5 Ciclo de vida del producto farmacéutico</i>	<i>33</i>
<i>2.2.6 Evaluación del impacto económico</i>	<i>34</i>
2.3 Marco legal	35
<i>2.3.1 Regulación del sector farmacéutico y el uso de recursos: agua y energía</i>	<i>36</i>
<i>2.3.2 Normativa Colombiana – Asociada al Recurso de Agua.</i>	<i>38</i>

2.3.3	<i>Normativa Colombiana – Asociada al Recurso de Energía.</i>	40
2.3.4	<i>Convenios ratificado por Colombia</i>	42
3.	METODOLOGÍA	45
3.1	Técnicas de recolección de la información	45
3.1.1	<i>Recolección de información primaria.</i>	45
3.1.2	<i>Recolección de la información secundaria.</i>	46
3.2	Metodología para la elaboración del diagnóstico	46
3.3	Metodología para el análisis y evaluación	46
3.3.1	<i>Identificación y evaluación de aspectos.</i>	46
4.	RESULTADOS Y ANÁLISIS	48
4.1	Diagnóstico inicial del estado actual del laboratorio farmacéutico	48
4.1.1	<i>Plan de mejora</i>	50
4.2	Hallazgos en agua	52
4.2.1	<i>Evaluación aspectos ambientales</i>	52
4.2.2	<i>Actividades prioritarias iniciales</i>	64
4.2.3	<i>Resultados indicadores</i>	65
4.2.4	<i>Análisis hidrológico nueva planta</i>	72
4.2.5	<i>Análisis técnico -financiero</i>	73
4.3	Energía	74
4.3.1	<i>Reducción de costos</i>	75
4.3.2	<i>Sostenibilidad ambiental</i>	76
4.3.3	<i>Cumplimiento normativo</i>	77
4.3.4	<i>Mejora de la reputación y relaciones con stakeholders:</i>	78
4.3.5	<i>Resiliencia y seguridad energética:</i>	79
4.3.6	<i>Hallazgos</i>	80
4.3.7	<i>Proyecto paneles solares</i>	82
4.3.8	<i>Certificación EDGE</i>	86
5.	CONCLUSIONES	88
5.1	Proyecto agua	88
5.2	Proyecto energía	89
6.	RECOMENDACIONES	91

6.1 Proyecto agua	91
6.2 Proyecto energía	92
REFERENCIAS	94
ANEXO	99

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Objetivos de Desarrollo Sostenible	29
Figura 2. El agua & la industria	49
Figura 3. Sector farmacéutico vs uso del agua	50
Figura 4. Estado actual de los medidores	61
Figura 5. Diseño PTARI	62
Figura 6. Tanque de almacenamiento de Agua Potable:	63
Figura 7. Sistema bombeo red contra incendio (RCI):	63
Figura 8. Relación entre un aspecto ambiental y la unidad de producción	65
Figura 9. Criterios iniciales para determinar los KPI's hídricos	65
Figura 10. Ubicación estaciones hidro climatológicas en el área de estudio.	72
Figura 11. Precipitación anual/ precipitación diaria	72
Figura 12. Análisis financiero técnico	73
Figura 13. Comportamiento de consumo específico de energía eléctrica	80
Figura 14. Balance de energía eléctrica	81
Figura 15. Pareto de consumo de energía eléctrica	82
Figura 16. Certificación EDGE	87

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1 Normatividad colombiana asociada al recurso de energía	40
Tabla 2. Formato de Matriz identificación y evaluación aspectos.	47
Tabla 3. Matriz identificación cuestionario inicial	53
Tabla 4. Proyección de Costo Acueducto y Alcantarillado	64
Tabla 5. Actividades prioritarias iniciales	64
Tabla 6. Aspectos consumo de agua	66
Tabla 7. Indicador de costos consumo de agua	66
Tabla 8. Opex consumo de agua	66
Tabla 9. Aspectos generación de agua residual doméstica e industrial	67
Tabla 10. Indicador de costos generación de agua residual doméstica e industrial	68
Tabla 11. Opex generación de agua residual doméstica e industrial	68
Tabla 12. Valor unitario generación de agua residual doméstica e industrial	68
Tabla 13. Costos de agua residual industrial	69
Tabla 14. Indicador de costos de agua residual industrial	69
Tabla 15. Opex de costos de agua residual industrial	69
Tabla 16. Valor unitario de costos de agua residual industrial	70
Tabla 17. Aspecto de costos de agua residual doméstica enero-junio 2023	70
Tabla 18 Indicador costo de Agua ARI+ARD /proyectado)	71
Tabla 19. Costo unitario de Agua ARI+ARD /proyectado)	71
Tabla 20. Estadísticas	81
Tabla 21. Presupuesto estimado para la renovación de nueva planta	87

LISTA DE SIGLAS

ANLA:	Autoridad Nacional de Licencias Ambientales
ARI:	Agua Residual Industrial
ARD:	Agua Residual Doméstica
CMNUCC:	Convenio Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático
EAAB:	Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá
EMA.	Agencia Europea de Medicamentos
FDA.	Food and Drug Administration
ICH:	International Council for Harmonisation of Technical
INVIMA:	Instituto Nacional de Vigilancia de Medicamentos y Alimentos
IPEC:	International Pharmaceutical Excipients Council
MADS:	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible
ODS.	Objetivos de Desarrollo Sostenible
OMS:	Organización Mundial de la Salud
PNUMAN:	Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente
UNDP:	Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo.

RESUMEN

El presente documento, tiene como finalidad diseñar una estrategia que le permita a la empresa, lograr un mejor uso y optimización de los recursos hídricos y energéticos, que son utilizados para la producción de medicamentos farmacéuticos, generando con esto, mejorar el posicionamiento y la reputación garantizando una producción responsable y que cumpla con todos los estándares de calidad. Los laboratorios farmacéuticos desempeñan un papel crucial en la producción de medicamentos y productos de cuidado de la salud. Sin embargo, el uso eficiente de recursos como el agua y la energía es fundamental para mitigar el impacto ambiental y mejorar la sostenibilidad de estas instalaciones. En este contexto, se plantea la necesidad de abordar y optimizar los procesos productivos en un laboratorio farmacéutico con el objetivo de maximizar el uso de recursos hídricos y energéticos.

Palabras Clave: diagnóstico, planta farmacéutica, recursos hídricos y energéticos, producción responsable, calidad.

INTRODUCCIÓN

En un mundo marcado por la evolución tecnológica y la búsqueda constante de prácticas más sostenibles, el campo de la industria farmacéutica no es ajeno a esta realidad. La implementación de estrategias que no solo optimizan la producción, sino que también reducen el impacto ambiental se ha convertido en un objetivo crucial para las empresas de este sector. En este contexto, el desarrollo de un diagnóstico para la implementación de una planta farmacéutica sostenible emerge como un desafío impostergable.

Este proyecto se enfoca en el diseño y la ejecución de un diagnóstico integral, dirigido a optimizar el uso de recursos críticos como el agua y la energía en una planta farmacéutica. La búsqueda de la sostenibilidad se entrelaza con la eficiencia operativa, planteando un enfoque holístico que no solo tiene como fin la rentabilidad económica, sino también el cuidado del entorno y la responsabilidad social corporativa.

En este sentido, este trabajo de monografía se sumerge en el análisis de las diferentes estrategias, tecnologías y prácticas que pueden implementarse para alcanzar una operación farmacéutica más sostenible, considerando la optimización de recursos hídricos y energéticos como pilares fundamentales. Exploraremos el contexto actual de las empresas farmacéuticas en un país como Colombia, identificando desafíos y oportunidades, así como casos de éxito que sirvan como referencia para la creación de un diagnóstico adaptado a las necesidades específicas de una planta farmacéutica.

La búsqueda de la sostenibilidad en el sector farmacéutico no solo representa un compromiso con el medio ambiente, sino también una oportunidad para el crecimiento empresarial, la innovación y el liderazgo en un mercado cada vez más consciente y exigente. A través de este estudio, se brinda una hoja de ruta que permita a las empresas del sector trazar un camino hacia la sostenibilidad, garantizando su éxito a largo plazo y su contribución positiva al mundo que nos rodea.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Antecedentes

En la era actual, el sector farmacéutico se enfrenta a desafíos significativos en términos de sostenibilidad ambiental. La producción de medicamentos y productos farmacéuticos conlleva un consumo considerable de recursos hídricos y energéticos, además de generar residuos y emisiones que impactan el medio ambiente. La creciente conciencia global sobre la importancia de la sostenibilidad plantea la necesidad imperiosa de desarrollar estrategias innovadoras para minimizar el impacto ambiental de las operaciones farmacéuticas.

La implementación de un diagnóstico para el desarrollo de una planta farmacéutica sostenible se ha convertido en una necesidad urgente. Este plan debe abordar de manera integral y eficiente la optimización de los recursos hídricos y energéticos, con el fin de reducir la huella ambiental de la planta, garantizar la eficiencia operativa y cumplir con los estándares regulatorios cada vez más estrictos en términos de sostenibilidad.

El problema central radica en el desarrollo de este diagnóstico integral que integre prácticas sostenibles para optimizar el uso de los recursos hídricos y energéticos en el funcionamiento de una planta farmacéutica. La ausencia de directrices claras y acciones específicas dificulta la creación y el desarrollo de instalaciones farmacéuticas que sean tanto rentables como ambientalmente responsables.

Por lo tanto, es fundamental abordar esta atención mediante la investigación y el diseño de un diagnóstico detallado que incorpore métodos innovadores y tecnologías eficientes. Este plan debe enfocarse en maximizar la eficiencia en el uso del agua y la energía, reducir los residuos y las emisiones, y garantizar la sostenibilidad a largo plazo de las operaciones de la planta farmacéutica.

1.2 Formulación de la pregunta problema

¿Se puede lograr la optimización del uso de recursos críticos, como el agua y la energía, a través de un diagnóstico en una planta farmacéutica?

1.3 Justificación

La realización de un diagnóstico enfocado en la optimización del uso de recursos críticos, como el agua y la energía, en una planta farmacéutica se presenta como una necesidad imperante en el contexto actual. La importancia de este enfoque radica en su potencial para generar beneficios tanto económicos como ambientales, al tiempo que se alinea con las normativas y estándares internacionales de buenas prácticas de manufactura, específicamente en el sector farmacéutico colombiano, regido por los informes 37 y 45 de BPM y BPL emitidos por la OMS y adaptados por el INVIMA.

La búsqueda constante de eficiencia operativa y el compromiso con la sostenibilidad son elementos clave para el éxito y la reputación de las empresas farmacéuticas. La optimización de los procesos productivos no solo se traduce en una reducción de costos operativos, sino que también posiciona a la empresa como un actor responsable en términos medioambientales. En un escenario donde la conciencia ambiental y la responsabilidad social empresarial son aspectos cada vez más valorados por consumidores y reguladores, esta iniciativa no solo responde a una necesidad interna de eficiencia, sino que también contribuye a construir una imagen positiva y comprometida con el bienestar general.

La industria farmacéutica, al ser vital para la salud pública, tiene la responsabilidad de garantizar la calidad y seguridad de sus productos. La implementación de estrategias de producción y consumo responsables de medicamentos no solo tiene un impacto directo en la reducción de residuos y la optimización de recursos críticos, sino que también contribuye a mejorar la calidad de vida de los consumidores. La conexión entre la eficiencia operativa y la responsabilidad social se presenta como una oportunidad única para destacar el compromiso de la empresa con la salud pública y el medio ambiente.

En este contexto, para llevar a cabo un diagnóstico detallado del uso de recursos hídricos y energéticos en una planta farmacéutica se constituye como una contribución valiosa. Este análisis no solo identificará áreas de mejora para la optimización de procesos, sino que también permitirá alinear las prácticas de la empresa con los estándares internacionales, cumpliendo así con las expectativas de los organismos reguladores y reforzando su posición en el mercado. Este documento busca, explorar y demostrar cómo la implementación de prácticas sostenibles en la

producción farmacéutica no solo es viable, sino también fundamental para el éxito a largo plazo de la empresa y su contribución al bienestar general.

1.4 Hipótesis

Se hipotetiza que la implementación de estrategias y tecnologías específicas orientadas a la optimización de los procesos productivos en un laboratorio farmacéutico, focalizadas en la eficiencia en el uso de recursos hídricos y energéticos, puede conducir a mejoras significativas en la productividad, reducción de costos operativos y minimización del impacto ambiental.

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo general

Evaluar y analizar el uso eficiente de los recursos hídricos y energéticos en una planta farmacéutica, y su impacto directo en la producción de medicamentos, con el fin de proponer estrategias y recomendaciones que promuevan la sostenibilidad, la optimización de recursos y la reducción del impacto ambiental en el proceso productivo.

1.5.2 Objetivos específicos

- a. Analizar detalladamente el consumo actual de agua y energía en la planta farmacéutica, identificando los procesos específicos que representan mayores demandas y pérdidas de recursos.
- b. Investigar y comparar tecnologías y prácticas actuales de eficiencia energética y de gestión del agua aplicables a la industria farmacéutica, con el propósito de identificar posibles mejoras y optimizaciones.
- c. Diseñar propuestas para la optimización del consumo de agua y energía en la planta farmacéutica, considerando la viabilidad técnica, económica y ambiental.

2. MARCO REFERENCIAL

2.1 Marco teórico

Optimizar los recursos hídricos y energéticos en una planta farmacéutica sostenible implica implementar estrategias y prácticas que reduzcan el consumo, minimicen el desperdicio y fomenten la eficiencia en el uso de estos recursos críticos.

Los procesos productivos de un laboratorio farmacéutico son muy importantes, ya que, teniendo una ejecución eficiente, se puede lograr la optimización de los recursos; para lograrlo deben tenerse en cuenta algunas áreas clave a considerar:

2.1.1 Gestión ambiental y energética en la industria

A través de una contextualización, queremos presentar la importancia de la eficiencia en el uso de recursos en los laboratorios farmacéuticos, y por ende analizar modelos y estándares de gestión ambiental y energética aplicables a la industria farmacéutica (por ejemplo, ISO 14001, ISO 50001).

2.1.2 Proceso productivos en laboratorios farmacéuticos

Realizaremos una descripción de los procesos productivo, y se realizará el énfasis de los usos de los recursos hídricos y energéticos que impactan directamente o están involucrados en la fabricación de productos farmacéuticos. Se logrará identificar las áreas específicas, que demandan altos consumos de agua y energía.

2.1.3 Sostenibilidad en la industria farmacéutica

Explorar la literatura relacionada con las prácticas sostenibles en la industria farmacéutica. Así como el estudio de casos o ejemplos exitosos de implementación de prácticas sostenibles en laboratorios farmacéuticos

2.1.4 Optimización de recursos hídricos

Se realizará un planteamiento o estrategia, que nos ayuda a la reducción del consumo de agua en procesos farmacéuticos, incorporando el reciclaje, y tecnologías de tratamiento de aguas. Es por esto que se evaluará, la incursión de nuevas tecnologías o sistemas avanzados que minimizan la dependencia del agua en la producción farmacéutica.

2.1.5 Eficiencia energética en instalaciones industriales

Análisis de fuentes de consumo energético en laboratorios farmacéuticos y su impacto ambiental. Revisión de tecnologías y prácticas para mejorar la eficiencia energética, como sistemas de gestión energética, uso de energías renovables y mejoras en la infraestructura.

2.1.6 Normativas y regulaciones aplicables a la industria farmacéutica

Exploración de estándares y regulaciones tanto internacionales como locales, que se encuentren relacionadas con el uso eficiente de estos recursos, y la aplicación en la industria farmacéutica. Esto por medio de la identificación de normativas que promuevan la adopción de prácticas sostenibles en la producción de medicamentos.

Así mismo, cabe resaltar que dentro de este marco teórico debemos analizar algunos conceptos relevantes para llevar a cabo la investigación como la Responsabilidad Social Empresarial (RSE)

2.2 Marco conceptual

2.2.1 Generalidades del sector farmacéutico en Colombia

El sector farmacéutico es una industria dedicada al desarrollo, fabricación y comercialización de productos relacionados con la salud y el bienestar humano. Este campo abarca la investigación, creación y distribución de medicamentos, vacunas, productos terapéuticos, dispositivos médicos, productos para el cuidado personal y mucho más. La

industria farmacéutica está altamente regulada por normativas gubernamentales para garantizar la seguridad, eficacia y calidad de los productos que llegan al mercado. Además, involucra una amplia gama de áreas, desde la investigación científica hasta la producción y venta de medicamentos, y desempeña un papel crucial en el avance de la medicina y la mejora de la calidad de vida de las personas.

- a. **Análisis subsector –farmacéutico.** La industria farmacéutica es una rama de la industria que se dedica al descubrimiento, desarrollo, fabricación y la comercialización de medicamentos para la salud.

El propósito principal de la industria farmacéutica es realizar un exhaustivo proceso de investigación que permita el desarrollo de medicinas. Estas ayudan a la prevención y conservación de la salud humana y animal.

El subsector farmacéutico hace parte del sector manufacturero colombiano cuenta con habilitadores para invertir en el país y aprovechar las oportunidades que ofrece. Entre estas, Colombia se destaca por su acceso a materias primas a costos competitivos y talento humano calificado a costos inferiores a los de la región. Además, Colombia se destaca como una plataforma exportadora de manufacturas para la región, es una industria que puede generar empleo de calidad, que fabrica y exporta productos de valor agregado que propicia impactos transversales en el desarrollo de las regiones del país. Según los últimos datos informados por el sector, se refleja que el crecimiento de los productos farmacéuticos en el año 2022 fue del 36,3%3%.

- b. **Características del sector farmacéutico.** Naturalmente, el sector de la industria farmacéutica es un sector que se caracteriza por ser intensivo en capital. Eso implica que se requiere una estructura de producción con maquinaria y tecnología sofisticada para desarrollar todo el proceso de producción. En efecto, esta infraestructura permite que se cumplan con los parámetros de seguridad y calidad que deben reunir los medicamentos. Por esa razón también se tienen altos costos en procesos de investigación e innovación.

El mercado del sector farmacéutico en Colombia tuvo un valor de USD 2.531 millones en 2022. En ese mismo año, la producción alcanzó un valor estimado de USD 394 millones.

El portafolio de productos para el sector farmacéutico en Colombia es diverso con la mitad de las ventas en productos patentados y la mitad en productos genéricos.

2.2.2 Sostenibilidad en la industria farmacéutica

La sostenibilidad en la industria farmacéutica se ha convertido en un tema de creciente importancia debido a la creciente conciencia global sobre la responsabilidad ambiental y social de las empresas. A continuación, se presentan aspectos clave relacionados con la sostenibilidad en la industria farmacéutica:

a. Responsabilidad ambiental.

- **Gestión de Residuos:** La industria farmacéutica genera una variedad de residuos, desde la investigación y desarrollo hasta la producción y el empaque. La sostenibilidad implica la adopción de prácticas que minimicen la generación de residuos y promueven su gestión adecuada.
- **Huella de Carbono:** La medición y reducción de la huella de carbono son esenciales. Esto implica evaluar las emisiones de gases de efecto invernadero en todas las etapas del ciclo de vida del producto farmacéutico, desde la producción de materias primas hasta la disposición final.

c. Eficiencia en el uso de recursos

- **Consumo de Agua:** La sostenibilidad implica la gestión eficiente del agua, tanto en los procesos de fabricación como en las instalaciones en general. La reutilización y el reciclaje del agua son prácticas que se están volviendo más comunes.

- **Energía Sostenible:** La adopción de fuentes de energía renovable y la mejora de la eficiencia energética en la producción son aspectos cruciales de la sostenibilidad en la industria farmacéutica.

d. Transparencia y ética

- **Ética en la Investigación:** La investigación y desarrollo éticos son esenciales para la sostenibilidad en la industria farmacéutica. Esto incluye la transparencia en los ensayos clínicos, la divulgación de resultados y la consideración ética en la selección de pacientes.
- **Responsabilidad Social Corporativa:** La industria farmacéutica también se está centrando en la responsabilidad social corporativa, contribuyendo a comunidades locales y abordando cuestiones de acceso a medicamentos en áreas desfavorecidas.

d. Cadena de suministro sostenible

- **Materias Primas Sostenibles:** La selección de materias primas sostenibles y éticas es esencial para la sostenibilidad. Esto incluye la evaluación de la procedencia y las prácticas agrícolas o de obtención.
- **Logística Verde:** La eficiencia en la cadena de suministro, con prácticas como el transporte sostenible y el embalaje eco amigable, contribuye a la sostenibilidad general de la industria.

d. Regulaciones y certificaciones

- **Cumplimiento Normativo:** La industria farmacéutica debe cumplir con regulaciones ambientales y de seguridad. La sostenibilidad implica no solo cumplir con estas normativas, sino ir más allá para adoptar mejores prácticas.

- **Certificaciones de Sostenibilidad:** Obtener certificaciones reconocidas, como ISO 14001 para gestión ambiental, demuestra el compromiso de una empresa farmacéutica con la sostenibilidad.

e. Innovación y desarrollo de productos

- **Desarrollo Responsable:** La investigación y desarrollo de medicamentos sostenibles, tanto en términos de producción como de impacto en la salud humana y ambiental, son parte integral de la sostenibilidad en la industria farmacéutica.
- **Medicamentos Verdes:** La exploración de alternativas más sostenibles en la fabricación de medicamentos, como la utilización de procesos más limpios y la reducción de productos químicos dañinos, es un enfoque emergente.

2.2.3 Optimización de recursos

a. Uso de recursos naturales hídricos y energéticos, en la producción de medicamentos farmacéuticos. El agua y la energía son recursos críticos en la producción de medicamentos farmacéuticos, desempeñando roles fundamentales en cada una de las etapas del proceso de fabricación. Estos dos recursos son de mucha importancia, ya que el uso eficiente y sostenible no solo está vinculada a la calidad del producto final, sino también a consideraciones ambientales, económicas y regulatorias que impactan significativamente en la industria farmacéutica.

El agua es esencial para la vida y es un componente clave para la producción farmacéutica, ya que se requiere en diversas fases, desde la preparación de materias primas y la síntesis de principios activos, hasta la limpieza de equipos y la formulación final de los medicamentos. La calidad del agua utilizada es crítica para garantizar la pureza y la estabilidad de los compuestos, así como para cumplir con los estándares regulatorios que exigen un agua de alta calidad en todo el proceso.

Por otro lado, la energía es un recurso necesario ya que se requiere para operar equipos, sistemas de climatización, procesos de producción y sistemas de purificación de agua. La

eficiencia energética en la industria farmacéutica no solo reduce costos operativos, sino que también contribuye a la reducción de la huella ambiental al disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero y el consumo de recursos no renovables.

La necesidad de una producción farmacéutica sostenible y responsable está impulsando a las compañías del sector a adoptar prácticas más eficientes en el uso del agua y la energía. La optimización de estos recursos no solo garantiza la calidad de los medicamentos, sino que también contribuye a la mitigación de impactos ambientales y a la alineación con regulaciones más estrictas en términos de sostenibilidad.

Para comprender la importancia del agua y la energía en la producción farmacéutica no solo implica asegurar la calidad del producto, sino también abordar desafíos ambientales y económicos. La eficiencia en el uso de estos recursos es crucial para promover una industria farmacéutica más sostenible y ética, comprometida tanto con la salud pública como con la conservación del entorno.

- **Gestión eficiente del agua.** El agua es el recurso natural más importante dentro de la industria farmacéutica al ser de gran utilidad durante la mayoría e inclusive todos sus procesos. Algunos de los usos que tiene este importante recurso natural, son:
 - Como materia prima, ingrediente y solvente en procesos, elaboración de productos farmacéuticos, entre otros.
 - Análisis, e investigación
 - Como apoyo en la producción, como ejemplo la limpieza de baños y zonas de trabajo.

La producción de agua para uso farmacéutico reside principalmente en la eliminación o bien en la minimización de las fuentes de contaminación, recordando que el agua obtenida puede contener más de 90 contaminantes que no son aceptables. Para el uso de este recurso se utilizan dos tipos de agua: Agua purificada y Agua para inyectables.

Cada uno de estos tipos de agua tiene una finalidad diferente y pasa por un tratamiento de agua diferente para obtener las especificaciones químicas y/o microbiológicas determinadas.

- **Agua purificada.** Este tipo de agua se obtiene a partir de agua potable y se transforma en agua purificada a través de procesos de deionización, destilación, intercambio iónico, ósmosis inversa, filtración, ozono, lámparas UV entre otros.

Se usa principalmente en la formulación de medicinas orales y dermatológicas y a todas las medicinas que van a tener su absorción al cuerpo mediante el hígado o el estómago. Este tipo de agua debe cumplir con los requisitos de pureza química, iónica y orgánica. Así mismo se usa como base para la obtención de otros tipos de agua de mayor calidad como lo es el agua que se usa para inyectables.

- **Agua para inyectables (o también llamada WIFI):** Para tener este tipo de agua se debe de partir del agua purificada y se consigue mediante la doble paso de ósmosis inversa y por electrodeionización (EDI).

Este tipo de agua se utiliza para medicinas que van a la vena y/o pleura en donde debe de controlarse la concentración de sustancias dañinas para el cuerpo tal como las endotoxinas.

Para conseguir una correcta calidad de agua y cumplir con las especificaciones o normativas establecidas en cada caso es necesario por tanto contar con equipos de tratamiento de agua que cumplan con lo requerido para el cumplimiento de dichas normas (SYPYSA, 2023)

- **Eficiencia energética.** La industria farmacéutica es un gran consumidor de energía, su producción incluye varios procesos que consumen electricidad, vapor, y combustibles, tales como gas, gasoil, etc. Por lo que resulta ser un reto para el sector optimizar su eficiencia energética, basado en un doble objetivo: la mejora de la tecnología en equipos y procesos industriales y, al mismo tiempo, la implantación de sistemas de gestión energética.

Generalmente, los principales consumos de energía no se deben directamente a la transformación del producto, sino a la creación de las condiciones necesarias para su fabricación.

En este sentido, son numerosos los ámbitos donde hay margen para mejorar los rendimientos y la gestión del consumo: arranque y control de motores; bombas; hornos, quemadores y calderas; aislamiento térmico; climatización e iluminación; equipos auxiliares, etc.

El objetivo principal es mejorar el desempeño y la eficiencia energética de manera continua, y adicionalmente identificar oportunidades de reducción de su utilización, lo anterior con el fin de establecer sistemas y procesos.

Beneficios de optimizar la energía:

- Asegurar la aplicación y el control de la gestión energética de la empresa o parte de la empresa.
- Identificar en qué áreas de la empresa o proceso de producción, el consumo energético puede ser reducido, garantizando que los productos y servicios tengan el menor impacto posible en calidad, la salud humana y el medio ambiente.
- Implementar un plan de gestión de la energía que permitirá: Desarrollar una línea de consumo de energía, Gestionar activamente el uso de energía y su coste, Reducir las emisiones sin tener un impacto negativo en las operaciones, realizar un plan de mejora continua para el uso de la energía y la producción de productos y/o servicios a través del tiempo. (Interempresas, s.f.)

2.2.4 Gestión ambiental energética

La implementación de modelos y estándares de gestión ambiental y energética en la industria farmacéutica puede ayudar a las empresas a mejorar su desempeño ambiental y energético, así como a cumplir con regulaciones y requisitos específicos. Algunos de los modelos y estándares más relevantes son:

- *ISO 14001: Sistema de Gestión Ambiental (SGA)* La norma ISO 14001 establece los requisitos para un sistema de gestión ambiental efectivo. Ayuda a las organizaciones a

identificar, priorizar y gestionar los impactos ambientales de sus actividades. Para la industria farmacéutica, esto puede incluir la gestión de residuos, la eficiencia en el uso de recursos y la reducción de emisiones.

- *ISO 50001: Sistema de Gestión de Energía (SGE)* La norma ISO 50001 se centra en la gestión eficiente de la energía. Proporciona un marco para el desarrollo de políticas energéticas, la planificación y la implementación de acciones para mejorar el rendimiento energético. Para la industria farmacéutica, donde el consumo de energía puede ser significativo, la implementación de un SGE puede llevar a la reducción de costos y a la disminución de la huella de carbono.
- *Good Manufacturing Practice (GMP)*: Aunque no es específicamente un estándar ambiental o energético, las Buenas Prácticas de Manufactura son esenciales en la industria farmacéutica. Las GMP incluyen pautas para la fabricación, control y almacenamiento de productos farmacéuticos. La implementación de GMP contribuye indirectamente a la sostenibilidad al garantizar la calidad y seguridad de los productos y minimizar el desperdicio.
- *LEED (Liderazgo en Energía y Diseño Ambiental)*: Si bien LEED es más conocido en el contexto de la construcción sostenible, puede ser relevante para las instalaciones farmacéuticas. Los principios de diseño sostenible de LEED pueden aplicarse a nuevas construcciones o renovaciones, buscando eficiencia energética, uso responsable del agua y selección de materiales eco amigables.
- *Green Chemistry Metrics*: Aunque no es un estándar en sí mismo, la aplicación de métricas de Química Verde puede ayudar a la industria farmacéutica a adoptar prácticas más sostenibles en el diseño y desarrollo de productos químicos. Esto implica minimizar el uso de sustancias peligrosas y la generación de residuos tóxicos.
- *Carbon Trust Standard*: Este estándar se centra en la reducción de las emisiones de carbono. Puede ser relevante para la industria farmacéutica que busca demostrar su compromiso con la

reducción de la huella de carbono a través de la eficiencia energética y otras iniciativas sostenibles.

- *GRI Standards (Global Reporting Initiative)*: Aunque no es específico para la industria farmacéutica, el uso de los estándares GRI para informar sobre sostenibilidad puede proporcionar una estructura sólida para la divulgación de prácticas y desempeño ambiental.

a. Responsabilidad Social Empresarial (RSE): se puede definir la RSE como la obligación que tienen las empresas de contribuir al desarrollo sostenible y al bienestar social, más allá de la maximización de beneficios económicos. se puede explicar cómo este concepto ha evolucionado a lo largo del tiempo y cómo se ha ido incorporando en la práctica empresarial.

- *Beneficios de la RSE*. Se pueden mencionar los diferentes beneficios que la RSE puede generar tanto para la empresa como para la sociedad. Entre ellos se encuentran la mejora de la reputación y la imagen corporativa, la atracción y retención de talento, la reducción de costos a través de la eficiencia energética y la gestión responsable de recursos, y el impacto positivo en las comunidades y el medio ambiente.
- *Modelos de RSE*. Se pueden describir los diferentes modelos de RSE que existen, como el enfoque filantrópico, el enfoque de responsabilidad social interna, el enfoque de responsabilidad social externa y el enfoque de negocio responsable. Se pueden explicar las diferencias entre estos enfoques y cómo se aplican en la práctica empresarial.
- *Medición de la RSE*. Se pueden analizar los diferentes métodos y herramientas que existen para medir y evaluar el desempeño en materia de RSE de las empresas. Se pueden mencionar los indicadores más comunes y explicar cómo se utilizan para evaluar el impacto de las iniciativas de RSE.
- *Implementación de la RSE*. Se pueden identificar las diferentes etapas del proceso de implementación de la RSE en una empresa, desde la definición de la estrategia hasta la medición y evaluación del impacto. Se pueden explicar los pasos necesarios para la

implementación efectiva de la RSE en una organización y las barreras que pueden surgir en el camino.

- *Antecedentes de la Responsabilidad Social Empresarial.* La responsabilidad social corporativa (RSC) ha adquirido una creciente importancia en la industria farmacéutica en las últimas décadas. Numerosos estudios han abordado este tema desde diferentes perspectivas, explorando la relación entre la RSC y diversos aspectos de la industria farmacéutica, tal como se expone en el marco conceptual del documento, mencionamos algunos ejemplos: Lubreras-Pérez (2019), menciona *“la responsabilidad social corporativa en la industria farmacéutica, destacando la necesidad de que las empresas del sector adopten prácticas responsables para abordar los desafíos éticos y sociales que enfrentan”*. Por otro lado Trecco et al. (2011) centra su investigación en *“la producción sostenible y la responsabilidad social de las empresas farmacéuticas en relación con la gestión de residuos, resaltando la importancia de implementar prácticas ambientales adecuadas”*.

b. Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)

Los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), también conocidos como Objetivos Globales, fueron adoptados por las Naciones Unidas en 2015 como un llamado universal para poner fin a la pobreza, proteger el planeta y garantizar que para el 2030 todas las personas disfruten de paz y prosperidad.

Los 17 ODS están integrados: reconocen que la acción en un área afectará los resultados en otras áreas y que el desarrollo debe equilibrar la sostenibilidad social, económica y ambiental. Los países se han comprometido a priorizar el progreso de los más rezagados.

Los ODS están diseñados para acabar con la pobreza, el hambre, el sida y la discriminación contra mujeres y niñas.

La creatividad, el conocimiento, la tecnología y los recursos financieros de toda la sociedad son necesarios para alcanzar los ODS en todos los contextos (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. [UNDP]- 2015).

- Cuáles son los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). En el año 2015 los estados miembros de la ONU, en conjunto con ONGs y ciudadanos de todo el mundo, generaron una propuesta para desarrollar 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), los cuales buscan alcanzar de manera equilibrada tres dimensiones del desarrollo sostenible: el ámbito económico, social y ambiental.

En consecuencia, se estableció una agenda internacional proyectada hasta el año 2030 que se compone de 17 Objetivos de Desarrollo Sostenibles y 169 metas así:

Figura 1

Objetivos de Desarrollo Sostenible



Nota. Figura extraída de *Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible. Objetivos de Desarrollo Sostenible ODS.* ONU. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/2015/09/la-asamblea-general-adopta-la-agenda-2030-para-el-desarrollo-sostenible>. (Asamblea General de las Naciones Unidas. (2015, p. 1).

La preocupación por la gestión ambiental en la industria farmacéutica ha sido tema de diversas investigaciones y propuestas a lo largo del tiempo, buscando mitigar la presencia de contaminantes y promover prácticas sostenibles algunos artículos y estudios en los cuales hemos basado nuestra investigación son los que se explican a continuación:

González-Vaca y Rincón-López (2004) desarrollaron un plan de manejo ambiental para un laboratorio farmacéutico veterinario en Yumbo, Valle del Cauca, evidenciando desde hace tiempo la necesidad de considerar aspectos ambientales en este sector.

En un estudio realizado por Lubreras-Pérez (2019), se incluye la responsabilidad social corporativa en la industria farmacéutica, destacando la necesidad de que las empresas del sector adopten prácticas responsables para abordar los desafíos éticos y sociales que enfrentan. Este artículo es uno de los primeros en abordar el tema de la responsabilidad social corporativa en la industria farmacéutica, probablemente se centre en los conceptos generales de responsabilidad social y su aplicación en el contexto farmacéutico, dado que el artículo es del año 2006, no puede abarcar los avances y las tendencias más recientes en el campo.

La gestión eficaz de los residuos es otro aspecto crucial en el contexto de las buenas prácticas de la industria farmacéutica. Trecco et al. (2011) se centran en su investigación en la producción sostenible y la responsabilidad social de las empresas farmacéuticas en relación con la gestión de residuos, resaltando la importancia de implementar prácticas ambientales adecuadas. Este artículo se centra en las buenas prácticas de la industria farmacéutica, destaca la importancia de implementar prácticas sostenibles en la producción farmacéutica y cómo una adecuada gestión de residuos puede contribuir a la responsabilidad social corporativa.

Cifuentes-Fajardo (2013) propuso un sistema de gestión integrado para una planta del sector farmacéutico en Cali, abarcando sistemas de gestión de calidad, ambiental y control de seguridad. Esta propuesta evidenció la necesidad de integrar distintos sistemas para un enfoque holístico en la gestión ambiental.

El impacto ambiental de los medicamentos y su regulación fue abordado por Silva Graciani y Bonora Vidrih Ferreira (2014), quienes resaltaron la necesidad de implementar regulaciones efectivas para reducir los efectos negativos de los medicamentos en el medio ambiente. Este artículo se centra en los contaminantes orgánicos emergentes en el medio ambiente, específicamente en relación con los productos farmacéuticos, analiza los impactos ambientales de los productos farmacéuticos y su regulación, no se proporciona información adicional sobre su contenido.

De la Cruz y Niño (2014). presenta una propuesta integral para la implementación de un Sistema de Gestión Integrado (SGI) en una planta del sector farmacéutico ubicada en Cali. El enfoque principal de este sistema abarca los aspectos de gestión de calidad, gestión ambiental y

gestión en control y seguridad, con el objetivo de optimizar la eficiencia operativa, garantizar la calidad del producto y promover prácticas sostenibles

Rodríguez-Vargas y Vivas-Moreno (2019) llevaron a cabo un contraste entre cinco farmacéuticas sobre la información divulgada en los reportes de sostenibilidad GRI. Este estudio permitió analizar y comparar las prácticas de sostenibilidad en diferentes empresas farmacéuticas.

Cuervas-Vargas (2019) experimenta el efecto de la cultura de aprendizaje organizacional, el entorno físico del lugar de trabajo y la confianza en los empleados en el contexto de la responsabilidad social corporativa en la industria farmacéutica, el autor resaltó la necesidad de fomentar una cultura de aprendizaje y un entorno laboral favorable para promover prácticas responsables. Aunque el título no indica específicamente su relación con la industria farmacéutica, este estudio examina el efecto de la cultura de aprendizaje organizacional, el entorno del lugar físico de trabajo y la confianza del empleado en las organizaciones, no se proporcionarán detalles adicionales sobre la relación directa con la responsabilidad social corporativa en la industria farmacéutica.

En una revisión sistemática realizada por Álvarez de Mon González (2017)), se analizó la relación entre la responsabilidad social corporativa y la industria farmacéutica. Los autores destacaron la importancia de una gestión efectiva de la responsabilidad social corporativa para garantizar un impacto positivo en la sociedad y mejorar la reputación de las empresas farmacéuticas. Este artículo proporciona una visión general de los estudios previa sobre el tema y analiza cómo las empresas farmacéuticas han abordado la responsabilidad social corporativa en términos de prácticas empresariales, ética, sostenibilidad y compromiso social, además ofrece una perspectiva actualizada sobre el tema.

Chamorro- Rosero y Pardo-Reyes (2020) presentaron formulaciones de técnicas de control interno para reducir cargas contaminantes en vertimientos industriales de una industria farmacéutica en Bogotá D.C. Este estudio resalta la importancia de abordar la contaminación en aguas residuales de la industria farmacéutica.

García-Salgado (2021) investigó el tratamiento de efluentes químicos farmacéuticos mediante reactores biológicos aerobios con carbón activado granular. Esta investigación propuso métodos específicos para tratar los desechos de la industria farmacéutica, señalando posibles soluciones ambientales.

Además, se ha examinado la responsabilidad social empresarial en la industria farmacéutica desde diferentes perspectivas. Mejía et al. (2021) destacaron la importancia de la responsabilidad social empresarial como una estrategia para mejorar la reputación y la sostenibilidad en la industria farmacéutica. Este artículo aborda la responsabilidad social empresarial en la industria farmacéutica.

Pacheco-Lasso et al. (2021) se enfocaron en el diseño de un sistema de climatización para naves industriales del sector farmacéutico en Barranquilla. Este diseño tenía como objetivo garantizar el almacenamiento adecuado de la materia prima, abordando la importancia de las condiciones de almacenamiento en la conservación de productos farmacéuticos.

Tobar- Oliva (2022) diseñó una planta de tratamiento de agua para el riego de cultivos de cannabis con fines farmacéuticos, centrándose en garantizar la calidad del agua para un propósito específico en la industria farmacéutica.

Muñiz-Castañeda (2022) se enfocó en la mejora de procesos de producción para reducir los costos de energía eléctrica en un laboratorio químico farmacéutico. Esta investigación se centró en aspectos operativos y eficiencia energética en la producción farmacéutica.

Urrea-Urrea y Aranda-Guerrero (2022) con su investigación buscan un equilibrio entre los intereses empresariales y los de sus clientes como consumidores responsables. Todo esto desde un enfoque más social que obligue la transformación de la visión del marketing en las organizaciones que generan beneficio social

Sánchez-Pinto (2023) llevó a cabo un estudio sobre la presencia de contaminantes de tipo farmacéutico en fuentes hídricas de Colombia y sus medidas de manejo ambiental, resaltando la importancia actual de abordar esta problemática.

Pérez-Mejía (2023) estudió los informes de sostenibilidad del sector bancario considerando estándares GRI y su contribución a los Objetivos de Desarrollo Sostenible, ampliando el análisis de sostenibilidad a un sector financiero relevante.

Miranda-Guaminga (2023) se enfocó en un estudio similar, pero para el sector manufacturero de alimentos y bebidas, evaluando los informes de sostenibilidad y su alineación con los estándares GRI y los Objetivos de Desarrollo Sostenible.

Estos estudios y propuestas han contribuido a comprender y abordar los desafíos ambientales en la industria farmacéutica, desde la gestión de residuos hasta la mejora de

procesos, evidenciando la evolución y la creciente importancia de prácticas sostenibles en este sector.

Este marco teórico resalta la importancia de las investigaciones relacionadas con la gestión ambiental en la industria farmacéutica, ofreciendo un panorama general de los esfuerzos realizados en diferentes áreas para mitigar los impactos ambientales y promover la sostenibilidad en este sector específico.

2.2.5 Ciclo de vida del producto farmacéutico

El enfoque del Ciclo de Vida (LCA, por sus siglas en inglés) en productos farmacéuticos implica evaluar sistemáticamente los impactos ambientales asociados con todas las etapas del ciclo de vida del medicamento, desde la producción de materias primas hasta su disposición final. La sostenibilidad en el sector farmacéutico va más allá de la eficacia y seguridad del medicamento; implica considerar su impacto ambiental y social a lo largo de su existencia.

A continuación, se destaca la importancia de aplicar un análisis del ciclo de vida en productos farmacéuticos:

- a. Concepción y Desarrollo.** Importancia: En esta fase, se seleccionan las moléculas y se diseñan las formulaciones. Un análisis del ciclo de vida ayuda a evaluar la huella ambiental de diferentes opciones desde el principio, permitiendo la elección de enfoques más sostenibles.
- b. Producción y Fabricación.** Eficiencia en la Producción: Evaluar la eficiencia energética y los impactos ambientales de los procesos de fabricación. La optimización puede reducir los residuos y las emisiones.
- c. Distribución y Comercialización.** Logística y Envases: Analizar el transporte y los envases utilizados, considerando opciones que minimicen las emisiones de gases de efecto invernadero y reduzcan el desperdicio de materiales.

- d. **Uso y Consumo.** Efectividad vs. Impacto Ambiental: Considerar cómo la efectividad del medicamento se equilibra con su impacto ambiental, incluidos los envases y las instrucciones de dosificación.
- e. **Fin de la Vida Útil y Retirada del Mercado.** Eliminación Responsable: Evaluar las opciones de disposición final y los impactos ambientales asociados con la eliminación de medicamentos no utilizados o vencidos.
- f. **Post-Comercialización y Seguimiento.** Farmacovigilancia Ambiental: Incluir el monitoreo ambiental como parte integral de la farmacovigilancia para detectar posibles impactos adversos a largo plazo.
- g. **Innovación y Mejora Continua.** Optimización Continua: Utilizar los resultados del análisis del ciclo de vida para informar sobre la optimización continua de procesos, formulaciones y envases.

2.2.6 Evaluación del impacto económico

a. Eficiencia Energética

- *Inversiones en Tecnologías Eficientes:* Adoptar tecnologías más eficientes energéticamente, como iluminación LED, equipos de producción eficientes y sistemas de gestión energética, puede reducir significativamente los costos de energía.
- *Optimización de Procesos:* Mejorar la eficiencia de los procesos productivos puede conducir a una reducción en los costos operativos, ya que se utiliza menos energía para producir la misma.
- *Los paneles Solares:* Son módulos fotovoltaicos individuales que captan la energía que proporciona el sol convirtiéndola en electricidad. Están formados por celdas solares que a su vez contienen células solares individuales hechas de materiales semiconductores como el silicio (cristalino y amorfo) que transforman la luz (fotones) en energía eléctrica (electrones).

- *EDGE*: Es un sistema de certificación de construcción sostenible que se enfoca en hacer edificios más eficientes. Para obtener la certificación, se requiere una reducción mínima del 20% en el uso de energía, agua y carbono incorporado en los materiales comparados con un edificio estándar local.

b. Gestión del Agua

- *Reuso y Reciclaje del Agua*: Implementar sistemas de reuso y reciclaje de agua puede reducir los costos asociados con la adquisición de agua fresca y el tratamiento de aguas residuales, al tiempo que disminuye la demanda de recursos hídricos.
- *Eficiencia en el Uso del Agua*: La optimización de procesos para reducir el consumo de agua puede resultar en ahorros directos en facturas de servicios públicos.

c. Menor Costo de Eliminación de Residuos

- *Reducción de residuos*: La optimización de procesos para minimizar la generación de residuos puede reducir los costos asociados con la eliminación y el manejo de residuos, así como evitar posibles multas por incumplimiento ambiental.

e. Optimización de la Cadena de Suministro

- *Eficiencia logística*: Reducir la huella de carbono mediante prácticas sostenibles en la cadena de suministro puede llevar a menores costos de transporte y almacenamiento.

2.3 Marco legal

El Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, es el ente diseñado para velar por la gestión del ambiente y de los recursos naturales renovables, encargado de orientar y regular el ordenamiento ambiental del territorio y de definir las políticas y regulaciones a las que se

sujetarán la recuperación, conservación, protección, ordenamiento, manejo, uso y aprovechamiento sostenible de los recursos naturales renovables y del ambiente de la Nación, a fin de asegurar el desarrollo sostenible.

El Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y el Presidente de la República tienen a su cargo la política nacional ambiental y de recursos naturales renovables, de manera que se garantice el derecho de todas las personas a gozar de un medio ambiente sano y se proteja el patrimonio natural y la soberanía de la Nación.

2.3.1 Regulación del sector farmacéutico y el uso de recursos: agua y energía

La producción de medicamentos farmacéuticos implica el uso significativo de recursos vitales como el agua y la energía. La regulación en torno a la utilización de estos recursos en la industria farmacéutica es crucial debido a su impacto en el medio ambiente, la sostenibilidad y la eficiencia operativa.

La regulación sobre el uso de recursos como el agua y la energía en la producción de medicamentos farmacéuticos es un tema crucial tanto a nivel global, como para nuestro país Colombia. En el contexto mundial, diversas organizaciones y agencias reguladoras, como la Agencia Europea de Medicamentos (EMA), la Food and Drug Administration (FDA) en Estados Unidos, la Organización Mundial de la Salud (OMS) y otras entidades, han establecido lineamientos y normas para supervisar y controlar el uso responsable de estos recursos en la fabricación de medicamentos.

En el caso del agua, la regulación se centra en la gestión responsable del recurso hídrico para minimizar el desperdicio, garantizar la calidad del agua utilizada en los procesos de fabricación y reducir la contaminación del agua residual generada por la producción farmacéutica. Se establecen estándares para el tratamiento de aguas residuales y se fomenta el uso de tecnologías más eficientes en el consumo de agua.

En cuanto a la energía, las regulaciones buscan promover la eficiencia energética en las plantas de producción farmacéutica. Esto implica la adopción de prácticas y tecnologías que reduzcan el consumo de energía, como el uso de fuentes de energía renovable, la implementación

de sistemas de gestión de energía y el diseño de instalaciones más sostenibles desde el punto de vista energético.

La industria farmacéutica, es consciente del impacto ambiental de sus operaciones, y se adhiere a los estándares rigurosos de cumplimiento normativo y a menudo adopta prácticas voluntarias para reducir su huella ambiental. Además, organizaciones internacionales como la International Council for Harmonisation of Technical Requirements for Pharmaceuticals for Human Use (ICH) y la International Pharmaceutical Excipients Council (IPEC) establecen directrices y estándares para la fabricación de medicamentos, incluyendo pautas relacionadas con la sostenibilidad y el uso responsable de recursos.

En el caso específico de Colombia, nuestro país ha desarrollado regulaciones y marcos normativos que abordan la producción farmacéutica, incluyendo reglas relacionadas con el uso de agua y energía. Entidades como el Instituto Nacional de Vigilancia de Medicamentos y Alimentos (INVIMA) y el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, tienen competencias y normativas que impactan directamente en la producción farmacéutica, asegurando que las empresas cumplan con estándares ambientales y de sostenibilidad en sus procesos de fabricación. En Colombia, al igual que en otros países, se promueve la implementación de prácticas que fomenten la eficiencia en el uso del agua y la energía en la industria farmacéutica. Se establecen controles para el tratamiento adecuado de aguas residuales, la reducción de emisiones de carbono y la adopción de tecnologías más limpias y eficientes desde el punto de vista energético.

Además de las regulaciones locales, nuestro país también participa en acuerdos y compromisos internacionales en materia ambiental y de sostenibilidad que impactan indirectamente en la producción farmacéutica. Estos compromisos buscan promover prácticas responsables y sostenibles en la fabricación de medicamentos, alineados con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) establecidos por las Naciones Unidas.

A continuación, se relacionan las principales normas que promueven la eficiencia de este recurso:

a. Legislación ambiental.

- *Decreto ley 2811 de 1974*: Código de los Recursos Naturales de Protección al Medio Ambiente: define normas generales de política ambiental reglamenta la propiedad, usos e

influencia ambiental de los recursos naturales renovables: aguas no marítimas, atmósfera y espacio aéreo, el mar y su fondo, recursos energéticos primarios, recursos hidrobiológicos, el paisaje, su protección y modos de manejo de los recursos naturales renovables.

- *Ley 99 de 1993*: se dio inicio a una nueva estructura institucional normativa para la gestión ambiental nacional. En esta nueva estructura el Impacto Ambiental juega un papel preponderante al considerarse como un instrumento de planificación que apoyará el proceso de convertir el concepto de desarrollo sostenible en algo tangible.
- *Ley 9 de 1979*: del Congreso de la República, define el Código Sanitario Nacional.

2.3.2 Normativa Colombiana – Asociada al Recurso de Agua.

a. Normas asociadas al uso de agua (regulatorias, internas y/o internacionales)

- *Ley 373 de 1997* emitida por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, por la cual se establece el programa para el uso eficiente y ahorro del agua y establece el Marco normativo para el conjunto de proyectos y acciones que deben elaborar y adoptar las entidades encargadas de la prestación de los servicios de acueducto, alcantarillado, riego y drenaje, producción hidroeléctrica y demás usuarios del recurso hídrico.
- *El Decreto 1076 de 2015* fue expedido por el presidente de la República y su objetivo es compilar y racionalizar las normas de carácter reglamentario que rigen el sector Ambiente, en lo relacionado con el Diagnóstico Ambiental de Alternativas y el trámite de licenciamiento ambiental. Este documento en la subsección 2 dicta el Ordenamiento del recurso hídrico

Como un proceso de planificación mediante el cual se fija la destinación y usos de los cuerpos de agua continentales superficiales y marinos, se establecen las normas, las condiciones y el programa de seguimiento para alcanzar y mantener los usos actuales y potenciales y conservar los ciclos biológicos y el normal desarrollo de las especies (Alcaldía Mayor de Bogotá. s.f., p. 1).

b. Normas del reúso del Agua (regulatorias, internas y/o internacionales)

- *Resolución 1256 de 2021 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible* derogó la Resolución 1207 de 2014 y reglamentó el uso de las aguas residuales. Uno de los principales aspectos de la nueva norma, es que introduce y regula el concepto de “recirculación” y lo desliga del término “reúso”. Frente a la recirculación de aguas residuales, el usuario generador podrá realizarla en operaciones y procesos unitarios dentro de la misma actividad económica que genera las aguas servidas, sin requerir permiso o autorización, siempre que dicha actividad sea técnica y económicamente viable.

Respecto al reúso de aguas residuales, la Resolución 1256 establece que el usuario receptor requerirá permiso de concesión de aguas para adquirir el derecho al uso de las aguas residuales como bien de uso público, salvo para el reúso de aguas lluvias, previsto en el artículo 148 del Decreto-Ley 2811 de 1974. (Art. 4).

c. Normas de vertimientos (industriales, domésticos u otros)

- *Resolución 631 de 2015 expedida por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS)*, por la cual se establecen los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público y se dictan otras disposiciones. Esta resolución modifica el sistema de medición de los factores contaminantes que pueden presentarse en las aguas residuales; ahora se definen unos límites máximos de las concentraciones de cada uno de los parámetros contaminantes, clasificándolos por las diversas actividades económicas desarrolladas por las empresas, lo cual vuelve más exigente los requerimientos para obtener los permisos de vertimientos.

d. Normas de manejo de lodos (bioslodos y residuos convencionales y peligrosos)

- *Resolución 1407 de 2018* reglamentó la utilización de empaques de papel, cartón, plástico, vidrio y metal, y que tiene impacto directo en el sector industrial. La nueva normatividad va

dirigida a optimizar el uso de material en los envases y empaques, todos los productores en el territorio nacional deberán formular y presentar ante la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA), implementar y mantener actualizado un plan individual o colectivo de gestión ambiental de residuos de envases y empaques.

- *Resolución 2184 de 2019 expedida por El Ministerio de Ambiente y rige a partir del año 2021 el código de colores blanco, negro y verde para la separación de residuos en la fuente con el objetivo de fomentar la cultura ciudadana en materia de separación de residuos en el país.*

2.3.3 Normativa Colombiana – Asociada al Recurso de Energía.

Tabla 1

Normatividad colombiana asociada al recurso de energía

NORMATIVIDAD	OBJETO	CONTENIDO
Ley 2099 del 2021	Por medio de la cual se dictan disposiciones para la transición energética, la dinamización del mercado energético y la reactivación económica del país.	Tiene como objeto modernizar la legislación vigente y dictar otras disposiciones para la transición energética, la dinamización del mercado energético a través de la utilización, desarrollo y promoción de fuentes no convencionales de energía, la reactivación económica del país y, en general dictar normas para el fortalecimiento de los servicios públicos de energía eléctrica y gas combustible.
Resolución 030 de 2018 Comisión de Regulación de Energía y Gas	Se regulan aspectos operativos y comerciales para permitir la integración de la autogeneración a pequeña escala y de la generación distribuida al Sistema Interconectado Nacional.	Aplica a los autogeneradores a pequeña escala y generadores distribuidos conectados al SIN, a los comercializadores que los atienden, a los operadores de red y transistores nacionales.
Resolución 585 de 2017 Unidad de Planeación Minero Energético	Establecer procedimiento para evaluar y emitir conceptos sobre proyectos evaluados y certificar el beneficio ambiental y acceder al beneficio tributario establecido en el Decreto 1625 de 2016 de Minambiente	Por la cual se establece el procedimiento para conceptuar sobre los proyectos de eficiencia energética/gestión eficiente de la energía que se presenten para acceder al beneficio tributario de exclusión de IVA

Tabla 1. (Continuación)

NORMATIVIDAD	OBJETO	CONTENIDO
Decreto Único Ambiental 1076 del 2015 Minambiente	Régimen asociado al licenciamiento ambiental para diferentes actividades	En el capítulo 3, Licencias ambientales, sección 1, artículos 2.2.2.3.2.2 y 2.2.2.3.2.3 indican las actividades sujetas a licencia. Los proyectos de Distritos Térmicos no están sujetos a procesos de licenciamiento ambiental, aunque se debe de considerar las características de diseño.
Resolución 5 de 2010 Comisión de Regulación de Energía y Gas	Por la cual se determinan los requisitos y condiciones técnicas que deben cumplir los procesos de cogeneración y se regula esta actividad	Define el concepto de cogeneración y cogenerador y define que los excedentes de cogeneración en la autogeneración pueden ser comercializados.
Ley 697 de 2001	Mediante de la cual se fomenta el uso racional y eficiente de la energía, se promueve la utilización de energías alternativas y se dictan otras disposiciones.	Se declara el uso racional y eficiente de la energía como asunto de interés social entre otros, aprovechando de forma óptima la energía en todas y cada una de las cadenas energéticas.
Ley 1715 de 2014	Por medio de la cual se regula la integración de energías renovables no convencionales al sistema energético nacional.	Tiene como objeto promover el desarrollo y la utilización de las fuentes No Convencionales de Energía, principalmente aquellas de carácter renovable, en el sistema energético nacional, mediante su integración al mercado eléctrico, su participación en las zonas No interconectadas y en otros usos energéticos como medio necesario para el desarrollo económico sostenible, la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y la seguridad del abastecimiento energético.

Nota. Esta tabla muestra la normatividad colombiana aplicable a uso de energía - Tabla extraída de Distrito Energético. <https://www.distritoenergetico.com>

2.3.4 Convenios ratificado por Colombia

a. CMNUCC: Convenio Marco de las Naciones Unidas sobre el cambio climático.

La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático fue adoptada en Nueva York el 9 de mayo de 1992 y abierta a la firma el 4 de junio de 1992 en Río de Janeiro, entró en vigor el 21 de marzo de 1994 (Naciones Unidas, 1994).

El Convenio Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) es un tratado internacional que tiene como objetivo principal luchar contra el cambio climático y sus efectos adversos. Este convenio establece un marco general para que los países miembros tomen medidas para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y para adaptarse a los impactos del cambio climático. (Naciones Unidas, 1994).

Sin embargo, el CMNUCC no aborda directamente cuestiones específicas sobre el uso de aguas y energía en la producción de medicamentos farmacéuticos. Si bien el convenio se centra en cuestiones ambientales y climáticas más generales, la relación entre el cambio climático y la industria farmacéutica podría ser considerada en términos de huella de carbono, uso de recursos naturales y sostenibilidad en la cadena de suministro. (Naciones Unidas, 1994).

b. Protocolo de Kyoto.

Es un acuerdo internacional complementario a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC). Fue adoptado en 1997 y entró en vigor en 2005 (Naciones Unidas, 1998). El principal objetivo del Protocolo de Kyoto es establecer compromisos vinculantes para los países industrializados para reducir sus emisiones de gases de efecto invernadero. (Naciones Unidas, 1997)

El protocolo introdujo un enfoque basado en compromisos de reducción de emisiones específicos para cada país industrializado, estableciendo metas cuantificadas para disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero en un período de compromiso específico. Estos compromisos se centraron principalmente en la reducción de emisiones de dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O), hidrofluorocarbonos (HFC), perfluorocarbonos (PFC) y hexafluoruro de azufre (SF₆).

En cuanto a la relación con el uso de aguas y energía en la producción de medicamentos farmacéuticos, el Protocolo de Kyoto no aborda específicamente estas cuestiones. Su enfoque principal es la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero a nivel global, con énfasis en la mitigación del cambio climático.

Sin embargo, en la industria farmacéutica y en otros sectores, las directrices y metas establecidas por los acuerdos, como el Protocolo de Kyoto, pueden influir indirectamente en las prácticas de producción. Los países firmantes de este protocolo podrían implementar políticas y regulaciones internas para reducir su huella de carbono, mejorar la eficiencia energética y adoptar prácticas más sostenibles en la producción de medicamentos. Esto podría incluir medidas para conservar el agua, reducir el consumo de energía y mejorar la gestión de los recursos naturales.

Es importante destacar que, aunque el Protocolo de Kyoto establece objetivos generales de reducción de emisiones, las políticas y regulaciones específicas que impactan directamente en el uso de aguas y energía en la producción de medicamentos farmacéuticos suelen ser definidas por legislaciones nacionales o regionales, estándares industriales y enfoques de sostenibilidad adoptados por empresas individuales en respuesta a estas regulaciones y a la presión social por prácticas más responsables desde el punto de vista ambiental.

c. Convenio Basilea.

Es un tratado internacional que se centra en el control de los movimientos transfronterizos de desechos peligrosos y su eliminación ambientalmente racional. Fue adoptado en 1989 y su objetivo principal es proteger la salud humana y el medio ambiente de los efectos adversos causados por la generación y gestión inapropiada de desechos peligrosos. (PNUMA, 1989).

El Convenio de Basilea establece un marco global para la regulación del movimiento transfronterizo de desechos peligrosos y su disposición final. Busca reducir la cantidad y la toxicidad de los desechos peligrosos y fomentar su gestión y eliminación de manera ambientalmente racional. (PNUMA, 1989).

En relación con el uso de aguas y energía en la producción de medicamentos farmacéuticos, este convenio no aborda directamente esos aspectos específicos. Sin embargo, la producción farmacéutica puede generar desechos peligrosos que requieren una gestión adecuada según los lineamientos establecidos por el Convenio de Basilea. (PNUMA, 1989).

La industria farmacéutica puede generar residuos peligrosos durante el proceso de fabricación de medicamentos, y estos pueden incluir productos químicos, solventes, materiales de embalaje, entre otros. Estos desechos pueden afectar negativamente el medio ambiente si no se manejan y eliminan correctamente.

El Convenio de Basilea proporciona directrices y principios generales para la gestión de desechos peligrosos, lo que indirectamente podría influir en la manera en que la industria farmacéutica aborda la gestión de sus residuos. Se espera que las empresas farmacéuticas cumplan con las regulaciones establecidas por sus respectivos países en lo que respecta a la gestión de desechos peligrosos, lo que incluye la gestión adecuada del agua y la energía utilizadas en los procesos de producción para minimizar la generación de residuos y maximizar la eficiencia. (PNUMA, 1989).

3. METODOLOGÍA

3.1 Técnicas de recolección de la información

Este estudio se llevará a cabo mediante una investigación exploratoria y descriptiva, utilizando métodos cualitativos. La metodología que se utilizará está basada en dos componentes claves:

- Diagnóstico inicial o diagnóstico de ambiental del proyecto
- Evaluación de los procesos actuales

El estudio exploratorio según Hernández-Sampieri et al. (2006):

Se realiza cuando el objetivo consiste en examinar un tema poco estudiado y sirven para familiarizarnos con fenómenos relativamente desconocidos, obtener información sobre la posibilidad de llevar a cabo una investigación más completa respecto de un contexto particular, investigar nuevos problemas, identificar conceptos o variables promisorias, establecer prioridades para investigaciones futuras, o sugerir afirmaciones y postulados. (pp. 101-102)

Los estudios descriptivos por su parte “buscan especificar propiedades, características y rasgos importantes de cualquier fenómeno que se analice. Describen tendencias de un grupo o población”. (Hernández-Sampieri et al., 2006, p. 103)

De acuerdo con los objetivos planteados, la metodología aplicada para la recopilación de la información y el desarrollo de la misma, se ajustan para aplicar las siguientes técnicas de recolección de datos e información:

3.1.1 Recolección de información primaria.

Las principales fuentes de información, fueron tomadas a través de la observación, entrevistas y la descripción de los procesos de las áreas que intervienen directa o indirectamente en los procesos de producción, ambiental y de operaciones. Se realizaron visitas al laboratorio

farmacéutico para recopilar datos sobre los procesos existentes y se emplearon herramientas de análisis para identificar áreas de mejora en el uso de recursos hídricos y energéticos.

3.1.2 Recolección de la información secundaria.

Esta información se logró obtener de los entes regulatorios y normativos, como el INVIMA y ministerio de medio ambiente; adicional a esto, nos apoyamos en la información que el equipo de ambiental y de operaciones de la compañía nos suministraron para dar desarrollo descriptivo del proyecto.

Este planteamiento de problema proporciona una visión integral sobre la optimización de procesos en un laboratorio farmacéutico, con especial énfasis en la gestión eficiente de recursos hídricos y energéticos, abordando aspectos técnicos, económicos y ambientales para promover la sostenibilidad en el ámbito farmacéutico.

3.2 Metodología para la elaboración del diagnóstico

Inicialmente se llevó a cabo una descripción actual, de cómo se están llevando a cabo los procesos ambientales y operaciones en el laboratorio farmacéutico, por medio de identificar las actividades y procesos operativos y técnicos. De igual manera se realizó una descripción detallada de cada uno de los consumos y de las mediciones de recursos tanto hídricos como energéticos.

Para el levantamiento de esta información se utilizaron registros fotográficos, y se realizó entrevistas con las diferentes áreas de la compañía. (Ver Anexo A)

3.3 Metodología para el análisis y evaluación

3.3.1 Identificación y evaluación de aspectos.

Con la información obtenida en el diagnóstico se identificaron los aspectos más importantes para el uso eficiente de los recursos hídricos y energéticos, buscando las posibles

interacciones en cada una de las etapas del proceso, para esto se ha diseñado una matriz en donde se identifique y se evolucione los aspectos e impactos del uso de los recursos.

Una matriz de identificación y evaluación de aspectos e impactos, es una herramienta que se utiliza para analizar, las diferentes etapas de un proceso, en donde interactúan todas las áreas involucradas en la investigación. Esta matriz nos ayudará a identificar los aspectos más relevantes y evaluar sus posibles impactos para tomar medidas de mitigación o control.

Tabla 2

Formato de Matriz identificación y evaluación aspectos.

Área	Sub-área o tema	Preguntas	Respuestas observaciones y anexos
Se relacionan cada una de las áreas involucradas.	Se debe de relacionar los temas puntuales, o temas a tratar con el área involucrada	Se relacionarán las preguntas puntuales del tema y área involucrada	Se relacionarán las respuestas dadas por las personas entrevistadas y donde nos darán sus comentarios a cada pregunta expuesta.

4. RESULTADOS Y ANÁLISIS

La industria farmacéutica, es uno de los eslabones más importantes en la salud pública y el bienestar de todos los seres humanos; enfrenta el desafío crucial de mantener un equilibrio entre la producción eficiente de medicamentos y la preservación del medio ambiente. Es con este argumento, que nos interesa la creación de un diagnóstico, en donde logremos tener mejoramiento y optimizar procesos de una planta farmacéutica, obteniendo al final el desarrollo de un programa de eficiencia de recursos, especialmente en el manejo responsable del agua y la energía.

La necesidad de este diagnóstico se fundamenta en varios factores. En primer lugar, la industria farmacéutica requiere considerables cantidades de recursos hídricos y energéticos en sus procesos de producción, lo que puede generar un impacto significativo en el entorno natural si no se gestionan de manera adecuada. Además, el aumento de la demanda de medicamentos a nivel mundial exige una producción eficiente y sostenible para garantizar la disponibilidad de productos farmacéuticos de calidad a largo plazo.

La implementación de un programa de eficiencia de recursos, enfocada en el uso responsable del agua y la energía, no sola contribuirá a reducir el impacto ambiental de la planta farmacéutica, sino que también generará beneficios económicos al disminuir los costos operativos y mejorar la competitividad en el mercado. Asimismo, esta estrategia promueve la imagen corporativa responsable y ética, lo que puede ser un factor clave en la preferencia de los consumidores y la atracción de inversiones sostenibles.

4.1 Diagnóstico inicial del estado actual del laboratorio farmacéutico

La industria farmacéutica desempeña un papel fundamental en la salud pública y el bienestar de la sociedad. La construcción y operación de una planta farmacéutica no solo implica la producción de medicamentos vitales, sino también la responsabilidad de minimizar su impacto en el ambiente. Es crucial desarrollar un diagnóstico integral que no solo se centre en la calidad de los productos, sino que también considere la eficiencia en el uso de recursos fundamentales como el agua.

El agua es un recurso invaluable y limitado, cuya conservación se ha vuelto cada vez más crítica en el contexto actual de preocupaciones ambientales y sostenibilidad. El sector farmacéutico, al igual que otras industrias, enfrenta el desafío de optimizar su uso de agua durante la producción y el proceso de fabricación. La implementación de un programa de eficiencia de recursos hídricos en una planta farmacéutica no solo tiene beneficios ambientales, sino que también presenta ventajas económicas y sociales significativas.

Figura 2

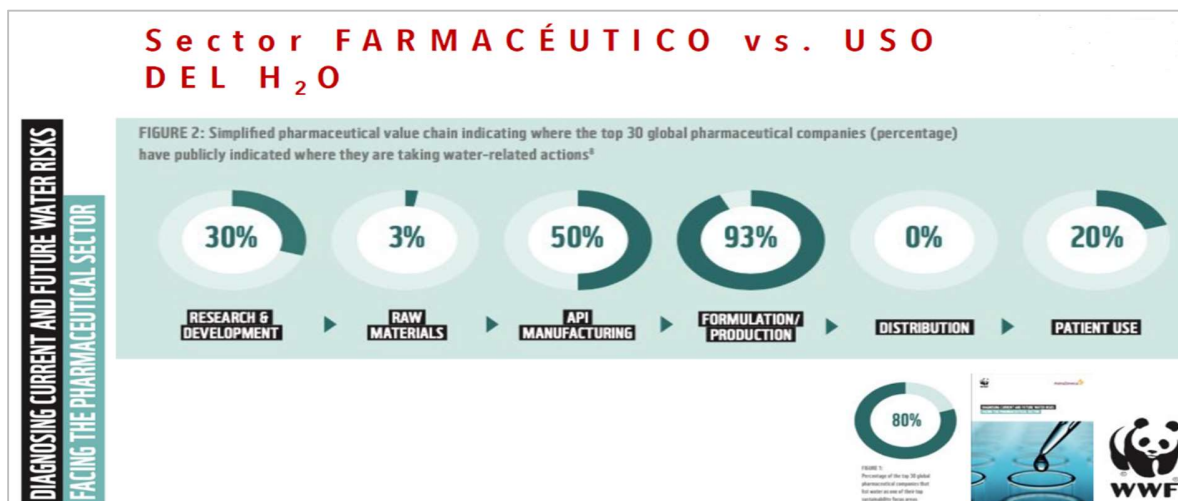
El agua & la industria



Nota Esta imagen muestra la huella hídrica genera en la industria y hace referencia al agua limpia y cuidado de la misma - tomada de the global goals - <https://www.globalgoals.org/resources/>

Figura 3

Sector farmacéutico vs uso del agua



Nota Imagen tomada del Diagnóstico de los riesgos actuales y futuros del agua que enfrenta el sector farmacéutico - https://wwfint.awsassets.panda.org/downloads/case_study___diagnosing_water_risks_for_the_pharmaceutical_sector_1.pdf

En este contexto, un diagnóstico bien concebido para la construcción y operación de una planta farmacéutica debe incluir iniciativas concretas para maximizar la eficiencia en el uso del agua. Esto implica adoptar tecnologías y prácticas innovadoras que reduzcan el consumo, reciclen y reutilicen el agua en los procesos de producción, minimizando así el impacto ambiental y los costos asociados.

4.1.1 Plan de mejora

Es fundamental implementar un plan de mejora y optimización de procesos en una planta farmacéutica que involucre el uso del agua en la producción de medicamentos por varias razones:

- a. *Calidad del producto.* El agua es un componente crítico en la fabricación de medicamentos. Cualquier contaminación o variación en la calidad del agua puede afectar la calidad del producto final y, por lo tanto, su efectividad y seguridad para los pacientes.

- b. *Cumplimiento normativo.*** Las regulaciones gubernamentales y las normativas de la industria farmacéutica exigen estándares estrictos en cuanto al uso del agua en la producción de medicamentos. Un plan de mejora ayuda a cumplir con estas regulaciones y a mantener la conformidad con las normativas establecidas.
- c. *Eficiencia operativa.*** Optimizar el uso del agua ayuda a reducir el desperdicio, disminuir los costos de producción y mejorar la eficiencia operativa en la planta farmacéutica. Esto puede lograrse mediante la implementación de tecnologías más eficientes, el monitoreo regular del uso del agua y la identificación de áreas para mejorar el consumo.
- d. *Sostenibilidad ambiental.*** La gestión adecuada del agua en la producción de medicamentos no solo beneficia a la empresa en términos económicos y de cumplimiento, sino que también contribuye a la sostenibilidad ambiental. Reducir el consumo de agua y gestionar responsablemente los recursos hídricos ayuda a minimizar el impacto ambiental de la planta.
- e. *Imagen de la empresa.*** Una gestión responsable del agua y el cumplimiento de estándares ambientales y de calidad pueden mejorar la reputación de la empresa ante clientes, reguladores y la comunidad en general.

En resumen, implementar un plan de mejora y optimización de procesos relacionados con el uso del agua en la producción de medicamentos en una planta farmacéutica es fundamental para garantizar la calidad del producto, cumplir con las regulaciones, mejorar la eficiencia operativa, fomentar la sostenibilidad ambiental y fortalecer la imagen y reputación de la empresa.

Por todo lo anterior expuesto, se presentan los hallazgos de la visita técnica enfocada en Recurso Hídrico, realizada, junto con la primera aproximación del Balance de H₂O de la compañía, localizada en la ciudad de Bogotá DC.

4.2 Hallazgos en agua

4.2.1 Evaluación aspectos ambientales

a. Iniciales

- Actualmente se cuenta con un área de gestión ambiental comprometida, la cual funciona en cumplimiento de los objetivos ambientales, se tienen diferentes procedimientos e instructivos los cuales permiten que se tengan algunas bases en gestión ambiental.
- El Diseño de la documentación ambiental se encuentra bajo estándar ISO14000 cuyo objetivo es promover la estandarización de formas de producir y prestar servicios que protejan al medio ambiente, minimizando los efectos dañinos que pueden causar las actividades organizacionales.
- Dentro de las actividades del área se establece la Medición diaria del consumo de agua purificada en la planta farmacéutica.

Tabla 3

Matriz identificación cuestionario inicial

**GESTIÓN INTEGRAL DEL AGUA EN LA EMPRESA
DIAGNÓSTICO - CUESTIONARIO INICIAL**

ÍTE M	TEMA	SUB-TEMA	PREGUNTAS	RESPUESTAS/OBSERVACIONES/ ANEXO
1	GESTIÓN AMBIENTAL EMPRESARIAL	Organización Ambiental	¿Como funciona la gestión ambiental dentro de la organización? (áreas de trabajo, estrategia, responsables, política, objetivos, metas, programas, indicadores, presupuestos, resultados)	Evidencia de responsables Realización de Política Establecer un Programa ambiental e indicadores
2			¿Con que certificaciones de gestión ambiental se cuenta? (último informe de auditoría externa)	No contamos con certificaciones de gestión ambiental.
3			¿Hace cuantos años realiza informe de gestión ambiental?	Solo se tiene un informe general presentado a la gerencia de operaciones
4	MANUFACTURA	Procesos & Producción	Flujograma de proceso por producto	Se evidencia flujograma de procesos
5			Principales productos fabricados	Tabletas con y sin cubierta, Granulados para disolver, Jarabes, Soluciones orales, Suspensiones orales, Gotas orales, cremas tópicas, emulsiones tópicas, geles tópicos.

ÍTE M	TEMA	SUB-TEMA	PREGUNTAS	RESPUESTAS/OBSERVACIONES/ ANEXO
6			Unidad de medida de producto (Ton, Litros, Metros Cúbicos etc)	Unidades fabricadas Tabletas con y sin cubierta a granel en kilogramos (Kg). Tabletas con y sin cubierta semiterminado en unidades (Tabletas). Líquidos (jarabes, gotas, suspensiones, solución oral) en litros (L). Semisólidos fluidos (emulsiones) en litros (L). Semisólidos viscosos (cremas) en kilogramos (Kg)..
7			Días y horas de trabajo (semanal, mensual, anual)	FARMA: 7 DÍAS / 24 HORAS COSMÉTICOS: 6 DÍAS / 9 HORAS Horas semana: 168 Horas mensuales: 720 Horas anuales: 8.640
8			Manejo de producto no conforme y perdidas en proceso (Cuantitativo, cualitativo y que se hace)	Todo producto no conforme se destruye con acta según proceso y con proveedor aprobado. Se tiene establecido especificación de rendimiento 98 – 101%, por lo tanto, las pérdidas en proceso no deben superar el 2% en peso. Estas pérdidas en proceso están representadas en: producto adherido a paredes de equipos, material tomado por extracciones puntuales (para evitar polución en las áreas) y muestras para controles en proceso (humedad en granulados; pH y viscosidad en líquidos y semisólidos; peso, dureza, friabilidad y

ÍTE M	TEMA	SUB-TEMA	PREGUNTAS	RESPUESTAS/OBSERVACIONES/ ANEXO
				desintegración en tabletas y cápsulas. Los residuos de pérdidas por proceso son retirados en bolsa roja y enviados a destrucción.
9	NORMATIVIDAD	Agua Potable / Agua Residual / Residuos Convencionales y Peligrosos	Autoridad Ambiental Competente (Nacional / Local / Internacional) que lo rige	Secretaria Distrital de Ambiente
10			Normas asociadas al uso de agua (regulatorias, internas y/o internacionales)	Ley 373 de 1997 - Por la cual se establece el programa para el uso eficiente y ahorro del agua.
11			Normas de reúso del agua (regulatorias, internas y/o internacionales)	Resolución 1256 de 2021 - "Por la cual se reglamenta el uso de las <i>aguas residuales</i> y se adoptan otras disposiciones. Decreto 1076 de 2017 - Se reglamenta el uso de las <i>aguas lluvias</i> . (Compilado ambiental)
12			Norma de vertimientos (industriales, domésticos u otros)	Resolución 631 de 2015 - Por la cual se establecen los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público.
13			Norma de manejo de lodos (biosólidos y residuos convencionales y peligrosos)	Decreto 1076 de 2015 - Residuos peligrosos (Compilado ambiental) Resolución 1407 de 2018 - Posconsumo de empaques y envases. Resolución 2184 de 2019 - Segregación de residuos en la fuente - código de colores.

ÍTE M	TEMA	SUB-TEMA	PREGUNTAS	RESPUESTAS/OBSERVACIONES/ ANEXO
14			Permisos ambientales asociados a: ¿Agua, Agua Residual y biosólidos con los cuales la empresa debe contar?	Se evidencia el registro de vertimientos y otras licencias no aplican
15	SERVICIOS INDUSTRIALES	Agua, Agua Potable, Agua Materia Prima /Ingrediente	¿Para que utiliza el agua en la empresa?	Como materia prima para la fabricación de medicamentos. Procesos de lavado y sanitización. Usos sanitarios - domésticos. Tranferencia de calor (vapor - agua helada) en procesos productivos.
16			Descripción y planos de las redes y sistemas de manejo de agua (capacidades de almacenamiento, medición, materiales de redes etc)	Capacidad de almacenamiento 20.000Litros Materiales: Tuberia PVC presión. Presion de recirculación 75 PSI. Se evidencian Planos de las redes y sistema de agua (Anexo 3)
17			Fuente de abastecimiento de agua potable (acueducto, pozo, río, otro)	Acueducto
18			¿Caracterización del agua potable? (frecuencias, programa de monitoreo etc de los últimos 5 años) (adjuntar)	Se realizan monitoreos fisicoquimicos y microbiológicos.
19			Usos del agua en la empresa (por favor informar los volúmenes diarios, mes, etc.)	Se cuenta con cuadros de control de Consumos de agua y Consumo del equipo de purificación de agua Farma.
20			¿Mayores	Conductividad y sales minerales en

ÍTE M	TEMA	SUB-TEMA	PREGUNTAS	RESPUESTAS/OBSERVACIONES/ ANEXO
			inconvenientes con el agua potable o el agua para potabilizar?	contenidos fuera de especificación en épocas de lluvia.
21			Utiliza el agua como materia prima/ingrediente?	SI, Agua purificada obtenida por osmosis inversa y electrodesionización.
22			¿Cantidad actual de agua como materia prima?	602 litros/día de agua purificada como materia prima (Planta Farma).
23			¿Capacidad instalada?	Capacidad equipos de agua purificada: 720 Litros/hora - Planta Farma. 520 Litros/hora - Planta Cosméticos.
24			¿Flujos residuales del tratamiento adicional del agua como materia prima?	301 Litros/día (procesos retrolavado sistema de agua purificada).
25			¿Caracterización de entrada y salida del proceso de tratamiento actual del agua como ingrediente?	Sí, se realiza análisis fisicoquímico (dureza-cloro libre-% oxidoreducción-pH - Conductividad y carbono orgánico total y microbiológico (mesófilos aerobios - coliformes totales - hongos Pseudomona - Escherichia - Burkholderia cepacia)
26			¿Hace mediciones de calidad en el agua? (¿cuáles?, tiene laboratorio propio?)	Sí, se realiza análisis fisicoquímico (dureza-cloro libre-% oxidoreducción-pH - Conductividad y carbono orgánico total y microbiológico (Patógenos - mesófilos aerobios)
27		Aguas Residuales	Origen del agua residual (donde se originan aguas	Planta: Sanitización de áreas - limpieza y lavado de equipos. Laboratorio: Lavado y limpieza de

ÍTE M	TEMA	SUB-TEMA	PREGUNTAS	RESPUESTAS/OBSERVACIONES/ ANEXO
			residuales en el proceso industrial, limpieza y desinfección, CIP'S, COP'S, Condensados, Torres de lavado, Purgas entre otros)	instrumental y equipos.
28			Describa las fuentes donde se generan aguas residuales (domésticas y/u otras, lavado de vehículos etc)	Aguas residuales domésticas: Aseo de edificio áreas administrativas - casino - baños.
29			Existe medición / caracterización de las diferentes fuentes de generación de aguas residuales?	Caracterización de aguas residuales no domésticas Planta farma - planta cosméticos.
30			¿Descripción del sistema de tratamiento de aguas residuales actual? (año de construcción) (capacidad instalada) (industrial, doméstico y/u otro) (planos, manuales de operación, seguimiento)	Solamente contamos con trampas de grasas - Estabilización de pH
31			¿Tienen disponibles caracterizaciones del agua residual y del vertimiento? (entrada y salida del sistema de tratamiento actual)	Si, se tienen resultados e informes emitidos por laboratorio acreditado.
32			Lugar de descarga del vertimiento (río, suelo,	Alcantarillado público.

ÍTE M	TEMA	SUB-TEMA	PREGUNTAS	RESPUESTAS/OBSERVACIONES/ ANEXO
			alcantarillado público)	
33			Describa el proceso de gestión de lodos o biosólidos (generación, almacenamiento, recolección, transporte, disposición final) (volúmenes diarios, mensuales, semanales) (caracterización de lodos)	El lavado de trampas de grasas se realiza con proveedor quien se encarga del lavado y disposición de lodos.
34			Posibles riesgos o restricciones a un sistema de tratamiento de agua residual industrial/doméstica/otros	Normatividad más restrictiva en los límites máximos permisibles emitidos por la Autoridad competente.
35			¿Hace mediciones de calidad al agua residual y al vertimiento? (¿cuáles?, tiene laboratorio propio?)	Sí, se realiza monitoreo interno de parámetros críticos (DQO - grasas - tensoactivos - fenoles - sólidos SST- Sólidos SSD - pH - Conductividad - Temperatura - Oxígeno disuelto)
36		Agua Lluvia	¿Hace algún manejo especial al agua lluvia? (describalo)	No
37			Capacidad instalada de energía de suplencia disponible para las plantas de tratamiento de aguas y/o aguas residuales?	No se cuenta con suplencia energética en las operaciones farma y cosméticos.
38			¿Conoce los consumos de energía en los sistemas de tratamiento	No.

ÍTE M	TEMA	SUB-TEMA	PREGUNTAS	RESPUESTAS/OBSERVACIONES/ ANEXO
			de agua y agua residual? ¿Cuáles son?	
39		Otros	¿Tiene sistema de generación de vapor? (Capacidad Instalada, Uso, Consumos para proceso, Volumen de Agua, Combustible, Cantidad de combustible etc)	Sí. Capacidad FARMA: 40BHP - COSMÉTICOS: 10 BHP. Uso: procesos de transferencia de calor. Consumos 100% procesos productivos. Volumen de agua: FARMA: 1.38 m3 carga inicial COSMETICOS :0,35m3 carga inicial Combustible: Gas natural. Consumo promedio mes: FARMA: 11.822 m3 COSMÉTICOS: 760m3
40			¿Tiene sistema de generación de frío? (Cuál, Uso, Capacidad, Consumos)	Sí, 3 Chiller de 40 TON de refrigeración.
41		Redes Hidráulicas	¿Las redes hidráulicas se encuentran separadas? (potable, residual, pluvial)	Sí, se cuenta con separación de redes
42			¿Plano de redes hidráulicas (pluviales, industriales y domésticas)?	(Anexo 4). Planos de las redes y sistema de agua
43	VALORES DE MERCADO	Costos Unitarios Servicios Industriales y Manejo de Residuos	Describa costos de potabilización de agua (abastecimiento (acueducto y/o captación), tratamiento (potabilización, materia prima), distribución)	Costo por acueducto: \$9.200 pesos/m3.

ÍTEM	TEMA	SUB-TEMA	PREGUNTAS	RESPUESTAS/OBSERVACIONES/ ANEXO
44			¿Cuál es el costo kW-h de la energía eléctrica?	FARMA: \$606 Pesos kWh COSMÉTICOS: \$750 kWh
45			Impuestos por uso de agua y/o vertimientos de agua (¿cuáles?)	Tasa de uso - tasa retributiva.
46	INDICADORES	Ecoíndices Ambientales	Describe los indicadores relacionados con el agua y el agua residual (cantidades de uso de recurso o de intensidad de uso de recursos)	Indicador comportamiento consumo de agua vs unidades fabricadas (mes)

Nota Esta tabla es la matriz de diagnóstico inicial para la gestión integral del agua – Cuadro de elaboración de las autoras de la investigación.

- Evaluación aspectos ambientales. Teniendo en cuenta que esta investigación se realizó con un laboratorio farmacéutico de la ciudad de Bogotá, se logró obtener los siguientes registros fotográficos

Figura 4

Estado actual de los medidores



Figura 5. (Continuación)

SITUACIÓN ACTUAL	Paso de H ₂ O	Paso de H ₂ O	Paso de H ₂ O
MEDICIONES	No hay posibilidad de hacer lectura	No hay posibilidad de hacer lectura Lectura medidor de red día 10/05/23 (5:45 pm): 9363,3 m ³ Lectura medidor de red día 11/05/23 (9:00am) : 9363,3 m ³	Posibilidad de hacer lectura Lectura medidor de red día 10/05/23 (5:45 pm): 124418,47 m ³ Lectura medidor de red día 11/05/23 (9:00am) : 124418,49 m ³

Nota Esta imagen muestra el estado actual de los medidores en una planta farmacéutica de Bogotá - Foto tomada por las autoras de la investigación

b. Complementarios

- Estado actual proyecto PTARI, con un avance del 69% en equipos y obra civil 99%.
- Diseño PTARI, cumplimiento de vertimiento estándares de calidad definido por la IFC en THE GENERAL EHS GUIDELINES FOR PHARMACEUTICALS.

Figura 6

Diseño PTARI



Nota Esta imagen muestra una planta de tratamiento de aguas residuales de una planta farmacéutica de Bogotá - Foto tomada por las autoras de la investigación

Figura 7

Tanque de almacenamiento de Agua Potable:



Nota Esta imagen muestra el estado actual del tanque de almacenamiento de agua potable en una planta farmacéutica de Bogotá - Foto tomada

No se cuenta con la capacidad de almacenamiento requerido para un día de producción.
La red no tiene medidor de agua de entrada y salida.

Figura 8

Sistema bombeo red contra incendio (RCI):



Nota Esta imagen muestra el estado actual del sistema de bombeo red contra incendio (RCI) en una planta farmacéutica de Bogotá - Foto tomada por las autoras de la investigación

No se cuenta con un tanque independiente para almacenar agua de la RCI. El sistema de bombeo de RCI no se ha probado

c. Proyección de costo Acueducto y Alcantarillado

Tabla 4

Proyección de Costo Acueducto y Alcantarillado

Planta Farmacéutica	
Volumen Agua Producción (m ³ /mes)	305
Volumen Agua Doméstica (m ³ /mes)	1521
Volumen Agua Total Requerida (m ³ /mes)	1826
Precio/m ³ Acueducto y Alcantarillado Público	\$10.000
Costo Mensual (Precio)	\$18.261.361

Nota Esta Tabla muestra el consumo y el precio actual del agua en metros cúbicos información extraída del recibo de acueducto y alcantarillado - cuadro de elaboración propia.

4.2.2 Actividades prioritarias iniciales

Tabla 5

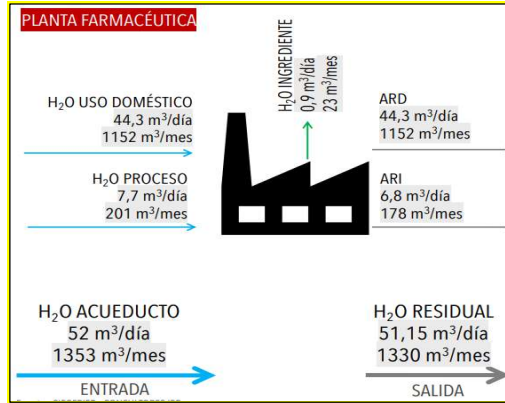
Actividades prioritarias iniciales

Aspecto	Hallazgo	Actividad prioritaria
Mediciones consumo de agua	El instrumento de medición de consumo de agua no permite hacer lectura de m ³	<ul style="list-style-type: none"> • Instalar medidor mecánico entrada y salida tanque de almacenamiento de agua potable, planta farmacéutica. • Instalar medidor mecánico en el sistema de agua purificada • Instalar medidor mecánico en la red de distribución del casino.
Toma lectura consumo de agua	No se evidencia la toma de lectura del consumo de agua diario.	<ul style="list-style-type: none"> • Iniciar la toma de lectura diaria del medidor de acueducto de la plata.
Cuestionario ambiental	Se encuentra 100% desarrollado	<ul style="list-style-type: none"> • No aplica
Información técnico ambiental adicional	En el desarrollo de la vista se identifica información técnica adicional requerida	<ul style="list-style-type: none"> • Compilar información y enviarla a equipo IFC

Nota Esta Tabla muestra las actividades prioritarias iniciales respecto al consumo de agua y la medición de la misma - cuadro de elaboración propia.

Figura 9

Relación entre un aspecto ambiental y la unidad de producción

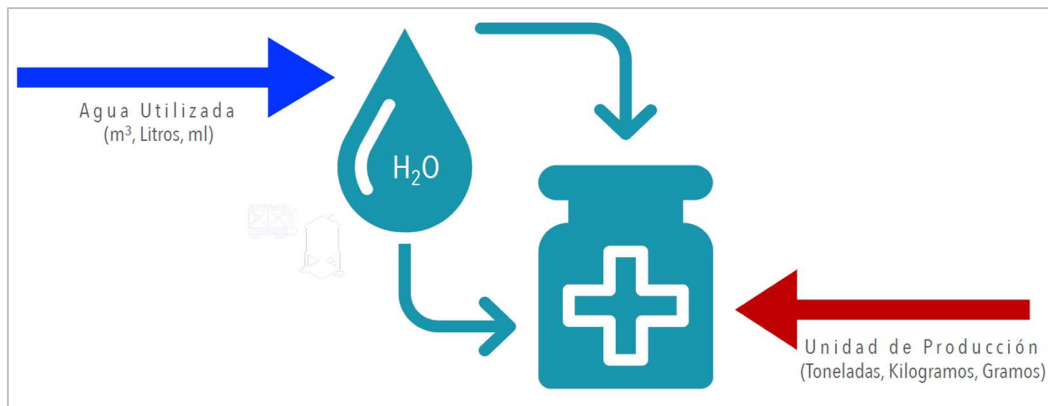


Nota Relación entre un aspecto ambiental y la unidad de producción: Agua Utilizada (m³, Litros, ml), Unidad de Producción (Toneladas, Kilogramos, Gramos)

a. Criterios iniciales Para determinar los KPI'S Hídricos

Figura 10

Criterios iniciales para determinar los KPI's hídricos



Nota Imagen de Construcción de ECO ÍNDICES, para determinar los KPI's Hidricos – Elaboración propia

4.2.3 Resultados indicadores

a. Consumo de Agua (Enero – Junio 2023)

Tabla 6*Aspectos consumo de agua*

Aspecto	Unidad	Farmacéutica
Producción promedio	Ton/mes	71,20
	Ton/día	2,73
Agua potable consumida	m ³ /mes	1353
	m ³ /día	52
Indicador agua potable	m3/Ton. Producida	19
Agua proceso	m ³ /mes	201
	m ³ /día	7,7
Indicador agua proceso	m3/Ton. Producida	2,8
Agua ingrediente	m ³ /mes	23
	m ³ /día	0,9

Nota Esta Tabla muestra los aspectos de consumo de agua en la producción de una planta farmacéutica en Bogotá - cuadro de elaboración propia.

Tabla 7*Indicador de costos consumo de agua*

	Aspecto	Unidad	Cantidad	
Indicador De Costo	Producción promedio	Ton/mes	79.646	
	Vr. Total agua	Precio/mes	\$ 52.394.626	
	Vr. Total agua	USD/mes	USD 12.475	
	Ind. Costo agua/producción	Precio/Ton. Producto		\$ 657,84
		USD/Ton. Producto		\$ 157

Nota. Esta Tabla muestra los Indicadore de costos consumo de agua de una planta farmacéutica en Bogotá - cuadro de elaboración propia.

Tabla 8*Opex consumo de agua*

	Aspecto	Unidad	Vr. Total (cop)	Vr. Total (usd)
Opex	Opex acueducto	Precio/mes	6.772.136,00	\$ 1,612
	Opex agua potable	Precio/mes	\$ 16.160.000	USD 3,848
	Opex agua proceso	Precio/mes	\$ 29.673.828	USD 7,065
	Opex agua ingrediente	Precio/mes	\$ 29.673.828	USD 7,065
	Opex total agua	Precio/mes	\$ 52.605.964	USD 12,525

Nota. Esta Tabla muestra el gasto total registrado en contabilidad del consumo de agua de una planta farmacéutica en Bogotá - cuadro de elaboración propia

Tabla 9 (Contenido)

	aspecto	unidad	cantidad	vr. total (cop)	vr. total (usd)	vr unitario (\$/m ³)	vr. total (usd/m ³)
Valor Unitario	Agua potable	m ³ /mes	1561	\$ 16.160.000	USD 3,848	\$ 10.352	USD 2,5
	Agua proceso	m ³ /mes	279	\$ 29.673.828	USD 7,015	\$ 105.600	USD 25
	Agua ingrediente	m ³ /mes	29	\$ 29.673.828	USD 7,065	\$ 1.015.498	USD 242
	Total			\$ 52.394.626	USD 12,475		

TRM 10/07/23: \$4200/USD

ACUEDUCTO JULIO: \$4648/m3

Nota. Esta Tabla muestra el valor unitario registrado en contabilidad del consumo de agua de una planta farmacéutica en Bogotá - cuadro de elaboración propia

b. Generación de agua residual doméstica e industrial (Enero – Junio 2023)

Tabla 10

Aspectos generación de agua residual doméstica e industrial

Aspecto	Unidad	Farmacéutica
Producción promedio	Ton/mes	71,2
	Ton/día	2,73
Agua residual industrial	m ³ /mes	178
	m ³ /día	6,8
Agua residual doméstica	m ³ /mes	1152
	m ³ /día	44
Ind. Ari	m³/Ton. Producida	2,5
Ind. Ard	m³/Ton. Producida	16,2
Dqo ARI – muestreo IFC	g/m ³	4110
Carga contaminante	Kg/mes	732
	Kg/día	28
Ind. Contaminación ARI	Kg DQO/Ton. Producida	10,27

Nota. Esta Tabla muestra los indicadores de agua residual doméstica e industrial del de una planta farmacéutica en Bogotá - cuadro de elaboración propia.

Tabla 11*Indicador de costos generación de agua residual doméstica e industrial*

	Aspecto	Unidad	Cantidad	
Indicador De Costo	Producción promedio	Ton/mes	79.646	
	Vr. Total ARI	\$/mes	\$ 27.998.225	
	Vr. Total ARI	USD/mes	USD 6.666	
	Ind. Costo ARI/producción	\$/Ton. Producto		\$ 351,53
		USD/Ton. Producto		USD 84

Nota. Esta Tabla muestra los indicadores de costos generación de agua residual doméstica e industrial de una planta farmacéutica en Bogotá - cuadro de elaboración propia.

Tabla 12*Opex generación de agua residual doméstica e industrial*

	Aspecto	Unidad	Vr. Total (cop)	Vr. Total (usd)
OPEX	Opex Alcantarillado ARI	\$/mes	\$ 1.238.000	USD 295
	Opex ARI	\$/mes	\$ 26.760.225	USD 6,371
	Opex Total ARI	\$/mes	\$ 27.998.225	USD 6,666

Nota. Esta Tabla muestra el gasto total registrado en contabilidad de generación de agua residual doméstica e industrial de una planta farmacéutica en Bogotá - cuadro de elaboración propia.

Tabla 13*Valor unitario generación de agua residual doméstica e industrial*

Valor Unitario	Aspecto	Unidad	Cantidad	Vr. Total (cop)	Vr. Total (usd)	Vr unitario (\$/m ³)	Vr. Total (usd/m ³)
	Vertimiento alcantarillado	m ³ /mes	250	\$ 1.238.000	USD 295	\$ 4,95	USD 1,2
	OPEX ARI	m³/mes	250	\$ 26.760.225	USD 6,371	\$ 107,04	USD 25

TRM: \$4200/USD
ACUEDUCTO: \$4952/m ³

Nota. Esta Tabla muestra el valor unitario de la generación de agua residual doméstica e industrial de una planta farmacéutica en Bogotá - cuadro de elaboración propia.

c. Costo de agua residual industrial (Enero – Junio 2023)

Tabla 14

Costos de agua residual industrial

Aspecto	Unidad	Cantidad
Producción promedio	Ton/mes	79.646
Agua residual doméstica	m³/mes	1.311
Vr. Vactor	\$/mes	\$ 3.000.000
\$/Alcantarillado ard	\$/m³	\$ 4,95
Vr. Alcantarillado ard	\$/mes	\$ 6.492.072
Vr. Total ard	\$/mes	\$ 9.492.072
Vr. Total ard	USD/mes	USD 2.260
Ind. Costo ard/producción	\$/Ton. Producto	\$ 119,18
	USD/Ton. Producto	USD 28

Nota. Esta Tabla muestra el costo total de la generación de agua residual doméstica e industrial de una planta farmacéutica en Bogotá - cuadro de elaboración propia.

Tabla 15

Indicador de costos de agua residual industrial

	Aspecto	Unidad	Cantidad
Indicador De Costo	Producción Promedio	Ton/mes	79.646
	Vr. Total ARI	\$/mes	\$ 27.998.225
	Vr. Total ARI	USD/mes	USD 6.666
	Ind. Costo	\$/Ton. Producto	\$ 351,53
	ARI/Producción	USD/Ton. Producto	USD 84

Nota. Esta Tabla muestra el indicador de costo total de la generación de agua residual industrial por tonelada producida de una planta farmacéutica en Bogotá - cuadro de elaboración propia.

Tabla 16

Opex de costos de agua residual industrial

	aspecto	unidad	vr. total (cop)	vr. total (usd)
OPEX	Opex Alcantarillado ARI	\$/mes	\$ 1.238.000	USD 295
	Opex ARI	\$/mes	\$ 26.760.225	USD 6,371
	Opex Total ARI	\$/mes	\$ 27.998.225	USD 6,666

Nota. Esta Tabla muestra el gasto total registrado en contabilidad de generación de agua residual industrial de una planta farmacéutica en Bogotá - cuadro de elaboración propia.

Tabla 17*Valor unitario de costos de agua residual industrial*

Valor Unitario	Aspecto	Unidad	Cant.	Vr. Total (cop)	Vr. Total (usd)	Vr unitario (\$/m ³)	Vr. Total (usd/m ³)
	Vertimiento Alcantarillado	m ³ /mes	250	\$ 1.238.000	USD 295	\$ 4,95	USD 1,2
OPEX ARI	m³/mes	250	\$ 26.760.225	USD 6,371	\$ 107,04	USD 25	

TRM: \$4200/USD
ACUEDUCTO: \$4952/m3

Nota. Esta Tabla muestra el valor unitario de la generación de agua residual industrial de una planta farmacéutica en Bogotá - cuadro de elaboración propia.

d. Costo de agua residual doméstica (Enero – Junio 2023)

Tabla 18*Aspecto de costos de agua residual doméstica enero-junio 2023*

Aspecto	Unidad	Cantidad
Producción promedio	Ton/mes	79.646
Agua residual doméstica	m ³ /mes	1.311
Vr. Vactor	\$/mes	\$ 3.000.000
\$/Alcantarillado Ard	\$/m ³	\$ 4,95
Vr. Alcantarillado Ard	\$/mes	\$ 6.492.072
Vr. Total Ard	\$/mes	\$ 9.492.072
Vr. Total Ard	USD/mes	USD 2.260
Ind. Costo ARD/producción	\$/Ton. Producto	\$ 119,18
	USD/Ton. Producto	USD 28

Nota. Esta Tabla muestra el costo total de los periodos de enero a junio del 2023 de la generación de agua residual doméstica de una planta farmacéutica en Bogotá - cuadro de elaboración propia.

e. Costo de agua+ ARI + ARD (Proyectado)

Tabla 19

Indicador costo de Agua ARI+ARD /proyectado)

Ind. Costo agua	Ind. Costo	Ind. Costo	Ind. Costo agua global
	Agua residual industrial	Agua residual doméstica	
\$657.000 /Ton. Producto	\$351.533 /Ton. Producto	\$119.178 /Ton. Producto	\$1.127.711 /Ton. Producto
USD 157/Ton. Producto	USD 84/Ton. Producto	USD 28/Ton. Producto	USD 269/Ton. Producto

Nota. Esta Tabla muestra el indicador proyectado del costo total por tonelada producida del consumo de agua y la generación de agua residual doméstica e industrial (ARD, ARI) de una planta farmacéutica en Bogotá - cuadro de elaboración propia.

Tabla 20

Costo unitario de Agua ARI+ARD /proyectado)

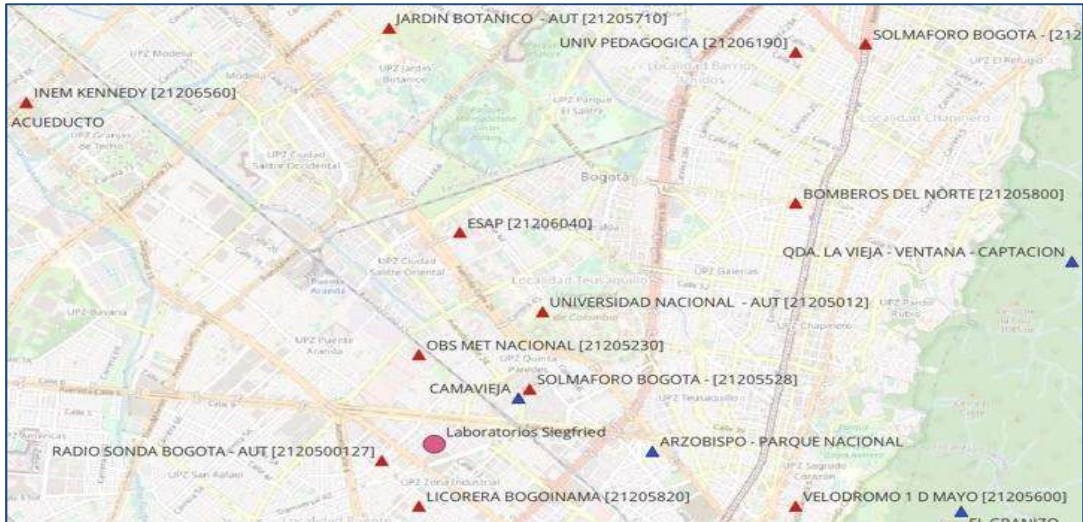
Costo unitario agua	Costo unitario agua residual industrial	Costo unitario agua residual doméstica	Costo unitario agua global
\$115.952 /m3	\$111.993 /m3	\$7240,3 /m3	\$235.185,3 /m3
USD 157/m3	USD 26,2/m3	USD 1,72/m3	USD 184,92/m3

Nota. Esta Tabla muestra el valor unitario proyectado del consumo de agua y la generación de agua residual doméstica e industrial de una planta farmacéutica en Bogotá - cuadro de elaboración propia.

4.2.4 Análisis hidrológico nueva planta

Figura 11

Ubicación estaciones hidro climatológicas en el área de estudio.

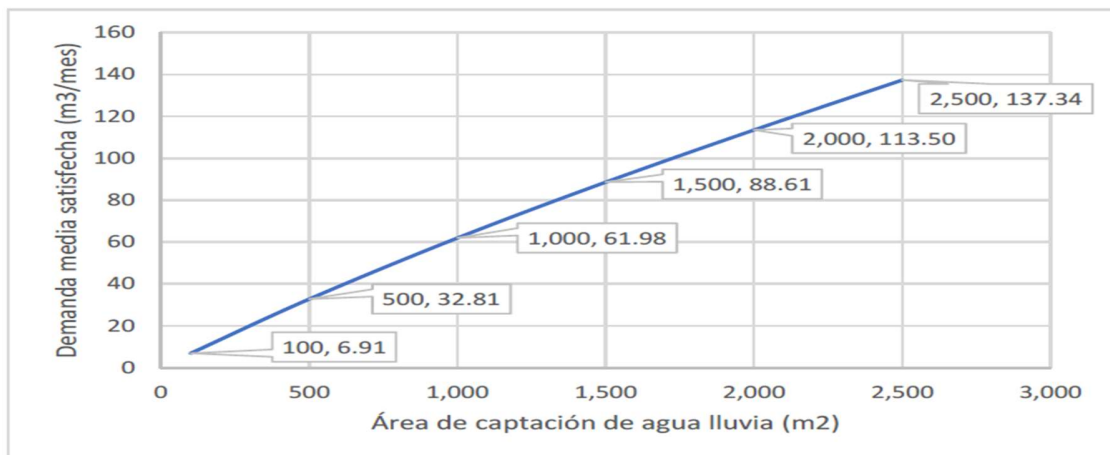


Nota. Esta imagen muestra la ubicación de estaciones hidro climatológicas en el área de estudio - Tomada de Google maps

Figura 12

Precipitación anual/ precipitación diaria

- PRECIPITACIÓN ANUAL: 960 mm - PRECIPITACIÓN DIARIA: 2,60 MM



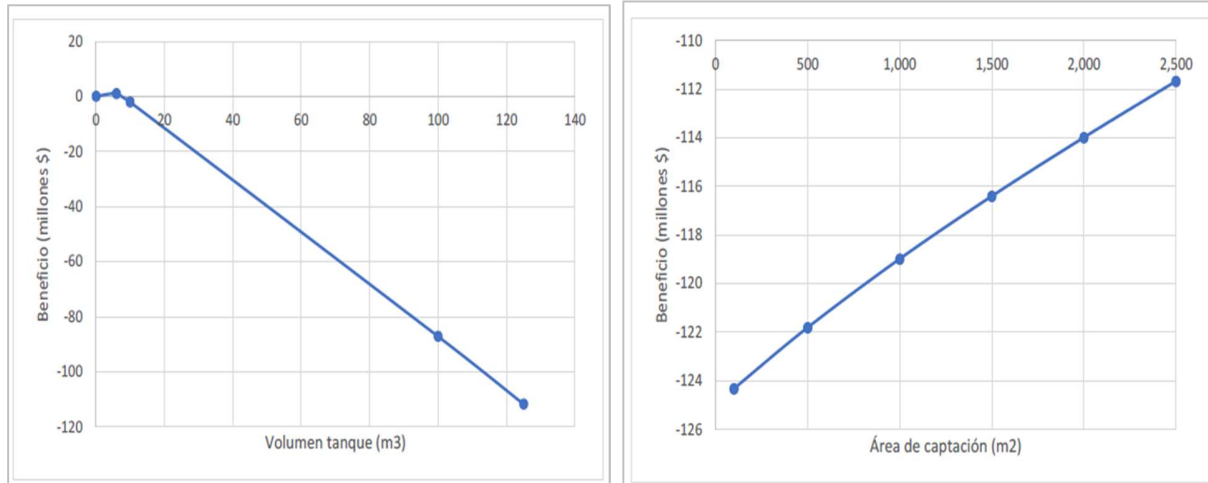
PRECIPITACIÓN ANUAL (mm)	960
PRECIPITACIÓN DIARIA	2,60
SUPERFICIE DE CAPTACIÓN (m²)	2500
VOLUMEN AGUA CAPTADA (m³/mes)	175,5
DEMANDA AGUA DOMÉSTICA MENSUAL ESTIMADA (m³/mes)	1050 - 1150

Nota. Elaboración propia

4.2.5 Análisis técnico -financiero

Figura 13

Análisis financiero técnico



Nota. Esta imagen muestra el análisis financiero técnico de captación y almacenamiento de las aguas lluvias para utilización de una planta farmacéutica en Bogotá – imagen de elaboración por las autoras de la investigación.

- Construcción del tanque de almacenamiento (asumida en \$1.000.000/m³) y el tratamiento del agua lluvia para poderla emplear en ciertos usos domésticos (asumida en \$3.000/m³)
- La estimación de beneficios se realiza considerando un período de 10 años y una tasa anual de 13%, valores admisibles para un análisis preliminar, como el aquí realizado, en el que los beneficios corresponden al valor presente neto.
- Dentro de este flujo se tiene en el año 0 el costo del tanque y en los 10 años siguientes, los beneficios que genera el agua lluvia captada, los que son de \$1.491/m³.
- El valor del tanque, el cual es positivo para tanques de hasta 7 m³. Para valores superiores los beneficios son negativos, es decir, los costos superan los ahorros.
- Al aumentar las áreas de captación disminuyen los perjuicios, no llegando a generar beneficios, aún para el área máxima de captación de 2.500 m².
- Financieramente no se justifica el uso de las aguas lluvias, sólo los criterios ambientales y de sostenibilidad del recurso hídrico pueden soportar los costos en que se incurre al utilizar el recurso hídrico de las aguas lluvias y también el de dar otro uso diferente a las aguas pluviales, como lo es el del surtir el tanque contraincendios, el cual requiere un almacenamiento independiente del tanque para consumo doméstico.

- Al considerar este uso, en una primera aproximación el tanque contraincendios debe tener un volumen de 125 m³, por lo que se recomienda este volumen mínimo para dimensionamiento del tanque.

4.2.6 Gestión eficiente del H₂O – GEA mediano plazo

- Trabajar en producción más limpia, reduciendo la carga contaminante
- Realizar mediciones de DQO en medicamentos
- Socializar en el área de producción el impacto que tiene el envío de residuo puro de medicamentos
- Definir metas para el año 2024 indicadores de acuerdo con la línea base del año 2023
- Hacer pruebas de tratabilidad de ARI
- Hacer muestreos compuestos diarios (24 horas) de variables representativas de ARI (pH, DQO, SST, DBO SEMANAL)
- Continuar con la lectura diaria de macromedidores & micromedidores de H₂O – línea base
- Instalar medidores para continuar micromedición (Línea de agua vapor & frío)
- Legalizar los pendientes (sancionatorios vertimientos, funcionamiento PTARI, consumo de acueducto/alcantarillado EAAB)

4.3 Energía

La planificación estratégica en la construcción de una planta farmacéutica y el desarrollo de un programa de eficiencia de recursos energéticos no solo son esenciales, sino también imperativos en la actualidad. En un mundo donde la demanda de medicamentos y productos farmacéuticos es creciente, la necesidad de establecer instalaciones eficientes, sostenibles y que minimicen su impacto ambiental se vuelve fundamental.

Un diagnóstico bien diseñado no solo se enfoca en la viabilidad y rentabilidad del proyecto, sino que también considera la optimización de recursos, la reducción de costos operativos y la implementación de tecnologías innovadoras para garantizar la producción de medicamentos de calidad. La industria farmacéutica enfrenta desafíos ambientales significativos

debido al consumo intensivo de energía, agua y materiales. Por ello, la incorporación de un programa de eficiencia energética en la construcción de la planta es crucial para minimizar su huella ecológica y contribuir a la sostenibilidad.

La eficiencia en el uso de los recursos energéticos no solo impacta positivamente en el medio ambiente, sino que también tiene beneficios económicos a largo plazo. Reducir el consumo de energía no solo disminuye los costos operativos, sino que también mejora la imagen de la empresa, cumpliendo con las demandas de una sociedad cada vez más consciente del impacto ambiental de las industrias.

En este contexto, un diagnóstico que aborde específicamente la eficiencia de los recursos energéticos en la construcción de una planta farmacéutica no solo es una opción deseable, sino una necesidad imperativa para garantizar la competitividad, la sostenibilidad y el cumplimiento de estándares ambientales en la industria farmacéutica moderna

Como parte del proyecto y del proceso de mejora de los recursos naturales, las compañías farmacéuticas deben de invertir en sus plantas físicas con el fin de que se haga un mejor uso de la energía y como esta se puede potencializar con el fin de mejorar los procesos y disminuir los costos.

Es por esto que implementar un plan de mejora en recursos energéticos es importante por las siguientes razones:

4.3.1 Reducción de costos

Realizar mejoras en recursos energéticos no solo impacta positivamente en la rentabilidad y competitividad, sino que también cumple con regulaciones, muestra responsabilidad corporativa y contribuye a una operación más sostenible y estable.

- Una eficiencia energética puede impactar en el coste del producto terminado, pues se deben de incurrir en costos para la implementación de tecnologías más eficientes; pero al pasar del tiempo se presentarán una reducción de costos operativos al disminuir el consumo de energía es muy importante, para este tipo de proyectos. Para una planta farmacéutica, donde los procesos pueden ser intensivos en consumo energético, optimizar su uso puede generar ahorros significativos a largo plazo.

- En un mercado altamente competitivo como el farmacéutico, la reducción de costos puede mejorar la posición de la empresa al permitir precios más competitivos para sus productos. Esto puede ser clave para ganar cuota de mercado y mantenerse a la par o por delante de la competencia.
- La reducción de costos contribuye a la sostenibilidad financiera a largo plazo de la planta farmacéutica. Al disminuir los gastos operativos, se mejora la rentabilidad y se crea una base más sólida para la inversión futura en investigación, desarrollo y expansión.
- En muchos casos, mejorar la eficiencia energética puede estar alineado con regulaciones gubernamentales sobre el uso de recursos y sostenibilidad. La reducción de costos puede ayudar a cumplir con estas regulaciones sin sacrificar la calidad del producto.
- La optimización de recursos energéticos puede mejorar la estabilidad operativa al reducir la dependencia de recursos costosos o de suministro incierto. Esto puede asegurar un suministro constante de energía, crucial para el funcionamiento continuo de una planta farmacéutica.

4.3.2 Sostenibilidad ambiental

La reducción del consumo de energía contribuye a la disminución de emisiones de gases de efecto invernadero y otros impactos ambientales negativos. Esto ayuda a la planta farmacéutica a cumplir con regulaciones ambientales, minimizar su huella de carbono y mejorar su imagen como empresa comprometida con la sostenibilidad.

- La responsabilidad social para las compañías farmacéuticas, tienen una gran importancia e impacto demasiado importante, pues es considerable debido a su impacto en la salud pública y el medio ambiente. Adoptar prácticas sostenibles demuestra un compromiso con la sociedad y el entorno en el que operan.

- La industria farmacéutica puede generar residuos peligrosos y consumir grandes cantidades de recursos. La implementación de mejoras energéticas y prácticas sostenibles puede reducir significativamente este impacto, disminuyendo la huella de carbono, el uso de agua y la generación de residuos.
- Las regulaciones ambientales y de sostenibilidad están en constante evolución. Las empresas deben adaptarse a estas normativas para evitar sanciones legales y mantener su licencia para operar.
- Las empresas que adoptan prácticas sostenibles a menudo son vistas de manera más favorable por los consumidores, inversionistas y la comunidad en general. Esto puede fortalecer la reputación de la empresa y generar lealtad entre los clientes.
- La búsqueda de la sostenibilidad en la industria farmacéutica fomenta la innovación en tecnologías más limpias, eficientes y sostenibles. Esto puede mejorar la posición competitiva de la empresa en el mercado al tiempo que impulsa avances tecnológicos.

4.3.3 Cumplimiento normativo

En muchos lugares, existen regulaciones y normativas relacionadas con la eficiencia energética y el uso responsable de recursos. Implementar un plan de mejora energética no solo ayuda a cumplir con estas regulaciones, sino que también puede otorgar incentivos o beneficios fiscales por adoptar prácticas más sostenibles.

- Las regulaciones en la industria farmacéutica están diseñadas para garantizar la seguridad y calidad de los productos fabricados. El incumplimiento normativo podría comprometer la integridad de los medicamentos producidos, poniendo en riesgo la salud de los pacientes.

- El incumplimiento de normativas puede resultar en consecuencias legales significativas, incluyendo multas, sanciones económicas e incluso acciones legales que podrían afectar la reputación y la viabilidad financiera de la empresa.
- Las regulaciones también se enfocan en la sostenibilidad ambiental. En un proyecto de mejora energética, seguir las normativas asegura que las prácticas sean respetuosas con el medio ambiente, minimizando el impacto negativo en términos de residuos, emisiones y consumo de recursos naturales.
- Las normativas suelen incluir estándares y mejores prácticas que fomentan la eficiencia energética y la optimización de recursos. Seguir estas pautas no solo garantiza el cumplimiento, sino que también puede conducir a ahorros significativos a largo plazo en costos operativos.

4.3.4 Mejora de la reputación y relaciones con stakeholders:

Las empresas que demuestran un compromiso con la sostenibilidad y la eficiencia energética tienden a tener una mejor reputación entre los consumidores, inversores y la comunidad en general. Esto puede generar relaciones más sólidas con stakeholders y consumidores conscientes de su impacto ambiental.

- Mejorar la eficiencia energética muestra un compromiso con la sostenibilidad y el cuidado del medio ambiente, lo que puede mejorar la percepción pública de la empresa.
- La RSC se ha vuelto esencial para las empresas. Mostrar un compromiso con la sostenibilidad y el cuidado del medio ambiente a través de mejoras en la eficiencia energética demuestra un comportamiento ético y responsable.

- La mejora de la eficiencia energética puede estar relacionada con regulaciones gubernamentales y normativas ambientales. Mantener buenas relaciones con los stakeholders puede facilitar la adaptación a cambios regulatorios y ayudar en la implementación efectiva de las mejoras.

4.3.5 Resiliencia y seguridad energética:

Al optimizar el uso de recursos energéticos, la planta farmacéutica se vuelve menos vulnerable a posibles fluctuaciones en el suministro energético o a aumentos imprevistos en los costos de la energía, lo que mejora su resiliencia operativa.

- Las plantas farmacéuticas requieren un suministro de energía confiable y constante para operar de manera efectiva. La resiliencia energética garantiza que, incluso ante interrupciones o fluctuaciones en el suministro eléctrico, la planta pueda seguir funcionando sin comprometer la calidad ni la seguridad de los productos farmacéuticos.
- La seguridad energética asegura que los sistemas críticos de la planta, como los de refrigeración, almacenamiento y fabricación, funcionen de manera estable. Cualquier interrupción en estos sistemas debido a fallas energéticas podría comprometer la calidad de los productos farmacéuticos, poniendo en riesgo la salud de los consumidores.
- Mejorar los recursos energéticos en una planta farmacéutica puede implicar la implementación de tecnologías más eficientes, como sistemas de energía renovable o equipos más modernos y menos consumidores de energía. Esto no solo ayuda a reducir costos a largo plazo, sino que también contribuye a la sostenibilidad ambiental al disminuir la huella de carbono de la planta.
- En muchos países, existen regulaciones y normativas estrictas en cuanto a la seguridad y la calidad de los productos farmacéuticos. La resiliencia y seguridad energética son consideradas aspectos fundamentales para cumplir con estas normativas y asegurar que la planta opere dentro de los estándares requeridos.

- Las interrupciones en la producción debido a problemas energéticos pueden generar costos significativos y afectar la reputación de la planta farmacéutica. Garantizar la resiliencia energética ayuda a reducir estos riesgos financieros y protege la reputación de la empresa.

4.3.6 Hallazgos

a. Información de consumo:

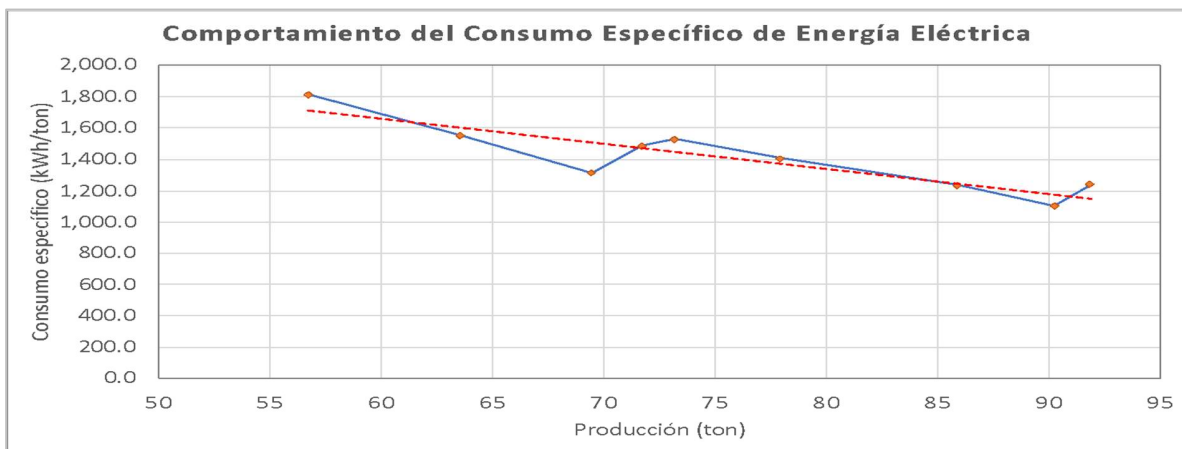
Consumo Anual: 2,439,828 kWh

Facturación anual: 1,571.25 E+6 COP (377,099.81 USD)

Costo unitario: 644 COP/kWh (0.15456 USD/kWh)

Figura 14

Comportamiento de consumo específico de energía eléctrica



Nota. Esta imagen muestra el comportamiento de consumo específico de energía eléctrica de una planta farmacéutica en Bogotá – imagen de elaboración por las autoras de la investigación.

Tabla 21

Estadísticas del consumo de Energía Eléctrica

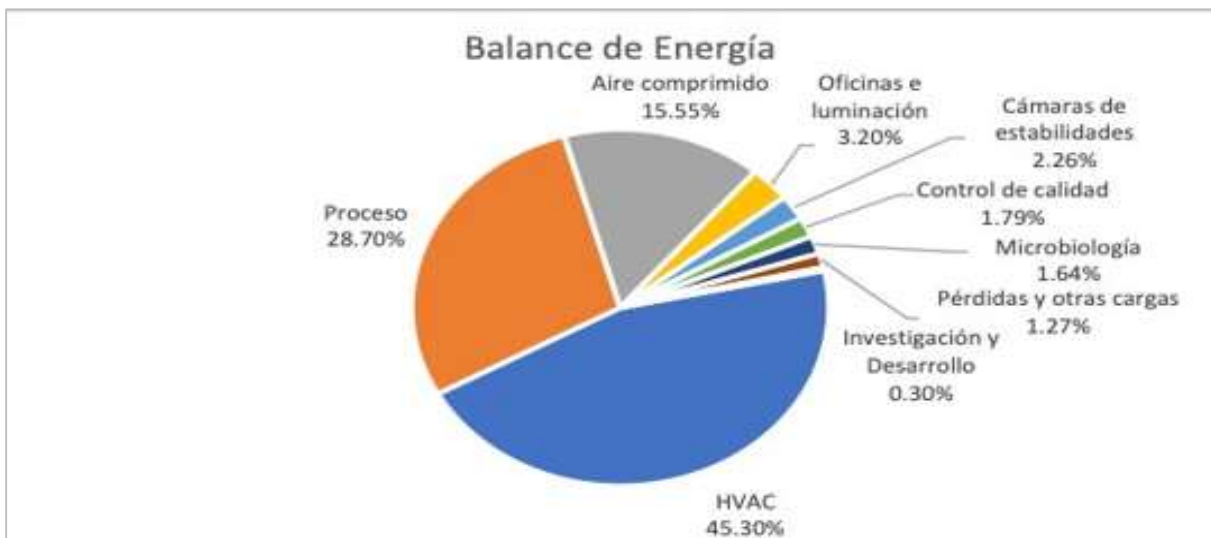
Estadísticas				
Variable		Promedio	Desv.Est.	Dispersión
Producción	ton/mes	75.60	11.99	15.86%
Consumo	kWh/mes	203,319	7,884	3.88%
Consumo variable	kWh/mes	104,709	7,156	6.83%
Consumo específico	kWh/ton	1,412	212	14.99%

Nota Esta Tabla muestra las estadísticas del consumo de energía eléctrica actual de una planta farmacéutica en Bogotá - cuadro de elaboración propia.

b. Balance de Energía Eléctrica:

Figura 15

Balance de energía eléctrica

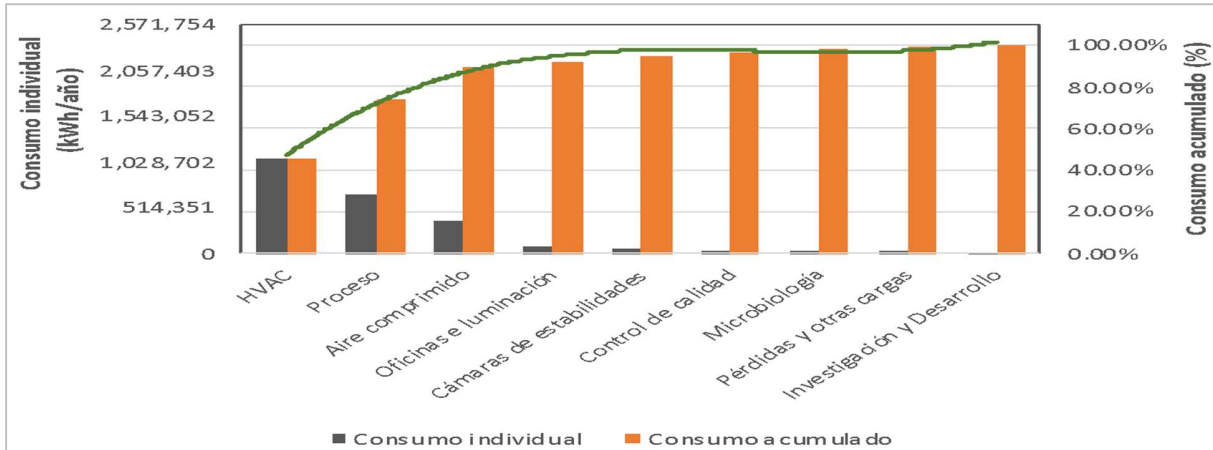


Nota. Esta imagen muestra el balance del consumo de energía eléctrica de una planta farmacéutica en Bogotá – imagen de elaboración por las autoras de la investigación.

c. Pareto de Consumo de Energía Eléctrica:

Figura 16

Pareto de consumo de energía eléctrica



Nota. Esta imagen muestra el Pareto de consumo de energía eléctrica de una planta farmacéutica en Bogotá – imagen de elaboración por las autoras de la investigación.

d. Subestación Eléctrica:

Capacidad:	1,200 kVA
Demanda promedio de potencia:	271.11 kW
Factor de potencia promedio:	0.95
Demanda promedio aparente:	284.42
Factor de carga del transformador:	23.7%

4.3.7 Proyecto paneles solares

La introducción de paneles solares en la industria farmacéutica representa un avance significativo hacia la sostenibilidad y la reducción de la huella ambiental en un sector crucial para la salud pública. La adopción de energía solar en este campo tiene el potencial de generar múltiples beneficios, tanto a nivel económico como medioambiental, al tiempo que refuerza la responsabilidad social corporativa de las empresas farmacéuticas.

Tradicionalmente, la industria farmacéutica ha sido intensiva en el consumo de energía, con instalaciones que requieren un suministro eléctrico constante y considerable. La integración de paneles solares ofrece una alternativa sostenible y renovable para satisfacer una parte significativa de estas necesidades energéticas.

La inversión en sistemas de energía solar fotovoltaica permite a las empresas farmacéuticas reducir su dependencia de fuentes de energía no renovables, mitigar los costos operativos a largo plazo y, al mismo tiempo, disminuir la emisión de gases de efecto invernadero y otros contaminantes asociados con la generación de energía convencional.

La aplicación de paneles solares en instalaciones farmacéuticas no solo contribuye a la optimización de recursos y al cumplimiento de objetivos de sostenibilidad, sino que también puede aumentar la resiliencia operativa. La capacidad de generar energía propia puede ofrecer una mayor estabilidad en el suministro eléctrico, reduciendo la vulnerabilidad ante cortes o fluctuaciones en la red eléctrica tradicional.

Además, la adopción de energía solar en la industria farmacéutica refuerza la imagen de las compañías como líderes comprometidos con la protección del medio ambiente y la salud pública. Esto puede mejorar su reputación y posicionamiento en un mercado cada vez más orientado hacia la responsabilidad corporativa y la sostenibilidad.

La adopción de paneles solares en la industria farmacéutica marca un importante paso hacia la sostenibilidad, demostrando un compromiso con la eficiencia energética y el respeto por el medio ambiente. Esta transición no solo impulsa beneficios económicos a largo plazo, sino que también refuerza la imagen de la empresa como un agente responsable y comprometido con un futuro más sostenible, para hablar un poco del tema a continuación se muestra información sobre los paneles y placas solares que las plantas farmacéuticas quieren implementar para reducir el consumo de energía.

a. ¿Qué son las placas solares?

Las placas solares un dispositivo de captación de radiación solar y es capaz de transformarla en calor para el uso de aguas residenciales (colector solar) o en la electricidad para la alimentación de los consumos energéticos de una vivienda o comercio (panel solar fotovoltaico). Su fabricación se basa en células fotovoltaicas de silicio.

El sector de la energía solar ha ido creciendo en la última década y su implementación se ha hecho muy popular entre la población. El uso de la radiación solar como fuente de energía renovable e infinita ha hecho que la investigación en sistemas fotovoltaicos haya ido avanzando hasta perfeccionarla con la tecnología que tenemos hoy en día.

b. ¿Qué son las placas solares? Principios básicos

Un panel solar es un dispositivo que aprovecha la energía del sol para generar calor o electricidad. Según estos dos fines podemos distinguir entre colectores solares, que producen agua caliente (generalmente de uso doméstico) utilizando la energía solar térmica, y paneles fotovoltaicos, que generan electricidad a partir de la radiación solar que incide sobre las células fotovoltaicas del panel.

Cuando se realiza la pregunta “¿Qué son las placas solares?”, generalmente se busca la respuesta referida a los paneles fotovoltaicos. Es decir, a los que generan electricidad para alimentar los consumos de una vivienda, un comercio e, incluso, de una industria. A pesar de esto vamos a explicar brevemente ambos tipos de paneles solares.

En el colector o captador solar hay un líquido que absorbe la radiación solar en forma de calor, este líquido pasa posteriormente a un compartimento de almacenamiento de calor. Los paneles constan de una placa receptora y unos conductos por los que circula dicho líquido. El líquido caliente se hace pasar a un intercambiador de calor, donde cede su calor calentando el agua de posterior uso doméstico. Cuando sale del intercambiador de calor el líquido está frío y se recircula de nuevo al colector solar.

c. ¿Qué es un panel solar fotovoltaico?

Los paneles solares fotovoltaicos constan de multitud de celdas, llamadas células fotovoltaicas, que convierten la radiación solar en electricidad. Se genera electricidad debido al efecto fotovoltaico que provoca la energía solar (fotones), generando cargas positivas y negativas en dos semiconductores próximos de distinto tipo, lo que genera un campo eléctrico que producirá corriente eléctrica.

Aunque ya hayamos contestado de forma general a la pregunta “¿Qué son las placas solares?” Vamos a entrar un poco más en detalle, ya que acabamos de introducir el término células fotovoltaicas, que al fin y al cabo son su componente principal.

e. ¿Qué son las placas solares? ¿Y sus células fotovoltaicas?

Cómo hemos dicho, las células solares son un elemento clave en la composición de un panel solar, pero hay diferentes tipos de células que ofrecen un rendimiento diferente. Es necesario que las conozcas pues según el tipo de instalación que necesites tendrás que contar con una célula diferente.

El silicio es el material que se usa para el desarrollo de todos los tipos de células. Se trata de un material semiconductor que es químicamente estable y duradero, lo que hace que sea resistente a la degradación ante factores como la humedad y la radiación solar.

Una vez sabemos esto, ya podemos hacer la diferenciación entre los diferentes tipos de células:

- *Células de silicio monocristalino*: constituido por un solo cristal de grandes dimensiones que es cortado en finas láminas, generalmente de azul uniforme. Son las más avanzadas, el coste de fabricación es superior y proporcionan un superior rendimiento bajo determinadas condiciones.

- *Células de silicio policristalino*: están constituidas por varios cristales, tienen un color azul no uniforme, aunque las últimas técnicas de fabricación ya otorgan de mayor uniformidad al aspecto de la célula.

- *Células de silicio amorfo*: no está formada por cristales. Es la más barata pero también las que menores rendimientos ofrecen, se utilizan, por ejemplo, en dispositivos como calculadoras o relojes y tienen la particularidad de que pueden producir electricidad (en poca cantidad) aunque no estén expuestas directamente a la radiación solar de manera perpendicular.

A priori, parece que las células fotovoltaicas de silicio monocristalino son la mejor opción, pero recuerda que siempre debes de dejarte aconsejar por los profesionales para que tu instalación cumpla con la cobertura de tus necesidades.

e. ¿Qué es un panel solar? Otros componentes

Además de las células fotovoltaicas, las placas solares tienen otros componentes secundarios que conforman la totalidad del panel. Entre ellos hay que destacar las capas protectoras, tanto la delantera como la trasera, el marco de aluminio que tiene como tarea principal ensamblar y proteger todos los elementos. Por último, los conectores MC4 que sirven para conectar los paneles solares a al resto de la instalación fotovoltaica.

La capa protectora frontal es transparente y protege las células fotovoltaicas de humedad y polvo, entre otras cosas. Además, debe tener una alta transmitancia para permitir que la luz solar pase a través de él. Sobre ella, recae una capa antirreflejante para reducir la pérdida de luz debido a la reflexión. La capa posterior tiene como objetivo la protección de las células y facilitar la recolección de corriente eléctrica producida.

El marco, es el soporte estructural de todas estas capas y se fabrica en aluminio resistente para ofrecer una protección contra golpes o daños mecánicos. Por último, tenemos los conectores MC4, que también son llamados terminal de salida, como que como hemos dicho tienen como objetivo la conexión de los paneles al resto del sistema. (Autosolar. s,f).

4.3.8 Certificación EDGE

En el análisis realizado a una planta farmacéutica para lograr que se certifique EDGE se evidencia lo siguiente:

Para poder optar a la certificación EDGE Advanced se requiere un porcentaje de ahorro energético del 40%, el proyecto logra esta certificación con la instalación de paneles solares.

Figura 17

Certificación EDGE



Nota. Esta imagen muestra el porcentaje de ahorro energético del 40% para obtener la certificación EDGE, de una planta farmacéutica en Bogotá – imagen de elaboración por las autoras de la investigación.

El presupuesto estimado para la renovación en sitio de paneles solares (Nueva Planta)

Tabla 22

Presupuesto estimado para la renovación de nueva planta

Consumo edificio kwh/mes	% Requerido	kwh	kwp	Paneles (unidad)	Área (m2)	Tarifa venta	Pasarelas, trabajo en altura, puesta a tierra	Valor Inversión S
96,000	10%	9,600	109	200	620		Recomiendan compra	900 millones de pesos
	26%	24,960	194	356	1.100	550/kwh		1.300 millones de pesos
	35%	33,600	382	700	2.200	550/kwh		2.000 millones de pesos

Nota. Esta Tabla muestra presupuesto estimado para la adquisición e instalación de Paneles solares en una planta farmacéutica en Bogotá - cuadro de elaboración propia.

5. CONCLUSIONES

A continuación, se establecen las conclusiones del Proyecto de Reducción de Energía y Gestión del Recurso Hídrico

5.1 Proyecto agua

- a. *Análisis integral de indicadores:* Se ha realizado un análisis exhaustivo de diversos indicadores asociados al recurso hídrico, incluyendo el consumo de agua, la producción media y parámetros de calidad como la DQO. Estos datos han proporcionado una visión detallada del uso del agua en la planta.
- b. *Eficiencia en producción:* La producción media se ha mantenido constante en 79,6 Ton/mes, lo que permite establecer comparativas eficientes en términos de uso de agua por unidad de producto.
- c. *Indicadores de consumo:* Los indicadores globales de agua, ARI y ARD proporcionan una idea clara de la eficiencia en el uso del recurso hídrico por unidad de producto, lo que permite identificar áreas de mejora y optimización.
- d. *Comparación de carga contaminante:* La comparación entre la carga contaminante de diseño de la PTARI y las mediciones realizadas revela discrepancias importantes en los niveles de DQO para diferentes usos farmacéuticos y cosméticos, lo que sugiere la necesidad de ajustes y acciones correctivas.
- e. *Optimización del sistema de agua purificada:* Tras el ajuste del flujo en el sistema de agua purificada, se ha identificado un faltante diario de 4,34 m³/día, lo que indica la necesidad de seguir optimizando este sistema para reducir desperdicios y pérdidas.

- f. *Gestión de consumo de agua:* La observación de consumos excepcionalmente altos de agua purificada (31 m³/día) en días puntuales, superando la capacidad instalada, evidencia la necesidad de un control más efectivo del consumo.
- g. *Importancia de la medición:* La instalación de macro y micromedidores se destaca como un primer paso crucial hacia una gestión eficiente del agua, permitiendo comprender la relación directa entre el agua y la producción y facilitando la toma de decisiones informadas.
- h. *Valoración del uso de aguas pluviales:* A pesar de no ser viable financieramente, se subraya la importancia de considerar criterios ambientales y de sostenibilidad para justificar el uso de aguas pluviales, especialmente en aplicaciones como el abastecimiento del tanque contraincendios, lo que requeriría almacenamiento independiente.
- i. *Recomendaciones de dimensionamiento:* Se propone un volumen mínimo de 125 m³ para el tanque contraincendios, en caso de utilizar aguas pluviales, como una aproximación inicial para el dimensionamiento de este.

En resumen, el proyecto ha permitido identificar áreas de mejora significativas en la gestión del recurso hídrico, destacando la necesidad de seguir optimizando el consumo de agua, controlando la contaminación y considerando enfoques sostenibles para su uso, a pesar de las limitaciones financieras evidenciadas. La medición continua y la revisión estratégica de los procesos serán fundamentales para lograr una gestión eficiente y sostenible del agua en el futuro.

5.2 Proyecto energía

- a. *Optimización de la subestación eléctrica:* La capacidad actual de la subestación eléctrica es adecuada para manejar la carga de la ampliación, eliminando la necesidad de construir una nueva subestación. Esto representa una ventaja significativa en términos de costos y recursos.
- b. *Requerimientos específicos de gas:* Se identifica la necesidad de construir una nueva subestación para recibir el gas natural necesario para la caldera, ya que el medidor de gas

actual no puede satisfacer la demanda esperada. Este aspecto es crucial para garantizar el suministro de gas requerido.

- c. *Optimización de compresores y calderas:* La implementación de un nuevo compresor de aire y una nueva caldera permitirá satisfacer la demanda tanto de la planta actual como de la ampliación. Esto reduce la carga sobre los equipos existentes y los convierte en recursos de respaldo, contribuyendo a la eficiencia operativa.
- d. *Coherencia en sistemas secundarios:* La recomendación de un sistema HVAC similar para la ampliación de la planta aporta coherencia y uniformidad operativa, facilitando el mantenimiento y la gestión general de la infraestructura.
- e. *Eficiencia eléctrica:* La posibilidad de mejorar el voltaje de alimentación a los motores eléctricos representa una oportunidad para ahorrar energía estimada en 36,500 kWh/año, lo que sugiere un enfoque efectivo para reducir los costos operativos.
- f. *Uso de compresores de velocidad variable:* Dada la variabilidad en la demanda de aire comprimido, la recomendación de utilizar compresores de velocidad variable se presenta como una solución eficiente y adaptable, optimizando el consumo de energía en respuesta a las fluctuaciones de carga.

En resumen, el proyecto ofrece una estrategia integral para mejorar la eficiencia energética, aprovechando la capacidad existente cuando es viable y proponiendo nuevas infraestructuras donde sea necesario para satisfacer las demandas esperadas. Las recomendaciones específicas proporcionan un enfoque práctico y adaptable para optimizar la operación y reducir el consumo de energía.

6. RECOMENDACIONES

A continuación, se establecen recomendaciones para el Proyecto de Reducción de Consumo de Agua y energía para una planta farmacéutica.

6.1 Proyecto agua

- a. *Realizar un muestreo compuesto del Índice de Reciclaje de Agua (ARI) en la planta farmacéutica-* Es esencial debido a la disminución del flujo. Este análisis permitirá identificar y abordar eficazmente los puntos críticos y abordar los posibles problemas o áreas de mejora en el uso del agua en las áreas específicas donde este recurso sea necesario.
- b. *Llevar a cabo muestras de compuestos diarios de 24 horas del ARI en la planta Farmacéutica,* con mediciones de pH, SST (Sólidos Suspendidos Totales), DQO (Demanda Química de Oxígeno). Además, realice mediciones semanales de DBO (Demanda Bioquímica de Oxígeno), Nitrógeno y Fósforo. Estos análisis proporcionarán una visión detallada de la calidad del agua y posibles desviaciones que requieran atención inmediata.
- c. *Diseñar, implementar y dar seguimiento a iniciativas concretas orientadas a reducir la carga contaminante es crucial.* Estas iniciativas pueden incluir tecnologías más limpias, mejoras en los procesos de tratamiento y reutilización del agua, así como programas de concientización y capacitación para el personal.
- d. *Diseñar, implementar y hacer seguimiento a iniciativas que promuevan la reducción de la carga contaminante.* Esto puede incluir la instalación de equipos más eficientes, la optimización de procesos para reducir residuos y la implementación de prácticas de reutilización y reciclaje del agua.
- e. *Establecer una línea base sólida y rigurosa relacionada con los consumos de agua, tanto a nivel macro como micro, en la planta.* Esto implica recopilar datos precisos y detallados

sobre el uso del agua en diferentes procesos y áreas, lo que servirá como punto de referencia para evaluar el progreso en la reducción del consumo de agua.

- f. *Hacer seguimiento exhaustivo al costo operativo (OPEX) asociado al agua, aguas residuales domésticas e industriales lo cual es fundamental para determinar el costo total de propiedad y tomar decisiones informadas.* Esto implica realizar un análisis exhaustivo de los costos asociados con el tratamiento, consumo y gestión del agua, tanto en las actividades diarias como en los procesos industriales, con el objetivo de identificar oportunidades para reducir costos y optimizar el uso del recurso hídrico.
- g. *Realizar un balance diario del agua a nivel de mantenimiento y ambiental, cuestionando y evaluando los números para comprender las implicaciones de los altos y bajos consumos en la gestión del recurso hídrico.*
- h. *Recomendar técnicamente la instalación de medidores en la línea de agua que alimenta la caldera y los sistemas de refrigeración para mejorar la precisión en el equilibrio del agua y optimizar su uso.* Esto permitirá un monitoreo más preciso y facilitará la identificación de áreas de posible mejora en la gestión del agua.

6.2 Proyecto energía

a. Implementación de paneles solares fotovoltaicos (SFV):

- *Instalación de Paneles Solares:* Considere la instalación de paneles solares fotovoltaicos en la superficie disponible. El potencial de generación estimado es de 665.815 kWh/año, lo que supone el 27,3% de la demanda eléctrica real de la planta.
- *Análisis de Retorno de Inversión (ROI):* Con un costo actual de energía eléctrica de 0.15456 USD/kWh, el proyecto de energía solar fotovoltaica podría amortizarse en aproximadamente 5 años. Es importante realizar un análisis financiero detallado considerando los costos de instalación, mantenimiento y vida útil de los paneles solares.

b. Optimización del consumo de aire comprimido:

- *Auditoría de Fugas:* Realiza una auditoría exhaustiva para detectar usos dispendiosos o ineficientes y reparar fugas en el sistema de aire comprimido. Las fugas pueden ser una de las principales causas del aumento en el consumo y pérdidas energéticas. Implementar prácticas de mantenimiento preventivo para garantizar la eficiencia del sistema a largo plazo.
- *Optimización de Usos:* Identifica y elimina usos innecesarios del aire comprimido. Educar al personal sobre prácticas eficientes puede contribuir significativamente a la reducción del consumo.

c. Adopción de compresores de velocidad variable VSD:

- *Implementación de Compresores VSD:* Considere la adquisición e instalación de compresores de velocidad variable. Estos compresores pueden ajustar su velocidad de funcionamiento de acuerdo con la demanda real, lo que minimiza el consumo de energía en comparación con los compresores tradicionales que operan a velocidades fijas y minimiza el desperdicio energético.
- *Control de Variabilidad de Demanda:* Al utilizar compresores de velocidad variable, podrás adaptar la generación de aire comprimido a las variaciones en la demanda, lo que resulta en un uso más eficiente de la energía.

Además de estas recomendaciones específicas, es fundamental llevar a cabo un seguimiento continuo del consumo de energía y realizar evaluaciones periódicas para identificar nuevas oportunidades de mejora en la eficiencia energética. La sensibilización y el compromiso del personal con la conservación de energía también son aspectos clave para el éxito a largo plazo del proyecto y fomentar una cultura organizacional que promueva el uso responsable de la energía en todas las áreas de la planta.

REFERENCIAS

- Alcaldía Mayor de Bogotá D.C. (s.f.). *Decreto 1076 de 2015. Normas y temas*.
https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma_temas.jsp?i=73697
- Álvarez de Mon González, E. (2017) *La gestión de la responsabilidad social corporativa en la industria farmacéutica. Análisis comparativo*. [Trabajo de Grado, Universidad de Alcalá]. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=252440>
- Asamblea General de las Naciones Unidas. (2015, septiembre 20). *Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible. Objetivos de Desarrollo Sostenible ODS*. ONU.
<https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/2015/09/la-asamblea-general-adopta-la-agenda-2030-para-el-desarrollo-sostenible>
- Autosolar. (s,f,). *¿Qué es un panel solar?*. <https://autosolar.es/energia-solar/que-es-un-panel-solar>
- Chamorro Rosero, M. y Pardo Reyes, V.L.(2020). *Formulación de técnicas de control interno para la reducción de cargas contaminantes en los vertimientos industriales de una industria farmacéutica en la ciudad de Bogotá D.C.* [Trabajo de Grado, Universidad de La Salle]. https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_ambiental_sanitaria/1879
- Cifuentes Fajardo, N. (2013). *Formulación del plan de manejo ambiental para un laboratorio farmacéutico veterinario en Yumbo, Valle del Cauca*. [Trabajo de Grado, Universidad Autónoma de Occidente].
<https://red.uao.edu.co/bitstream/handle/10614/4869/TAA01263.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Cifuentes Fajardo, N. (2013). *Formulación del plan de manejo ambiental para un laboratorio farmacéutico veterinario en yumbo, Valle del Cauca*. [Trabajo de Grado, Universidad Autónoma de Occidente].
<https://red.uao.edu.co/bitstream/handle/10614/4869/TAA01263.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Cuevas-Vargas, H. (2019). Los efectos de la cultura organizacional en la innovación de las pequeñas empresas de un país en desarrollo. *Holos*. 5, 1-13.
DOI:10.15628/holos.2019.6644
- De la Cruz, F. y Niño. G.L. (2014). *Propuesta de un sistema de gestión integrado para una planta del sector farmacéutico: sistemas de gestión de calidad, ambiental y sistema de*

- gestión en control y seguridad, en una planta farmacéutica en Cali.* [Tesis de Maestría, Universidad del Valle].
<http://bibliotecadigital.univalle.edu.co/bitstream/10893/10007/1/CB-0520906.pdf>
- Decreto ley 2811 de 1974. Por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente. 27 de enero de 1975. D.O. N°, 34.243.
http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/decreto_2811_1974.html
- Decreto 1076 de 2015. Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible. 26 de mayo de 2015. D.O N° 49.523. .
<https://www.suin-juriscal.gov.co/viewDocument.asp?ruta=Decretos/30019960>
- García Salgado, J.E. (2021). *Tratamiento de afluentes químicos farmacéuticos mediante reactores biológicos aerobios, empacados con carbón.* [Trabajo de Grado, Universidad Autónoma del Estado de Morelos-México].
<http://riaa.uaem.mx/handle/20.500.12055/3300>
- González Vaca, D. M., y Rincón López, A. M. (2004). *Diseño del sistema de gestión ambiental para la planta de producción farmacéutica de la empresa colombiana de productos veterinarios S.A. - Vecol S.A. con base en los requisitos de la NTC ISO 14001.* [Trabajo de Grado, Universidad de La Salle].
https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_ambiental_sanitaria/1539/
- Hernández-Sampieri, R., Fernández-Collado, C. y Baptista-Lucio, P. (2006). *Metodología de la investigación.* 4ª edición. Mc Graw Hill.
<http://187.191.86.244/rceis/registro/Metodolog%C3%ADa%20de%20la%20Investigaci%C3%B3n%20SAMPIERI.pdf>
- Interempresas (s.f.). *Energía* .<https://www.interempresas.net/Energia>
- Ley 9 de 1979. Por la cual se dictan Medidas Sanitarias. 16 de julio de 1979. D.O. N° 35.308.
http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/ley_0009_1979.html
- Ley 99 de 1993. Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA y se dictan otras disposiciones. 22 de diciembre de 1993. D.O. N° 41.146.
http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/ley_0099_1993.html

- Ley 373 de 1997. Por la cual se establece el programa para el uso eficiente y ahorro del agua. 11 de junio de 1997.
http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/ley_0373_1997.html
- Lumbreras- Pérez, B.(2019). La responsabilidad social corporativa en la Industria Farmacéutica.[Trabajo de Grado, Universidad de Valladolid].
<https://uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/37194/TFG-L2398.pdf?sequence=1>
- Mejía, C., González, S. y Torres-Saumeth, K. (2021). Responsabilidad social empresarial en la industria farmacéutica. *Estudios de Administración*, 28(1), 32-60.
<https://doi.org/10.5354/0719-0816.2021.59650>
- Miranda Guaminga, Sh.(2023). *Estudio de los informes de sostenibilidad para el sector manufacturero de alimentos y bebidas considerando los estándares de la iniciativa de reporte global (gri) y la contribución a los objetivos de desarrollo sostenible*. [Trabajo de Grado, Pontificia Universidad Católica Del Ecuador - Matriz].
<http://repositorio.puce.edu.ec/handle/22000/22125>
- Muñiz Castañeda, A.M.(2022). *Mejora de los procesos de producción para disminuir los costos de energía eléctrica en laboratorio químico farmacéutico acromax*. [Tesis de Maestría, Universidad Estatal de Milagro Ecuador].
<https://repositorio.unemi.edu.ec/xmlui/handle/123456789/6824>
- Naciones Unidas. (1994, marzo 21). *Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*. <https://unfccc.int/es/process-and-meetings/que-es-la-convencion-marco-de-las-naciones-unidas-sobre-el-cambio-climatico>
- Naciones Unidas (1997) *¿Qué es el protocolo de Kyoto?* https://unfccc.int/es/kyoto_protocol
- Naciones Unidas. (1998). Protocolo de Kyoto. *Protocolo de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, y un acuerdo internacional que tiene por objetivo reducir las emisiones de seis gases de efecto invernadero. Firmado el 11 noviembre de 1997 y entró en vigor el 2005*.
<https://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpspan.pdf>
- Pacheco-Lasso, G., Prieto Gutiérrez, A. y Robles Utria, L. (2021). *Diseño de un sistema de climatización para naves industriales del sector farmacéutico para almacenamiento de materia prima en la ciudad de Barranquilla*. [Trabajo de Grado, Universidad del Norte].

- <https://manglar.uninorte.edu.co/bitstream/handle/10584/9573/Proyecto%20Final%20%28Pacheco%20-%20Prieto%20-%20Robles%29.docx.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Pérez-Mejía, J.C. (2023). *Estudio de los informes de sostenibilidad del sector bancario considerando los estándares de la iniciativa de reporte global (GRI) y la contribución a los objetivos de desarrollo sostenible*. [Trabajo de Grado, Pontificia Universidad Católica Del Ecuador]. <http://repositorio.puce.edu.ec/handle/22000/22134>
- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. [UNDP]- (2015). ¿Qué son los Objetivos de Desarrollo Sostenible?. <https://www.undp.org/es/sustainable-development-goals>
- Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. [PNUMA]. (1989). *Convenio de Basilea sobre el control de los movimientos transfronterizos de los desechos peligrosos y su eliminación*.
<https://www.basel.int/Portals/4/Basel%20Convention/docs/text/BaselConventionText-s.pdf>
- Resolución 1256 de 2021. [Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible]. Por la cual se reglamenta el uso de las aguas residuales y se adoptan otras disposiciones». <https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/12/Resolucion-1256-de-2021.pdf>
- Resolución 631 de 2015. [Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible]. Por la cual se establecen los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público y se dictan otras disposiciones. <https://www.minambiente.gov.co/documento-normativa/resolucion-631-de-2015/>
- Resolución 2184 de 2019. [Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible]. Por la cual se modifica la resolución 668 de 2016 sobre uso racional de bolsas plásticas y se adoptan otras disposiciones. <https://www.minambiente.gov.co/documento-entidad/resolucion-2184-de-2019/>
- Rodríguez Vargas, A.P. y Vivas Moreno, Y.A. (2019). *Contraste entre 5 farmacéuticas sobre la información divulgada en los reportes de sostenibilidad GRI*. [Trabajo de Grado, Universidad Cooperativa de Colombia.]. <https://repository.ucc.edu.co/server/api/core/bitstreams/a56435bb-acdc-49e0-b1b5-c305be8af9b6/content>

- Sánchez Pinto, J.D. (2023). *Estudio de la presencia de contaminantes emergentes de tipo farmacéutico en cuencas hídricas de Colombia y sus medidas de manejo ambiental*. [Trabajo de Grado, Unidad Central del Valle del Cauca]. <https://repositorio.uceva.edu.co/recent-submissions?offset=40>
- Silva Graciani, F. y Bonora Vidrih Ferreira, G.L. (2014). Impacto ambiental de los medicamentos y su regulación en Brasil. *Revista Cubana de Salud Pública*, 40 (2):268-273. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-34662014000200011
- SYPYSA. (2023). *Usos del agua en la industria farmacéutica*. <https://sypysa.com/blog/usos-del-agua-en-la-industria-farmaceutica>
- Tovar Oliva, J.M. (2022). *Prediseño de una planta de tratamiento de agua para el riego de cultivos de cannabis con fines farmacéuticos para la empresa Cryptocannabis Colombia S.A.S.* [Trabajo de Grado, Universidad Autónoma de Occidente]. https://red.uao.edu.co/bitstream/handle/10614/14056/T10268_Predise%C3%B1o%20de%20una%20planta%20de%20tratamiento%20de%20agua%20para%20el%20riego%20de%20cultivos%20de%20cannabis%20con%20fines%20farmac%C3%A9uticos%20para%20la%20empresa%20Cryptocannabis%20Colombia%20S.A.S.pdf?sequence=4&isAllowed=y
- Trecco, C., Castello, V., Kedikian, R., Sobrero, C., Sist, Ada y Oviedo, S. (2011). La gestión eficaz de los residuos en el entorno de las buenas prácticas de la industria farmacéutica. *Producción + Limpia*, 6(2), 32-46. <http://revistas.unilasallista.edu.co/index.php/pl/article/view/125>
- Urrea-Urrea, F. & Aranda-Guerrero, V. (2022). Marketing con causa: una estrategia de marketing que responde a los objetivos de la responsabilidad social corporativa y se orienta al consumidor responsable. *Lúmina*, 23(1), E0018. <https://doi.org/10.30554/lumina.v23.n1.4410.2022>.

ANEXOS

ANEXO 1.
ENTREVISTA

Entrevistas con las diferentes áreas de la compañía

1. ¿Cuáles son las principales iniciativas de eficiencia energética que se han implementado en el laboratorio farmacéutico?

Se implementarán en la vigencia 2024 –2025 las siguientes prácticas de eficiencia energética:

- a. Energía fotovoltaica: En un área de 2700 m² sobre cubierta termoacústica se instalaran paneles solares con capacidad de generar 702.749 MWh/año.

Bogotá

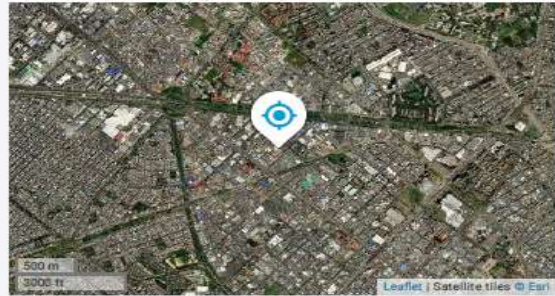
04.62339°,-074.098973°
 Carrera 42 Bis, Bogota, Colombia
 Time zone: UTC-05, America/Bogota [COT]

Report generated: 30 Jan 2023

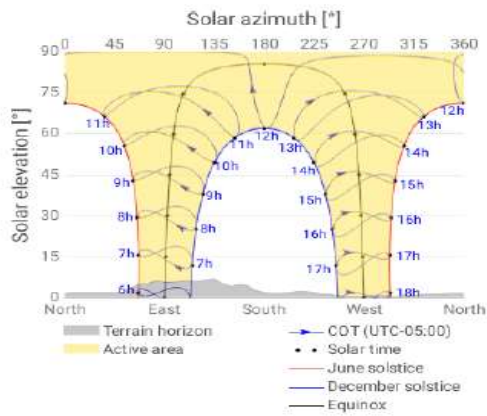
SITE INFO

Map data		Per year
Direct normal irradiation	DNI	1290.3 kWh/m ²
Global horizontal irradiation	GHI	1767.9 kWh/m ²
Diffuse horizontal irradiation	DIF	904.9 kWh/m ²
Global tilted irradiation at optimum angle	GTI _{opta}	1775.7 kWh/m ²
Optimum tilt of PV modules	OPTA	7 / 180 °
Air temperature	TEMP	15.5 °C
Terrain elevation	ELE	2560 m

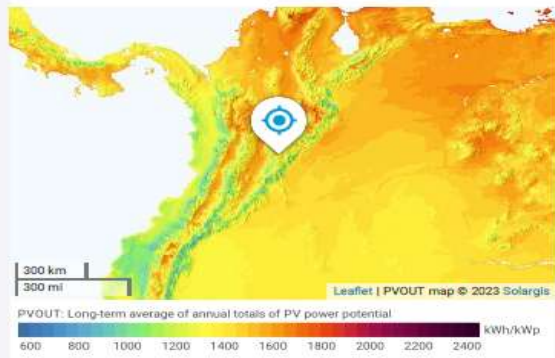
Map



Horizon and sunpath



PVOUT map



GLOBAL SOLAR ATLAS

BY WORLD BANK GROUP

PV ELECTRICITY AND SOLAR RADIATION

PV system configuration



Pv system: **Medium size comercial**
 Azimuth of PV panels: **Default (180°)**
 Tilt of PV panels: **7°**
 Installed capacity: **500 kWp**

Annual averages

Total photovoltaic power output and Global tilted irradiation

702.749

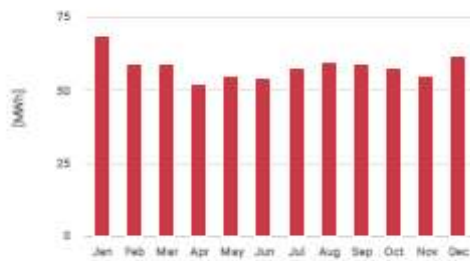
MWh per year

1772.8

kWh/m² per year

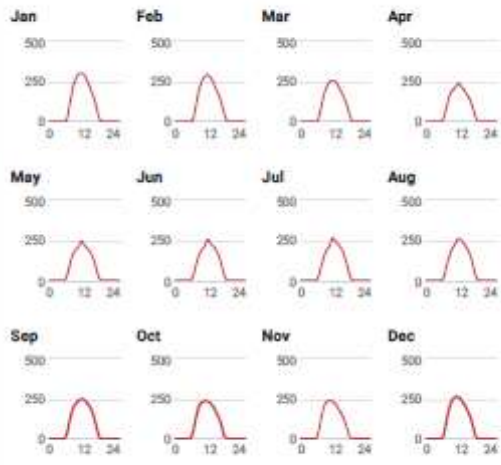
Monthly averages

Total photovoltaic power output



Average hourly profiles

Total photovoltaic power output [kWh]



UTC-05

Average hourly profiles

Total photovoltaic power output [kWh]



2. ¿Qué medidas se han tomado para reducir el consumo de energía en el laboratorio, como la iluminación, el control de temperatura o la gestión de equipos?

Se cuenta con luminarias LED de consumo eficiente, frente a la gestión de equipos y según la caracterización energética realizada para la compañía y sus procesos, está identificado que el sistema HVAC consume el 45% de la energía razón por la cual se realiza programación de horarios de servicio en el variador en tiempos muertos para que el proceso sea más eficiente:

Buenas prácticas energéticas: Estimando línea base de consumo e identificando la distribución de los usos eléctricos. Programar en horarios valle el sistema HVAC para reducir el consumo eléctrico en 4.389,06 KW/h/mes, con un ahorro anual de \$39.5 MM

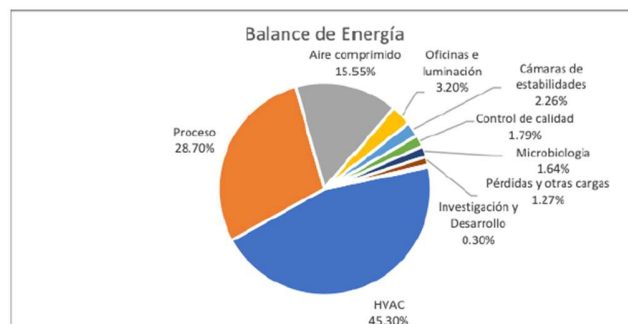


Gráfico 2. Balance de energía eléctrica

3. ¿Existen fuentes de energía renovable utilizadas en el laboratorio, como paneles solares o sistemas de cogeneración?

En la actualidad no. Sin embargo; se tiene contemplado en los diseños de ampliación de capacidad de la compañía la inclusión de paneles solares, gestión energética en procesos de transferencia de calor (Mejoramiento eficiencia térmica de caldera, superior al 92%)

4. ¿Qué estrategias se han implementado para reducir el consumo de agua en las operaciones del laboratorio?

Se cuenta con aparatos sanitarios con descargas menores a 8L.

A nivel de áreas productivas: lavado a presión con hidrolavadoras de consumo específico.
Y para control de procesos, se instaló sistema de micro medición para identificación y priorización de zonas por consumo.

5. ¿Pueden describir programas o políticas internas relacionadas con la gestión del agua en sus instalaciones? ¿Cómo contribuye a la conservación del agua?

Políticas:

Política de gestión ambiental.

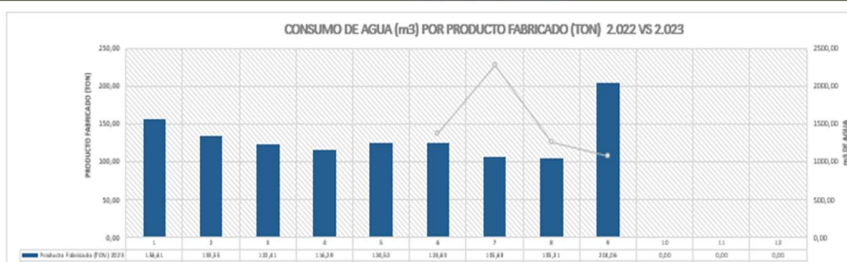
DESCRIPCIÓN:

La compañía dedicada a la producción, el desarrollo y comercialización de productos para uso humano en el campo farmacéutico, cosmético, de suplementos nutricionales, y alimentos lácteos, reconoce la importancia de realizar sus operaciones con responsabilidad ambiental; razón por la cual se compromete a proporcionar los recursos humanos, técnicos y financieros necesarios para cumplir con los siguientes aspectos:

- Cumplir con la normatividad legal vigente aplicable y demás compromisos asumidos de manera voluntaria por la organización, para crecimiento y sostenimiento de la compañía, el ambiente y el País.
- Promover programas de ahorro y uso eficiente de los recursos comprometidos con la mejora continua de cada uno de los procesos.
- Realizar seguimiento e implementar medidas que permitan prevenir y mitigar los impactos ambientales generados.

Programa de Ahorro y uso eficiente del agua.

PLANTA PROGRAMA		PLANTA FARMA			
PROGRAMA		Ahorro y Uso Eficiente del Agua.			
OBJETIVO GENERAL		Desarrollar e implementar acciones que permitan establecer un equilibrio entre el uso eficiente del agua en las instalaciones de la compañía.			
OBJETIVOS ESPECIFICOS		OE.1	Disminuir o mantener el consumo de agua por TON fabricado.		
		OE.2	Establecer actividades que contribuyan con la gestión y uso eficiente del agua.		
		OE.3	Diseñar e implementar estrategias de divulgación y capacitación al personal sobre el uso eficiente del agua.		
ALCANCE		Área administrativa y producción Planta Farma.			
ESTADO DEL PROGRAMA		FORMULACIÓN	II	IMPLEMENTACIÓN	SEGUIMIENTO
PERIODICIDAD DE SEGUIMIENTO Y CONTROL		MENSUAL	II	BIMENSUAL	OTRO
		RESPONSABILIDADES Y RECURSOS			
no.	RESPONSABILIDADES	RECURSOS			
1	Realizar seguimiento y control del programa - Área de Gestión Ambiental	Supervisor de consumo - herramienta digital			
2	Apoyar actividades de mantenimiento y mejorar - Área de Mantenimiento				
3					
		INDICADORES			
		GRÁFICA DE COMPORTAMIENTO			



A través del programa de ahorro y uso eficiente se han podido identificar pérdidas, evaluar el comportamiento de los procesos / equipos y realizar mejoras a los mismos.

6. ¿Han implementado sistemas de reciclaje o reutilización de agua en su proceso de producción farmacéutica? ¿Qué beneficios han experimentado?

Hasta el momento no se han implementado sistemas de reutilización de aguas en proceso.

7. ¿Se han realizado mejoras en la gestión de residuos o procesos de reciclaje en el laboratorio para reducir el impacto ambiental?

Sí, las mejoras se han realizado a través del PGIRS en el cual se plantea la búsqueda de alternativas para el aprovechamiento de subproductos.

- Fórmulas lácteas – compostaje.
- Blister: Materia Prima para la fabricación de tubos PVC.
- EPP's: Fabricación de materas y reglas.
- Uso de material plástico: fabricación de guirnaldas navideñas.

8. ¿Cuál es el enfoque del laboratorio en términos de sostenibilidad y reducción de la huella de carbono?

De la mano de auditorías en eficiencia energética, de ahorro por consumo de agua y la propuesta de valor de construcción sostenible la compañía se ha incluido la variable ambiental (aspectos económicos, sociales, productivos) como objetivo organización de la proyección de crecimiento de la organización.

9. ¿Se han llevado a cabo auditorías energéticas o hídricas para identificar áreas de mejora en la eficiencia?

Sí, se han realizado auditorías energéticas e hídricas para la identificación de oportunidades de mejora.

Abarcando los siguientes temas:

- Comportamiento de consumos.
- Calidad energética.
- Balance energético – Hídrico.
- Indicadores de seguimiento.
- Requerimientos de servicios críticos para futura ampliación.
- Autogeneración con paneles solares
- Monitoreo de vertimientos.
- Oportunidades de mejora.
 - Mantenimientos a equipos de transferencia de calor.
 - Identificación de redes de suministro.
 - Micromedición.
 - Seguimiento y control con indicadores vs TON fab mes / costos asociados.

10. ¿Se han implementado políticas de concientización y capacitación para el personal en relación con la eficiencia energética y de agua?

Se cuenta con cronograma de capacitación en el cual con apoyo de la Secretaría de ambiente se realizan jornadas de sensibilización y/o actividades para promover la cultura ambiental organizacional.

- Jornadas siembra de árboles.
- Caminatas ecológicas (humedales – río Bogotá).
- Concurso botellas de amor (recolección de empaques plásticos de un solo uso).

11. ¿Cuáles son los objetivos a corto y largo plazo del laboratorio en cuanto a la eficiencia energética y de agua?

Continuar con la estandarización y control de procesos productivos bajo buenas prácticas ambientales.

Implementar cogeneración eléctrica aprovechando energía residual de procesos de transferencia de calor.

12. ¿Han establecido metas o estándares de eficiencia energética y conservación del agua en su laboratorio? En caso afirmativo, ¿cómo están progresando hacia estos objetivos?

Nos encontramos en el levantamiento de línea base a través de la micromedición, para identificación de áreas o puntos críticos, sin embargo; también se lleva un comparativo vs las unidades fabricadas para crear líneas de tendencia y comportamiento productivo.

13. ¿Cómo monitorean y evalúan el impacto ambiental de sus operaciones, incluyendo el consumo de energía y agua? ¿Cuáles son los indicadores claves de rendimiento que utilizan?

Los programas de energía y agua incluyen indicadores con los cuales se lleva seguimiento a:

- % de variación mes y anual:
Consumo por toneladas fabricadas.
Comparativo mes vs ton fabricadas.
- Acciones implementadas (Sensibilización y mejora)
- Perdidas de recurso hidrico.
- Costos por tonelada producto terminado elaborado.

14. ¿Cuáles son los principales desafíos que ha enfrentado su laboratorio en términos de eficiencia energética y cómo los ha abordado?

El mayor desafío está asociado a la implementación de sistemas de micro medición e identificación del comportamiento.

Simultaneidad del suministro de aire comprimido en compresores de acople directo. Hoy día nuestros compresores trabajan a demanda en un rango de presión máximo y mínimo, este modo de operación consume el 15,55% de la energía de la compañía.

Afrontaremos este desafío de eficiencia energética mediante la implementación de un controlador con lógica proporcional integral derivativa que reducirá el 22% del consumo energético de los compresores.

15. ¿Han implementado tecnologías o prácticas específicas para reducir el consumo de agua y energía en la producción farmacéutica? ¿Cuáles han sido los resultados?

El sistema de micro medición que nos ha permitido:

- Identificar perdidas por falla en válvulas.
- Realizar cambios de equipos de medición por daño u obsolescencia.
- Revisar oportunidades de mejora en equipos (cambios de membranas, mantenimientos preventivos o correctivos) para reducir las ineficiencias en los equipos.

16. ¿Participa en iniciativas externas o colaboraciones con organizaciones gubernamentales o de la industria relacionadas con la eficiencia energética y la conservación del agua?

Sí, actualmente participamos en dos programas de la Secretaría Distrital de Ambiente.

1. Programa acercar: Sistema ISO 14.0001 – creación e implementación de programas (agua, energía – residuos etc.)
2. Programa de eficiencia energética. (comité de eficiencia energética – política – línea base – planes de acción).