

**Estudio de Factibilidad Técnico-Económica para el Reemplazo de las Calderas
del Hospital Universitario Fundación Santa Fe de Bogotá**

Karin Eduardo Barón Quintero

Víctor Alfonso Dueñas Rivera

Trabajo para optar al título de Especialista en Gestión de Proyectos

Director

Santiago Alfonso Burbano Rodríguez

Universidad Nacional Abierta y a Distancia

Escuela de Ciencias Administrativas, Contables, Económicas y de Negocios

Especialización en Gestión de Proyectos

Bogotá, 2020

Agradecimientos

Expresamos nuestros agradecimientos a :

El Magíster Santiago Burbano Rodríguez director del proyecto por su oportuna y valiosa asesoría para desarrollar el documento.

A los funcionarios del Hospital Universitario de la Fundación Santa Fe de Bogotá por su colaboración y participación en las encuestas realizadas y el desarrollo del proyecto.

A nuestras familias por su apoyo y colaboración incondicional durante la especialización y el desarrollo del proyecto.

A todos los artistas y teóricos que con su aporte hicieron posible la realización de este trabajo.

Contenido

Introducción.....	1
Formulación del problema técnico	3
Antecedentes.....	3
Contexto	4
Planteamiento y descripción del problema.....	7
<i>Variable que Inciden en la Problemática</i>	7
<i>Planteamiento del Problema</i>	7
Comité Sponsor del Proyecto	8
Interesados del proyecto	8
Instrumentos de medición.....	9
<i>Encuesta 1</i>	9
Modalidades de solución del problema	11
Constricciones y Restricciones del Proyecto.....	11
Formulación del problema.....	12
Justificación	13
Objetivos.....	14
Objetivo general	14
Objetivos específicos	14
Desarrollo del Proyecto Aplicado.....	15

Fase de inicio	15
<i>Acta de Constitución del Proyecto</i>	15
Fase de planificación	17
<i>Resultados de aplicación de la encuesta</i>	17
<i>Estructura de desglose de trabajo EDT</i>	24
<i>Cronograma del proyecto</i>	24
<i>Estimación de los costos del proyecto</i>	25
Fase de ejecución.....	29
<i>Comparación de eficiencia energética</i>	29
<i>Estudio económico del proyecto</i>	30
<i>Costos de operación y mantenimiento</i>	31
<i>Evaluación ambiental del proyecto</i>	34
Fase de Control y Monitoreo del Proyecto.....	40
<i>Segundo instrumento de medición</i>	40
<i>Resultados de la encuesta</i>	41
Conclusiones.....	46
Recomendaciones	47
Bibliografía.....	48

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Resultado de monitoreo	6
Tabla 2 Acta de constitución del proyecto	15
Tabla 3 Costos Administrativos	26
Tabla 4 Costo de equipos.....	26
Tabla 5 Costos logística y transporte	27
Tabla 6 Costo de Obras Civiles.....	27
Tabla 7 Costo Adecuaciones sistema de calderas	28
Tabla 8 Resumen de costo del proyecto.....	29
Tabla 9 Resumen características técnicas calderas 300BHP	29
Tabla 10 Revisión fichas técnicas calderas de alta eficiencia.....	30
Tabla 11 Costo mantenimiento calderas año 2019.....	31
Tabla 12 Estimado ahorro combustible caldera	31
Tabla 13 Cálculo de ahorro de combustible (Gas) anual	32
Tabla 14 Flujos de efectivo y cálculo de VPN.....	33
Tabla 15 Condiciones de operación caldera 1 durante muestreo	36
Tabla 16 Condiciones de operación caldera 2 durante muestreo	37
Tabla 17 resultado de medición de óxidos de nitrógeno y valores de unidades de contaminación ambiental.....	38
Tabla 18 Valores de emisión admisibles	38
Tabla 19 Comparativo consumo mensual de gas natural.....	39

INDICE DE FIGURAS

Imagen 1 Fotografía de calderas existentes	3
Imagen 2 Resultado pregunta 1	18
Imagen 3 Resultado pregunta 2	19
Imagen 4 Resultado pregunta 3	20
Imagen 5 Resultado pregunta 4	21
Imagen 6 Resultado pregunta 5	21
Imagen 7 Resultado respuesta 6	22
Imagen 8 Resultado respuesta 7	23
Imagen 9 Estructura de desglose de trabajo EDT.....	24
Imagen 10 Cronograma	25
Imagen 11 Cálculo de huella de carbono calderas existentes	39
Imagen 12 Cálculo huella de carbono calderas propuestas	40
Imagen 13 Resultado pregunta 1	42
Imagen 14 Resultado pregunta 2	43
Imagen 15 Resultado pregunta 3	44
Imagen 16 Resultado pregunta 4	45

Introducción

La Fundación Santa Fe de Bogotá es una entidad privada sin ánimo de lucro que tiene como misión liderar e influir positivamente en el sector salud y contribuir en el bienestar de individuos y comunidades, además de ser una entidad reconocida a nivel nacional e internacional por sus altos estándares en atención en salud, reconocida como una de las instituciones pioneras en la implementación de tecnologías que garanticen la seguridad de pacientes, visitantes y colaboradores. (Fundación Santa Fe de Bogotá, 2017)

El Hospital Universitario Fundación Santa fe de Bogota (FSFB) actualmente tiene un sistema de calderas instalado hace 34 años, el cual está sobredimensionado, el sistema fue diseñado para los procesos de esterilización, lavandería, cocinas y calentamiento de agua sanitaria, pero desde hace 14 años el proceso de lavandería fue tercerizado y no se desarrolla dentro de las instalaciones de la FSFB, por lo tanto el sistema actual tiene un bajo índice de eficiencia por no tener un factor de utilidad cercano a su capacidad nominal, generando altos costos de operación y mantenimiento, también por ser tecnología obsoleta de más de tres décadas genera emisiones con un alto contenido de dióxido de carbono CO₂ impactando negativamente el medio ambiente.

En este proyecto de grado, se realizará un estudio de factibilidad técnico – económica para el sistema actual de calderas de la FSFB, orientado al cambio de las calderas actuales por unas calderas de alta eficiencia teniendo en cuenta las siguientes variables:

- Económica (Costos de operación y mantenimiento)
- Financiera (Retorno de la inversión)
- Eficiencia (Comparación energética)
- Técnica (Tecnología obsoleta vs Tecnología actual)

- Medio ambiente (Reducir las emisiones de CO₂)
- Seguridad (mitigar riesgo de explosión por vejez de las calderas)

La estructuración de este documento constará de 5 capítulos, bajo los cuales, se definirán las necesidades (problemáticas) y requisitos para el proyecto, se formulará el problema técnico (restricciones y las preguntas claves a resolver), se planteará la solución técnica y análisis de viabilidad económica y ambiental.

El desarrollo del proyecto se llevará a cabo mediante la metodología del PMBOK Quinta Edición.

Formulación del problema técnico

Antecedentes

La fundación Santa Fe de Bogotá cuenta con dos calderas de 300BHP marca Colmáquinas fabricadas en el año de 1986 con presión de operación de 80 PSI, tienen máxima producción de vapor de 10350 lb/h, el tipo de quemador es de modulación mecánica y una eficiencia máxima de 70%, las calderas mencionadas se observan en la imagen 1 (calderas existentes).

Imagen 1

Fotografía de calderas existentes



Fuente: tomada por los autores.

Las calderas son usadas para la generación de vapor para atender los siguientes procesos dentro del hospital:

- Calentamiento de agua para sistemas sanitarios
- Cocción de alimentos
- Esterilización (autoclaves)
- Calentamiento de agua para calefacción

El combustible principal de las calderas es el gas natural y en caso de falla en la alimentación de gas se pueden operar con ACPM.

El consumo promedio por hora de las maquinas es de 51.4 m³/h

El consumo promedio mensual de gas natural es de 36980 m³, con un costo promedio de \$59.389.880.

Las calderas de 300 BHP existentes presentan varios factores de ineficiencia, los cuales se describen a continuación:

- El primero de ellos obedece a la vejez de las máquinas y los controles mecánicos de inyección de combustible que no permiten un control adecuado en relación combustión / carga.
- Las máquinas actuales están sobredimensionadas en generación de vapor por lo que el consumo de gas natural aumenta de manera significativa.

Al inicio de la operación de las calderas la Fundación santa Fe tenía dentro de sus instalaciones una zona dedicada a lavandería, proceso que demandaba grandes cantidades de vapor este proceso fue eliminado de la institución hace aproximadamente 10 años disminuyendo en 50% la demanda de producción de vapor de las calderas.

Contexto

Para un hospital es de suma importancia la producción de vapor para cubrir necesidades de calentamiento de agua para sistemas sanitarios y calefacción, esterilización de material quirúrgico y cocción de alimentos, entre otros.

Por su puesto los servicios antes mencionados deben ser atendidos de manera eficiente consumiendo la menor energía posible garantizando costos de operación y mantenimiento aceptables, de igual manera surge la importancia de mantener la seguridad de los equipos e instalaciones fuentes generadoras de vapor y disminuir las emisiones a la atmósfera residuales del proceso de producción de vapor.

Las calderas existentes en el hospital fueron adquiridas en el año 1986 lo que indica que llevan 34 años de funcionamiento, la vida útil de una caldera industrial de

acuerdo a la mayoría de los fabricantes es de 20 años, las maquinas superan en 16 años la vida util media de este tipo de equipos.

Las calderas fueron dimensionadas para atender servicios que hoy ya no existen dentro de la institucion como es el caso de la lavanderia esta situacion disminuye la cantidad de vapor generado obligando a que la calderas reduzcan el porcentaje de eficiencia, elevando de manera significativa los consumos de combustible.

La tecnologia en calderas ha cambiando considerablemente en las ultimas decadas, los sistemas mecanicos y de control manual se han reemplazado por sistemas de control electronico y computarizado.

Otro aspecto importante a considerar es la seguridad de los pacientes y las instalaciones, en el mundo se registran casos de explosion de calderas por varios factores dentro de los que se alojan: falta de mantenimiento, errores humanos, vejez de los equipos, entre otros, es el caso del Hospital Federico Lleras Acosta de la ciudad de Ibague que en febrero de año 2010 sufrio afectaciones en su infraestructura y registro varios heridos por la explosion de una caldera. (La República, 2010)

A pesar de la edad de las máquinas las mismas se conservan en buenas condiciones debido a un proceso de inspeccion y mantenimiento riguroso, la resolucio 6982 de 2011 de la secretaria distrital de ambiente de Bogota establece los valores de emisiones permitos, el ultimo analisis de emisiones de fuentes fijas fue realizado en el mes de enero del año 2019 arrojando valores aceptables los cuales se registran en la tabla resultados de monitoreo.

Tabla 1*Resultado de monitoreo*

Empresa	Fuente	Emisión	Concentración Referida*	Concentración Real*	Flujo Másico	% O ₂ Ref.	% O ₂ Fuente	Norma	Cumplimiento	UCA	Frecuencia de Muestreo según UCA
			(mg/Nm ³)	(mg/Nm ³)	(kg/h)			(mg/Nm ³)			
FUNDACIÓN SANTA FÉ DE BOGOTÁ	CALDERA 1 300 BHP	NO _x	<140,58*	<51,55	<0,232	3,0	14,4	250	Cumple	0,56	Cada año
	CALDERA 2 300 BHP	NO _x	115,14	80,18	0,320	3,0	8,5	250	Cumple	0,46	Cada 2 años

Fuente: (Analquin, 2019)

Es entonces necesario evaluar la factibilidad técnico económica que permita el reemplazo de máquinas generadoras de vapor de más de 30 años de servicio por equipos eficientes que permitan un consumo óptimo de energía y un balance aceptable de operación, mantenimiento y seguridad.

La viabilidad económica será evaluada mediante el cálculo de indicadores para evaluar proyectos de inversión como el valor del presente neto (VPN) y la tasa interna de retorno (TIR), los dos indicadores antes mencionados permitirán soportar la toma de decisiones del proyecto.

Para el caso de la evaluación técnica se realizará una comparación entre la tecnología de las calderas actuales y las máquinas que existen en el mercado con el fin de realizar una verificación que permite evaluar variables de eficiencia, facilidades técnicas e impacto ambiental.

Planteamiento y descripción del problema

Variable que Inciden en la Problemática

Las variables que inciden en la problemática son: seguridad de los pacientes e instalaciones, tecnología de las maquinas existentes, eficiencia energética y niveles de emisión de agentes contaminantes al ambiente.

La seguridad de los pacientes y de las instalaciones es sin duda una de las preocupaciones más importantes del sector hospitalario, el enfoque de tener infraestructuras y tecnologías seguras debe tener unos pilares fundamentados en equipos y maquinarias que garanticen que la estancia de cualquier persona dentro del hospital sea segura y que además estas tecnologías ayuden en la sanación de los pacientes, es así que se debe evaluar de manera permanente las tecnologías y el nivel de riesgo de las instalaciones; por supuesto enfocados siempre en garantizar el uso debido y necesario de los energéticos con el fin de ser sostenible económicamente e impactar lo menos posible el medio ambiente.

Planteamiento del Problema

Las calderas que hoy funcionan en el Hospital universitario Fundación Santa Fe de Bogotá tienen múltiples factores para pensar en un posible reemplazo, entre ellos: obsolescencia tecnológica, altos costos de operación y mantenimiento, baja eficiencia energética entre otros, con lo anterior en mente por medio del desarrollo del presente proyecto pretendemos contestar al siguiente cuestionamiento: ¿Por qué es viable financieramente, ambientalmente y técnicamente realizar cambio de calderas en el Hospital Universitario Fundación santa fe de Bogotá? que inciden en la problemática son: seguridad de los pacientes e instalaciones, tecnología de las maquinas existentes, eficiencia energética y niveles de emisión de agentes contaminantes al ambiente

Comité Sponsor del Proyecto

Dirección general de la Fundación Santa Fe de Bogotá: en la estructura organizacional de la Fundación Santa Fé el director general es elegido por la Junta directiva la cual esta conformada por siete miembros, todos los proyectos de altas inversiones deben ser avalados por la dirección general es por eso que el comité sponsor del proyecto se debe liderar por el más alto nivel jerárquico de la organización.

Interesados del proyecto

Los interesados del proyecto están clasificados en varios grupos, los primeros son los gestores de recursos para el proyecto es necesario determinar el interés de las directivas encargadas de entregar recursos, el segundo grupo está enfocado en los gestores de gasto es decir la operación en ese sentido se vinculan los encargados de la operación y mantenimiento del sistema de calderas, el tercer grupo de interesado está definido por los usuarios del vapor generado, procesos donde se use el energético para realizar tareas y por supuesto los pacientes y el cuarto grupo se enfoca a la vecindades del Hospital, es así que durante el desarrollo del proyecto se plantean dos instrumentos tipo encuesta que nos permitan medir el interés de los grupos mencionados anteriormente.

Los interesados del proyecto son:

- Junta directiva y dirección general de la Fundación Santa Fe
- Pacientes
- Jefatura de infraestructura hospitalaria/ subdirección de infraestructura
- Servicios a donde se destina el vapor producido por las calderas
 - Central de esterilización
 - Servicio de alimentos
 - Servicio de hospitalización
 - Servicio de unidad de cuidados intensivos

- Comunidad vecina de las instalaciones del hospital

Instrumentos de medición

Se usará la encuesta como instrumento de medición en tres fases del proyecto en el inicio, intermedio y al final del proyecto. La primera medición tiene como objetivo identificar el interés que tienen los encuestados de la comunidad hospitalaria de la Fundación Santa Fe de Bogotá en referencia al cambio de las calderas.

La población objeto incluye al Director Financiero, subdirectora de ingeniería, jefe de infraestructura hospitalaria, jefe central de esterilización, jefe de servicio de alimentos, jefe de salas de cirugía, coordinadora de seguridad y salud en el trabajo, personal técnico encargado de verificación y operación de las calderas, personal asistencial de pisos de hospitalización, personal con oficinas cercanas a la zona técnica donde se ubican las calderas, se realizará una muestra de 30 personas de las áreas antes mencionadas.

La encuesta se realizará mediante el uso de la herramienta de google drive.

Los encuestados suministrarán datos generales:

- Nombres y apellidos
- Cargo

Se realizarán 7 preguntas, a continuación se muestra la estructura de la encuesta 1:

Encuesta 1

El Hospital universitario fundación Santa Fe de Bogotá maneja los procesos de Cocción de alimentos, esterilización (autoclaves), calefacción y agua caliente en sistemas sanitarios por medio de dos (2) calderas instaladas en el sótano, las cuales fueron instaladas hace 34 años y funcionan con gas natural como combustible emitiendo gases de combustión al medio ambiente por medio de puntos fijos (Chimeneas), en la actualidad existen calderas de alta eficiencia con mejores tecnologías.

De acuerdo al contexto anterior por favor responder las siguientes:

¿Sabía usted de la existencia de estas calderas dentro de las instalaciones de la FSFB?

SI NO

Otra _____

Los sistemas de calderas presentan un alto riesgo de explosión por el proceso interno de funcionamiento el cual genera altas presiones al interior. ¿Usted considera que existe un mayor riesgo de explosión de estas calderas por su antigüedad y posible debilitamiento de sus materiales con el paso del tiempo?

SI NO

Debido al ruido y altas temperaturas propias del funcionamiento de las calderas ¿Piensa usted que puede afectar su salud?

SI NO

¿Cree usted que las calderas actuales emiten un mayor volumen de gases combustibles contaminantes al medio ambiente por ser fabricadas con normas vigentes hace más de 30 años?

SI NO

¿Estaría de acuerdo en cambiar las calderas de la FSFB para disminuir el volumen de gases combustibles (dióxido de carbono CO₂) que se emiten al medio ambiente?

SI NO

¿Usted cree que al remplazar las calderas actuales por calderas de alta eficiencia se reducirán los costos de operación y mantenimiento?

SI NO

¿Piensa usted que se puede recuperar la inversión en caso de cambiar las calderas por los bajos costos de operación y mantenimiento de las calderas de alta eficiencia?

SI NO

Modalidades de solución del problema

A continuación, se describirán algunas alternativas para dar solución a la problemática planteada: Realizar el cambio de calderas existentes por una tecnología más eficiente, con esto se lograría disminuir la afectación al medio ambiente por la emisión de gases combustibles.

Se buscarán alternativas para realizar una reducción en la capacidad instalada del sistema de vapor y especificarla para los procesos en los cuales se utilizando actualmente, logrando disminuir los costos de operación y mantenimiento del sistema de calderas.

Se realizará un estudio económico donde se establecerá los costos de operación con tecnología de alta eficiencia, el costo de la inversión inicial y el tiempo de retorno de la inversión.

Constricciones y Restricciones del Proyecto

Las restricciones del presente proyecto estudio de factibilidad técnico-económica para el remplazo de las calderas del hospital universitario Fundación Santa Fe de Bogotá se listan a continuación:

Disponibilidad en el mercado de unas calderas de tecnología superior con un costo competitivo.

Aprobación de viabilidad del proyecto desde el punto de vista financiero: el VPN deberá ser atractivo recuperando la inversión en un tiempo razonable.

Formulación del problema

El desarrollo del proyecto “Estudio de factibilidad técnico-económica para el reemplazo de las calderas del Hospital Universitario Fundación Santa Fe de Bogotá Pretende responder a las siguientes preguntas: ¿Por qué es viable financieramente, ambientalmente y técnicamente realizar cambio de calderas en el Hospital Universitario Fundación santa fe de Bogotá?, ¿Cómo disminuir los costos de operación por concepto de combustible “gas natural” para producción de vapor?, ¿Es posible la implementación de calderas de alta eficiencia que generan menores emisiones de gases combustibles al medio ambiente y a su vez mitiguen los riesgos por explosión de las calderas existentes?

Justificación

Las calderas para generación de vapor son de gran relevancia en la operación hospitalaria, servicios como agua caliente sanitaria, calefacción, esterilización, cocción de alimentos, entre otros; son cubiertas por las fuentes de vapor, la vejez de las calderas puede tener varias consecuencias, entre ellas: pérdida en la eficiencia de producción de vapor, pérdida de calidad del vapor y gastos considerables de operación y mantenimiento.

Otro aspecto importante a considerar es la seguridad de los pacientes y las instalaciones, en el mundo se registran casos de explosión de calderas por varios factores dentro de los que se alojan: falta de mantenimiento, errores humanos, vejez de los equipos, entre otros.

Las calderas existentes en el hospital fueron adquiridas en el año 1986 lo que indica que llevan 34 años de funcionamiento, la vida útil de una caldera industrial de acuerdo a la mayoría de los fabricantes es de 20 años, las máquinas superan en 16 años la vida útil media de este tipo de equipos.

Actualmente el hospital cuenta con 2 calderas de 300BHP de 34 años de uso, las cuales ya se encuentran obsoletas, por lo tanto, están generando unos gastos considerables de mantenimiento anual.

Mediante el desarrollo del presente proyecto se se buscarán alternativas para realizar una reducción en la capacidad instalada del sistema de vapor y especificarla para los procesos en los cuales se utilizando actualmente, logrando disminuir los costos de operación y mantenimiento del sistema de calderas, también se pretende realizar un estudio económico donde se establecerá los costos de operación con tecnología de alta eficiencia, el costo de la inversión inicial y el tiempo de retorno de la inversión.

Objetivos

Objetivo general

Construir un estudio de factibilidad técnico-económica para el reemplazo de calderas del Hospital Universitario Fundación Santa Fe de Bogotá.

Objetivos específicos

- Desarrollar un estudio técnico que permita identificar la posibilidad el cambio de calderas.
- Realizar la comparación de eficiencia energética de la tecnología existente contra tecnologías de alta eficiencia.
- Desarrollar un estudio económico que permita establecer costos de operación, mantenimiento e inversiones para la posterior adquisición de las calderas.
- Realizar la evaluación ambiental del proyecto.
- Realizar la evaluación financiera mediante el uso de Valor Actual Neto y Tasa Interna de Retorno.
- Disminuir el riesgo de pérdidas humanas por la posibilidad de explosión de calderas.

Desarrollo del Proyecto Aplicado

Fase de inicio

En la tabla 2 se observa el acta de constitución del proyecto

Acta de Constitución del Proyecto

Tabla 2

Acta de constitución del proyecto

ACTA DE CONSTITUCIÓN DEL PROYECTO	
PROYECTO:	ESTUDIO DE FACTIBILIDAD TÉCNICO-ECONÓMICA PARA EL REEMPLAZO DE LAS CALDERAS DEL HOSPITAL UNIVERSITARIO FUNDACIÓN SANTA FE DE BOGOTÁ
PATROCINADOR:	FUNDACIÓN SANTA FE DE BOGOTÁ
PREPARADO POR:	EQUIPO DE PROYECTO
REVISADO POR:	SANTIAGO ALFONSO BURBANO RODRÍGUEZ
APROBADO POR:	SANTIAGO ALFONSO BURBANO RODRÍGUEZ
DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	
Se realizará un estudio de factibilidad técnico – económica para el sistema actual de calderas de la FSFB, orientado a definir la viabilidad del cambio de las calderas actuales por unas calderas de alta eficiencia teniendo en cuenta las siguientes variables:	
Económica (Costos de operación y mantenimiento)	
Financiera (Retorno de la inversión)	
Eficiencia (Comparación energética)	
Técnica (Tecnología obsoleta vs tecnología actual)	
Medio ambiente (Reducir las emisiones de CO2)	
Seguridad (mitigar riesgo de explosión por vejez de las calderas)	
OBJETIVOS DEL PROYECTO	
Objetivo general	

Construir un estudio de factibilidad técnico-económica para el reemplazo de calderas del Hospital Universitario Fundación Santa Fe de Bogotá.
Objetivos específicos
Desarrollar un estudio técnico que permita identificar la posibilidad el cambio de calderas.
Realizar la comparación de eficiencia energética de la tecnología existente contra tecnologías de alta eficiencia.
Desarrollar un estudio económico que permita establecer costos de operación, mantenimiento e inversiones para la posterior adquisición de las calderas. • Realizar la evaluación ambiental del proyecto.
Realizar la evaluación ambiental del proyecto
Realizar la evaluación financiera mediante el uso de Valor Actual Neto y Tasa Interna de Retorno.
Disminuir el riesgo de pérdidas humanas por la posibilidad de explosión de calderas.
FACTORES CRÍTICOS DE ÉXITO DEL PROYECTO
Disponibilidad en el mercado de unas calderas de tecnología superior con un costo competitivo.
Aprobación de viabilidad del proyecto desde el punto de vista financiero: el VPN deberá ser atractivo recuperando la inversión en un tiempo razonable.
REQUERIMIENTOS DE ALTO NIVEL
Revisión técnica de la tecnología de las calderas existentes frente a las tecnologías nuevas
Desarrollar una revisión ambiental de los diferentes tipos de tecnología
Elaborar una evaluación financiera para proponer el cambio de las calderas
Realizar dos mediciones tipo encuesta
ALCANCE DEL PROYECTO
El presente proyecto tiene como objetivo principal desarrollar un estudio técnico económico para el reemplazo de las calderas de la Fundación Santa Fe de Bogotá.
Se presenta un desarrollo enfocado en 4 pilares fundamentales
Viabilidad financiera
Estudio ambiental
Estudio técnico
· Riesgo de afectación a las personas

FASES DEL PROYECTO	PRINCIPALES ENTREGABLES
Fase 1: formulación problema técnico	Objetivos, alcance, constrictiones, restricciones y formulación del problema
Fase 2: inicio	Acta de constitución del proyecto
Fase 3: planificación	Cronograma y EDT
Fase 4: ejecución	Desarrollo del estudio económico y financiero
Fase 5: control	resultados segunda encuesta de mediciones
Fase 6: cierre	Conclusiones y recomendaciones
INTERESADOS CLAVES	
Junta directiva y dirección general de la Fundación Santa Fe	Pacientes
Dirección general de la Fundación Santa Fe	Jefatura de infraestructura hospitalaria/ subdirección de infraestructura
Servicios a donde se destina el vapor producido por las calderas	Comunidad vecina de las instalaciones del hospital
PRESUPUESTO DEL PROYECTO: \$ 836,224,188	

Fuente: elaborada por los autores.

Fase de planificación

En esta etapa del proyecto pretendemos mostrar la forma y dinámica de construcción, definiendo de manera clara lo que se quiere conseguir y planificando como lo vamos a lograr:

Resultados de aplicación de la encuesta

Se utilizó un instrumento de medición tipo encuesta, el cual se relaciona en el ítem encuesta 1, esta primera medición tiene como objetivo identificar el interés que

tienen los encuestados de la comunidad hospitalaria de la Fundación Santa Fe de Bogotá en referencia al cambio de las calderas.

La encuesta fue aplicada entre el 2 y 3 de junio, fue diligenciada por 31 personas, a continuación, se presenta cada una de las preguntas con su respectivo análisis

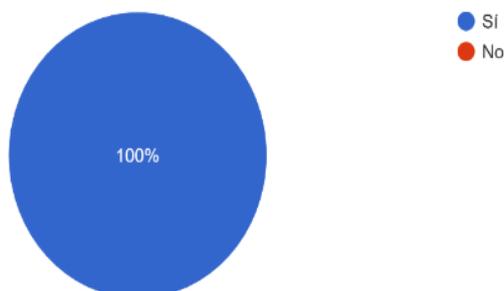
En la imagen 2 se observan los resultados a la pregunta ¿Sabía usted de la existencia de estas calderas dentro de las instalaciones de la FSFB?

Los resultados indican que el 100% de las personas encuestadas tienen conocimiento de la existencia de las calderas en la Fundación Santa Fe de Bogotá.

Imagen 2

Resultado pregunta 1

1. ¿Sabía usted de la existencia de estas calderas dentro de las instalaciones de la FSFB?
31 respuestas



Fuente: datos obtenidos de encuesta.

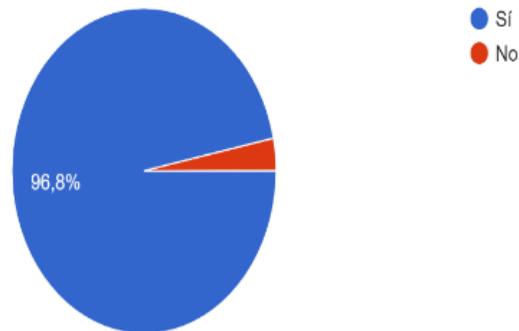
En la imagen 3 se observa los resultados a la pregunta ¿los sistemas de calderas presentan un alto riesgo de explosión por el proceso interno de funcionamiento el cual genera altas presiones al interior. ¿Usted considera que existe un mayor riesgo de explosión de estas calderas por su antigüedad y posible debilitamiento de sus materiales con el paso del tiempo?, 30 de las 31 personas encuestadas considera que la edad de las calderas instaladas en la fundación santa fe de Bogotá representan un alto riesgo y que pueden llegar a generar una explosión por el deterioro de los materiales.

Imagen 3

Resultado pregunta 2

2. Los sistemas de calderas presentan un alto riesgo de explosión por el proceso interno de funcionamiento el cual genera altas presiones al i...amiento de sus materiales con el paso del tiempo?

31 respuestas



Fuente: datos obtenidos de encuesta.

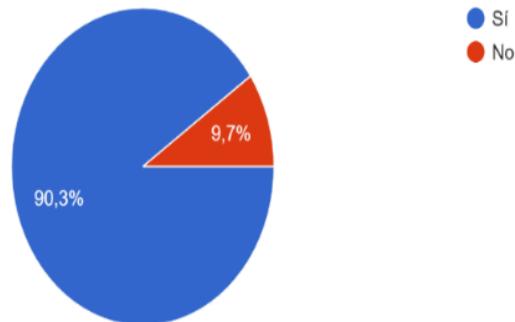
En la imagen 4 se muestran los resultados a la pregunta: debido al ruido y altas temperaturas propias del funcionamiento de las calderas ¿Piensa usted que puede afectar su salud?)

Los resultados indican que 28 de las 31 personas encuestadas consideran el ruido y la temperatura producidas por las calderas pueden llegar afectar su salud, consideramos que las 3 personas que no consideran que la operación de las calderas pueda afectar su salud están alejadas geográficamente de la ubicación de las máquinas.

Imagen 4*Resultado pregunta 3*

3. Debido al ruido y altas temperaturas propias del funcionamiento de las calderas ¿Piensa usted que puede afectar su salud?

31 respuestas



Fuente: datos obtenidos de encuesta.

En la imagen 5 se muestran los resultados de la pregunta: ¿Cree usted que las calderas actuales emiten un mayor volumen de gases combustibles contaminantes al medio ambiente por ser fabricadas con normas vigentes hace más de 30 años?

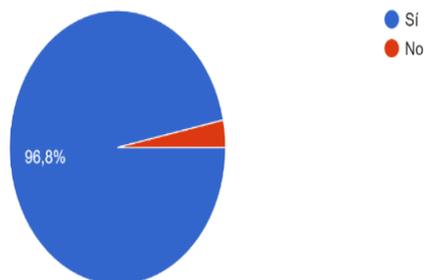
Los resultados indican que 30 de las 31 personas encuestadas creen que las calderas actuales emiten mayor volumen de gases contaminantes, solo una de las personas encuestadas considera lo contrario

Imagen 5

Resultado pregunta 4

4. ¿Cree usted que las calderas actuales emiten un mayor volumen de gases combustibles contaminantes al medio ambiente por ser fabricadas con normas vigentes hace más de 30 años?

31 respuestas



Fuente: datos obtenidos de encuesta.

En la imagen 6 se muestran los resultados a la pregunta ¿estaría de acuerdo con cambiar las calderas de la FSFB para disminuir el volumen de gases combustibles (dióxido de carbono CO₂) que se emiten al medio ambiente?

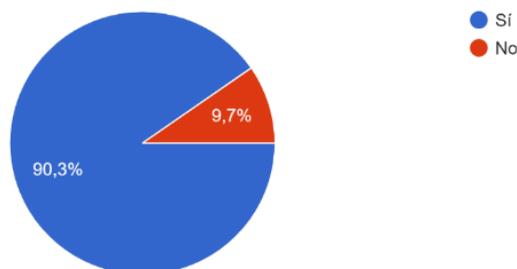
Los resultados indican que 30 de las 31 personas encuestadas están de acuerdo con cambiar las calderas para disminuir las emisiones de gases contaminantes al ambiente.

Imagen 6

Resultado pregunta 5

5. ¿Estaría de acuerdo en cambiar las calderas de la FSFB para disminuir el volumen de gases combustibles (dióxido de carbono CO₂) que se emiten al medio ambiente?

31 respuestas



Fuente: datos obtenidos de encuesta.

En la imagen 7 se muestra los resultados a la pregunta: ¿Usted cree que al reemplazar las calderas actuales por calderas de alta eficiencia se reducirán los costos de operación y mantenimiento?

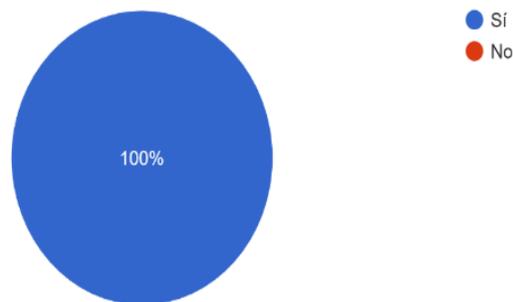
Todas las personas encuestadas coinciden en que reemplazar las calderas reducirá los costos de operación y mantenimiento.

Imagen 7

Resultado respuesta 6

6. ¿Usted cree que al reemplazar las calderas actuales por calderas de alta eficiencia se reducirán los costos de operación y mantenimiento?

31 respuestas



Fuente: datos obtenidos de encuesta.

En la imagen 7 se muestran los resultados a la pregunta: ¿Piensa usted que se puede recuperar la inversión en caso de cambiar las calderas por los bajos costos de operación y mantenimiento de las calderas de alta eficiencia?

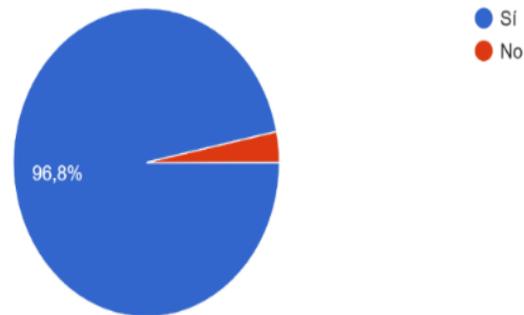
Los resultados indican que 30 de las 31 personas encuestada están de acuerdo que en el caso de reemplazo de las calderas el costo de inversión se puede recuperar por los bajos costos de operación y mantenimiento.

Imagen 8

Resultado respuesta 7

7. ¿Piensa usted que se puede recuperar la inversión en caso de cambiar las calderas por los bajos costos de operación y mantenimiento de las calderas de alta eficiencia?

31 respuestas



Fuente: datos obtenidos de encuesta.

De la encuesta se puede inferir que todas las personas encuestadas saben de la existencia de las calderas, la mayoría de los encuestados más de 90% consideran que las calderas representan un riesgo para la salud y para el medio ambiente además por las menos 28 personas que si las máquinas se reemplazan se disminuirá las emisiones atmosféricas y los costos de operación y mantenimiento.

El resultado de la encuesta establece la hoja de ruta de planeación del proyecto.

Estructura de desglose de trabajo EDT

El proyecto se construirá en 5 fases, la primera fase describe formulación del problema técnico, en la fase 2 se desarrolla el inicio del proyecto, en la siguiente fase la planeación del proyecto, en la cuarta fase la ejecución donde se desarrollan los objetivos del proyecto, posteriormente las fases de control y cierre, en la siguiente figura se muestra la estructura de desglose del proyecto en función a las fases mencionadas anteriormente.

Imagen 9

Estructura de desglose de trabajo EDT



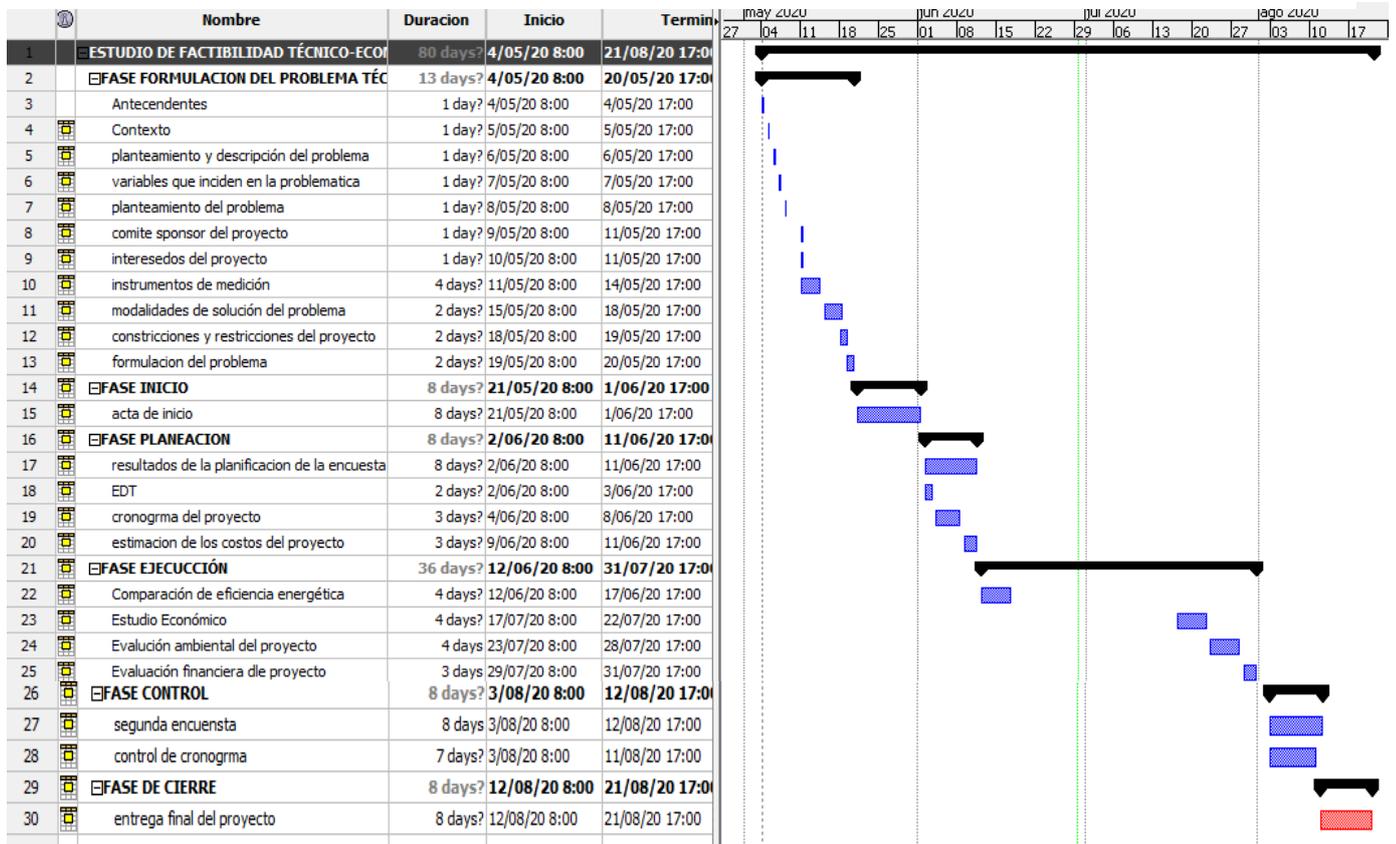
Fuente: elaborada por los autores

Cronograma del proyecto

Para la construcción del cronograma del proyecto se utilizó la versión libre de Project, en la siguiente tabla se muestra el resumen del cronograma por fases.

Imagen 10

Cronograma



Fuente: elaborada por los autores

Estimación de los costos del proyecto

La estimación de costos del proyecto se realizó teniendo en cuenta los gastos administrativos, compra de equipos, obras civiles y adecuaciones al sistema de calderas, los cuales se detallan a continuación:

Gastos Administrativos Se tienen en cuenta los costos de personal que estará a cargo de la dirección del proyecto y costos de oficina.

Tabla 3*Costos Administrativos*

Descripción	Cantidad	Unidad	Valor x Unidad	Valor Total
Director de Proyecto	300	hr	\$ 21.000	\$ 6.300.000
Papelería y varios	1	Global	\$ 750.000	\$ 750.000
Valor Total Gastos personal y administrativos				\$ 7.050.000

Fuente: elaborada por los autores.

Compra de Equipos El costo de las calderas descrito en la tabla incluye los costos asociados (transporte, logística) para ser instaladas en el sótano del hospital Universitario fundación Santa Fe.

Tabla 4*Costo de equipos*

Descripción	Cantidad	Unidad	Valor x Unidad	Valor Total
Caldera de vapor piro tubular UHD 100 BHP	2	Un	\$ 289,239,858	\$ 578,479,716
Tanque alimentación agua - desaireador WSM-T	1	Un	\$ 51,000,096	\$ 51,000,096
Suavizadora agua fresca WTM-DM	1	Un	\$ 22,255,904	\$ 22,255,904
Medidor local marca SAGE Modelo 111	1	Un	\$ 11,926,580	\$ 11,926,580
Totalizador y salida señales Ethernet (solo para medición de gas)	1	Un	\$ 1,934,023	\$ 1,934,022
Valor Total Equipos				\$ 665,596,320

Fuente: elaborada por los autores.

Logística, Transporte e Importación Los costos asociados a la logística, transporte e importación son la totalidad para instalar en sitio sótano del hospital universitario Fundación Santa Fe.

Tabla 5*Costos logística y transporte*

Descripción	Cantidad	Unidad	Valor x Unidad	Valor Total
Transporte e importación entrega DDP – Bogotá	1	Gl	\$ 106,269,113	\$ 106,269,112.50
Grúas y/o Montacargas	1	Gl	\$ 5,313,456	\$ 5,313,455.63
Valor Total Logística, transporte e importación				\$ 111,582,568

Fuente: elaborada por los autores

Obras civiles Los costos asociados a obras civiles incluyen el valor de materiales, mano de obra y administrativos de la empresa contratista.

Tabla 6*Costo de Obras Civiles*

Descripción	Cantidad	Unidad	Valor x Unidad	Valor Total
Resane y pintura de piso, zona proyecto	1	Global	\$ 3,173,625	\$ 3,173,625
Demarcación de piso, pintura de paredes y reparación de poyos	1	Global	\$ 4,125,215	\$ 4,125,215
Ampliación de reja de ingreso a calderas, mantenimiento y pintura	1	Global	\$ 920,00	\$ 920,00
Adecuación base nivelación piso espacio bombas alimentación agua caldera	1	Global	\$ 2,800,000	\$ 2,800,000
Valor Total Obras Civiles				\$ 11,018,840

Fuente: elaborada por los autores.

Adecuaciones al Sistema de Calderas Los costos asociados a las adecuaciones incluyen el valor de materiales, mano de obra y gastos administrativos de la empresa contratista.

Tabla 7*Costo Adecuaciones sistema de calderas*

Descripción	Cantidad	Unidad	Valor x Unidad	Valor Total
Conexión sistema neumático	1	Global	\$ 2,858,917	\$ 2,858,917
conexión válvula salida tanque desaireador	1	Global	\$ 5,838,021	\$ 5,838,021
Tratamiento químico agua reposición	1	Global	\$ 1,017,450	\$ 1,017,450
Válvula de Seguridad para línea de vapor	1	Global	\$ 2,812,500	\$ 2,812,500
Tubería para desfogue de calderas	1	Global	\$ 3,941,875	\$ 3,941,875
Instalación de tubo de 3 pulgadas para circuito de condensado	1	Global	\$ 380,00	\$ 380,00
Tubería condensados y aislamiento red	1	Global	\$ 17,569,993	\$ 17,569,993
Aislamiento para ductos de salidas de gases	1	Global	\$ 4,177,680	\$ 4,177,680
Línea de drenaje	1	Global	\$ 2,380,024	\$ 2,380,024
Valor Total Adecuaciones Sistema de Calderas				\$ 40,976,460

Fuente: elaborada por los autores.

Por lo tanto, se obtiene un costo inicial de ejecución del proyecto por un valor de **\$ 836,224,188 COP** el cual se describe en la siguiente tabla

Tabla 8

Resumen de costo del proyecto

Valor Total Gastos personal y administrativos	\$ 7,050,000
Valor Total Equipos	\$ 665,596,320
Valor Total Logística, transporte e importación	\$ 111,582,568
Valor Total Obras Civiles	\$ 11,018,840
Valor Total Adecuaciones Sistema de Calderas	\$ 40,976,460
Valor Inicial del proyecto	\$ 836,224,188

Fuente: elaborada por los autores.

Fase de ejecución

Comparación de eficiencia energética

Se ha realizado una revisión técnica respecto a las calderas existentes en el mercado realizando una comparación con las calderas de la Fundación Santa fe de Bogotá.

Se inició por extraer los datos más importantes de las calderas como los son: potencia, marca, eficiencia, consumo energía, máxima producción de vapor entre otros.

Tabla 9

Resumen características técnicas calderas 300BHP

Datos Calderas	
Capacidad caldera (BHP)	300
Presión de operación (psi)	80
Máxima producción de vapor (lb/h)	10350
Marca caldera	colmáquinas
Tipo de quemador	colmáquinas
Eficiencia estimada %	70%
Producción de vapor promedio según consumo (lb/h)	1309
Porcentaje de carga promedio	13%
consumo de gas promedio mensual (m3)	36980
Valor gas mensual (\$)	\$ 59.389.880

Fuente: (Fundación Santa Fe de Bogotá, 2020)

Después de revisar las tecnologías existentes en el mercado, se construyó una tabla resumen de las características más significativas de las calderas con el fin de construir una comparación objetiva desde la eficiencia energética, en la siguiente tabla se muestra un resumen técnico del análisis de 3 fichas técnicas de máquinas de alta eficiencia.

En la tabla 10, se muestra el resumen de las características técnicas.

Tabla 10

Revisión fichas técnicas calderas de alta eficiencia

Revisión fichas técnicas calderas de alta eficiencia	
Capacidad caldera (BHP)	130
Presión de operación (psi)	80
Máxima producción de vapor (lb/h)	94%
Consumo de gas (m ³ /h)	145
Porcentaje de carga a utilizar	29%
Consumo de gas % carga actual (m ³ /h)	42.0

Fuente: elaborada por los autores.

De acuerdo a la tabla 10 se observa que la eficiencia de las máquinas mejoraría en 24% comparando la tecnología de las calderas instaladas versus las que se encuentran actualmente en el mercado, además de un dimensionamiento adecuado de la potencia de las calderas en función a la demanda actual de vapor.

Estudio económico del proyecto

El estudio se enfocará para determinar la viabilidad del proyecto desde el punto financiero con la ayuda de la estimación del valor presente de los flujos de efectivo del proyecto y determinar el tiempo de retorno de la inversión.

Se realizó una revisión de costos de operación y mantenimiento, teniendo como insumo los datos del departamento de infraestructura hospitalaria de la fundación santa fe y el comparativo de eficiencia desarrollado en el punto 4.3.1

Costos de operación y mantenimiento

En este espacio de la planeación, se realizó una revisión de los costos de operación y mantenimiento de las calderas existente de 300 BHP., los costos de mantenimiento anual son los mostrados en la tabla 11.

Tabla 11

Costo mantenimiento calderas año 2019

Costo mantenimiento año 2019	
Mantenimiento preventivo	\$ 14,024,750
Mantenimiento correctivo	\$ 6,000,000

Fuente: (Fundación Santa Fe de Bogotá, 2020)

También se realizó una revisión de los costos de operación, se revisó el consumo de combustible (gas natural) anual, para este análisis los datos de partida son que las maquinas funcionan en promedio 8640 horas al año, el sistema está concebido para que una maquina sea respaldo de la otra, por lo que el análisis de consumo se realiza sobre una sola caldera.

Con lo anterior y teniendo en cuenta los consumos de combustible relacionados en las tablas 9 y 10, se procedió a realizar un estimado de ahorros desde la operación en función al consumo de combustible (gas natural), es importante conocer que el valor promedio de m³ de gas natural es de \$1606.

El estimado de ahorros por consumo de combustible se muestra en la 12

Tabla 12

Estimado ahorro combustible caldera

Estimado de ahorro de combustible	
Consumo actual de gas (m ³ /h)	51.4
Consumo de gas caldera alta eficiencia (m ³ /h)	42.05

Ahorro combustible estimado (m3/h)	9.35
Ahorro estimado mes	\$ 10,811,592
Ahorro estimado año	\$ 129,739,104

Fuente: elaborada por los autores.

Para la estimación de flujos de efectivo del proyecto se estimara una duración del proyecto con la vida útil de las calderas de alta eficiencia de 25 años, para los flujos de efectivo anual solo se tendrán en cuenta los ahorros obtenidos por el uso de la nueva tecnología estimados en la tabla 13, los gastos de mantenimiento no se tendrán en cuenta pero se determina que los costos de mantenimiento son menores en calderas de alta eficiencia con tecnología actual que la caldera existente que ya completo su vida útil, para realizar el cálculo de ahorro en combustible anual para los siguientes años se utilizó la inflación anual promedio de los ultimo 10 años en Colombia extraída del Banco de la República de Colombia la cual fue de 3.78%.

Tabla 13

Cálculo de ahorro de combustible (Gas) anual

Año	Costo de operación Caldera existente [Combustible]	Costo de operación Caldera nueva [Combustible]	Valor Ahorro Combustible
0			
1	\$ 713,218,176	\$ 583,479,072	\$ 129,739,104
2	\$ 740,177,823	\$ 605,534,581	\$ 134,643,242
3	\$ 768,156,545	\$ 628,423,788	\$ 139,732,757
4	\$ 797,192,862	\$ 652,178,207	\$ 145,014,655
5	\$ 827,326,752	\$ 676,830,544	\$ 150,496,209
6	\$ 858,599,704	\$ 702,414,738	\$ 156,184,966
7	\$ 891,054,772	\$ 728,966,015	\$ 162,088,757
8	\$ 924,736,643	\$ 756,520,931	\$ 168,215,712
9	\$ 959,691,688	\$ 785,117,422	\$ 174,574,266
10	\$ 995,968,034	\$ 814,794,860	\$ 181,173,173
11	\$ 1,033,615,625	\$ 845,594,106	\$ 188,021,519
12	\$ 1,072,686,296	\$ 877,557,563	\$ 195,128,733
13	\$ 1,113,233,838	\$ 910,729,239	\$ 202,504,599
14	\$ 1,155,314,077	\$ 945,154,804	\$ 210,159,273
15	\$ 1,198,984,949	\$ 980,881,656	\$ 218,103,293
16	\$ 1,244,306,580	\$ 1,017,958,982	\$ 226,347,598
17	\$ 1,291,341,369	\$ 1,056,437,832	\$ 234,903,537
18	\$ 1,340,154,073	\$ 1,096,371,182	\$ 243,782,891
19	\$ 1,390,811,897	\$ 1,137,814,013	\$ 252,997,884
20	\$ 1,443,384,586	\$ 1,180,823,382	\$ 262,561,204
21	\$ 1,497,944,524	\$ 1,225,458,506	\$ 272,486,017
22	\$ 1,554,566,827	\$ 1,271,780,838	\$ 282,785,989
23	\$ 1,613,329,453	\$ 1,319,854,153	\$ 293,475,299
24	\$ 1,674,313,306	\$ 1,369,744,640	\$ 304,568,666
25	\$ 1,737,602,349	\$ 1,421,520,988	\$ 316,081,361

Fuente: elaborada por los autores.

El ahorro presentado en la tabla 13 se considera como un ingreso para realizar el cálculo de del valor presente Neto para verificar la viabilidad del proyecto y el cálculo de retorno de la inversión, en la tabla 14 se muestran los flujos de efectivo por año, los valores en color rojo son negativos.

Tabla 14

Flujos de efectivo y cálculo de VPN

Año	Inversion Inicial	Valor de Rescate	Costo de operación Caldera existente [Combustible]	Costo de operación Caldera nueva [Combustible]	Valor Ahorro Combustible	Acumulado sin Tasa de oportunidad PB	Flujos netos a VP	Acumulado con tasa de oportunidad
0	\$ 836,224,188					\$ 836,224,188	\$ 836,224,188	\$ 836,224,188
1	\$ -	\$ -	\$ 713,218,176	\$ 583,479,072	\$ 129,739,104	\$ 706,485,084	\$ 117,944,640	\$ 718,279,548
2	\$ -	\$ -	\$ 740,177,823	\$ 605,534,581	\$ 134,643,242	\$ 571,841,842	\$ 111,275,407	\$ 607,004,141
3	\$ -	\$ -	\$ 768,156,545	\$ 628,423,788	\$ 139,732,757	\$ 432,109,085	\$ 104,983,288	\$ 502,020,853
4	\$ -	\$ -	\$ 797,192,862	\$ 652,178,207	\$ 145,014,655	\$ 287,094,430	\$ 99,046,961	\$ 402,973,893
5	\$ -	\$ -	\$ 827,326,752	\$ 676,830,544	\$ 150,496,209	\$ 136,598,221	\$ 93,446,305	\$ 309,527,587
6	\$ -	\$ -	\$ 858,599,704	\$ 702,414,738	\$ 156,184,966	\$ 19,586,744	\$ 88,162,341	\$ 221,365,246
7	\$ -	\$ -	\$ 891,054,772	\$ 728,966,015	\$ 162,088,757	\$ 181,675,501	\$ 83,177,162	\$ 138,188,084
8	\$ -	\$ -	\$ 924,736,643	\$ 756,520,931	\$ 168,215,712	\$ 349,891,214	\$ 78,473,871	\$ 59,714,213
9	\$ -	\$ -	\$ 959,691,688	\$ 785,117,422	\$ 174,574,266	\$ 524,465,480	\$ 74,036,531	\$ 14,322,317
10	\$ -	\$ -	\$ 995,968,034	\$ 814,794,860	\$ 181,173,173	\$ 705,638,653	\$ 69,850,101	\$ 84,172,419
11	\$ -	\$ -	\$ 1,033,615,625	\$ 845,594,106	\$ 188,021,519	\$ 893,660,173	\$ 65,900,396	\$ 150,072,814
12	\$ -	\$ -	\$ 1,072,686,296	\$ 877,557,563	\$ 195,128,733	\$ 1,088,788,905	\$ 62,174,028	\$ 212,246,842
13	\$ -	\$ -	\$ 1,113,233,838	\$ 910,729,239	\$ 202,504,599	\$ 1,291,293,504	\$ 58,658,369	\$ 270,905,211
14	\$ -	\$ -	\$ 1,155,314,077	\$ 945,154,804	\$ 210,159,273	\$ 1,501,452,777	\$ 55,341,505	\$ 326,246,716
15	\$ -	\$ -	\$ 1,198,984,949	\$ 980,881,656	\$ 218,103,293	\$ 1,719,556,070	\$ 52,212,194	\$ 378,458,910
16	\$ -	\$ -	\$ 1,244,306,580	\$ 1,017,958,982	\$ 226,347,598	\$ 1,945,903,668	\$ 49,259,832	\$ 427,718,742
17	\$ -	\$ -	\$ 1,291,341,369	\$ 1,056,437,832	\$ 234,903,537	\$ 2,180,807,205	\$ 46,474,412	\$ 474,193,155
18	\$ -	\$ -	\$ 1,340,154,073	\$ 1,096,371,182	\$ 243,782,891	\$ 2,424,590,096	\$ 43,846,496	\$ 518,039,650
19	\$ -	\$ -	\$ 1,390,811,897	\$ 1,137,814,013	\$ 252,997,884	\$ 2,677,587,980	\$ 41,367,176	\$ 559,406,826
20	\$ -	\$ -	\$ 1,443,384,586	\$ 1,180,823,382	\$ 262,561,204	\$ 2,940,149,184	\$ 39,028,050	\$ 598,434,876
21	\$ -	\$ -	\$ 1,497,944,524	\$ 1,225,458,506	\$ 272,486,017	\$ 3,212,635,201	\$ 36,821,191	\$ 635,256,067
22	\$ -	\$ -	\$ 1,554,566,827	\$ 1,271,780,838	\$ 282,785,989	\$ 3,495,421,190	\$ 34,739,120	\$ 669,995,187
23	\$ -	\$ -	\$ 1,613,329,453	\$ 1,319,854,153	\$ 293,475,299	\$ 3,788,896,489	\$ 32,774,781	\$ 702,769,968
24	\$ -	\$ -	\$ 1,674,313,306	\$ 1,369,744,640	\$ 304,568,666	\$ 4,093,465,155	\$ 30,921,516	\$ 733,691,484
25	\$ -	\$ 66,559,632	\$ 1,737,602,349	\$ 1,421,520,988	\$ 316,081,361	\$ 4,476,106,148	\$ 35,316,232	\$ 769,007,716

VPN	\$ 769,007,716	COP
TIR	19%	EA
RI	10.00%	EA
TIRM	12.91%	EA
PB	5.87	Años
DPB	8.81	Años

Fuente: elaborada por los autores.

El valor presente neto VPN para los flujos de efectivo del proyecto es positivo por lo cual es recomendable invertir en este proyecto y se determinó que se recupera la inversión con una tasa de oportunidad de 10% a los 8 años 9 meses 22 días.

Evaluación ambiental del proyecto

Para realizar la evaluación ambiental del proyecto se tiene en cuenta la regulación existente para la prevención y control de la contaminación atmosférica por fuentes fijas y protección de la calidad del aire en la ciudad de Bogotá, la cual se rige bajo resolución 6982 del 27 de diciembre de 2011 expedida por la Secretaria Distrital de Ambiente (SDA).

La presente resolución establece algunas definiciones relevantes para el desarrollo de la evaluación ambiental, las cuales se describen a continuación:

BHP: Capacidad de una caldera de entregar vapor a un motor de vapor, un BHP equivale a 33475 BTU/Hora.

Combustión interna: Es aquella en la que el calor se libera en el interior del equipo debido a la combustión de los carburantes que se emplean en los motores de explosión.

Combustión externa: Es el proceso en el cual, el combustible es utilizado para formar vapor fuera del equipo y parte de la energía interna del vapor se emplea para realizar trabajo en el interior del equipo.

Concentración de una sustancia en el aire: Es la relación que existe entre el peso o el volumen de una sustancia y la unidad de volumen de aire en la cual está contenida.

Condiciones estándar: Son los valores de temperatura y presión que equivalen a 20 o C y 760 mmHg, en Bogotá para pasar de condiciones estándar a condiciones de referencia se debe multiplicar por el siguiente factor:

$$\text{Factor: } 298 \text{ K} / 293 \text{ K} * 101.325 \text{ kPa} / 101.325 \text{ kPa} = 1.017$$

Emisión: Es la descarga de una sustancia o elemento al aire, en estado sólido, líquido o gaseoso, o en alguna combinación de éstos, proveniente de una fuente fija o móvil.

Fuente de emisión: Es toda actividad, proceso u operación, realizado por los seres humanos, o con su intervención, susceptible de emitir contaminantes al aire.

Fuente fija: Es la fuente de emisión situada en un lugar determinado e inamovible, aun cuando la descarga de contaminantes se produzca en forma dispersa.

Método de referencia: Es el procedimiento de medición y análisis probado exhaustivamente que debe utilizarse para determinar la concentración de una sustancia contaminante y debe realizarse bajo estrictos parámetros técnicos.

Norma de emisión: Es el valor de descarga permisible de sustancias contaminantes,

Establecido por la Autoridad ambiental competente, con el objeto de cumplir la norma de calidad del aire.

Sustancia: Todo elemento químico y sus compuestos, según se presentan en estado natural o producidos por la industria, ya sea en forma sólida, líquida o gaseosa.

Instalación Existente: Aquella instalación que se encuentre construida y operando a la entrada en vigencia de la resolución aplicable.

Instalación Nueva: Aquella instalación que inicie operación con posterioridad a la entrada en vigencia de la presente resolución aplicable.

(Secretaría Distrital de Ambiente, 2011)

La presente evaluación ambiental tiene como objetivo comparar el último informe de monitoreo de emisiones atmosféricas por fuentes fijas de las calderas del Hospital Universitario Fundación Santa Fe de Bogotá con los parámetros establecidos en la resolución 6982 de 2011 y la ficha técnica de las calderas Bosch UHD-100BHP.

Resultados de Informe de Monitoreo de Emisiones Atmosféricas por Fuentes Fijas El informe de monitoreo de emisiones atmosféricas por fuentes fijas de las calderas de la Fundación Santa Fe fue elaborado por la compañía ANALQUIM LTDA (Análisis

Fisicoquímicos y calidad del aire), la medición de parámetros se realizó el 8 de enero de 2010, a continuación, se muestran los resultados de las mediciones y conclusiones del informe:

Condiciones de operación de las calderas de 300BHP En las tablas 15 y 16 se muestra las condiciones de operación de las calderas durante la medición.

Tabla 15

Condiciones de operación caldera 1 durante muestreo

EQUIPO	Caldera 1 - 300 BHP	ISOCINETISMO (%)	-----	
COORDENADA NORTE	4°41'44.8"	COORDENADA OESTE	74°01'57.5"	
TIPO DE DUCTO	Rectangular	EXCESO DE AIRE (%)	205,41	
NUMERO DE PUERTOS DE MUESTREO DISPONIBLES	3	TEMPERATURA DE GASES (°C)	98,81	
DIAMETRO DE PUERTO (m)	0,10	HUMEDAD (%)	7,76	
DIAMETRO INTERNO DEL DUCTO (m)	0,53	PRESIÓN ABSOLUTA DE CHIMENEA (mmHg)	562,7	
ÁREA TRANSVERSAL (m ²)	0,296	PESO MOLECULAR DE GASES (kg/kgmol)	29,30	
DISTANCIA B (m)	8,14	COMPOSICIÓN DE GASES	% O ₂	14,40
DISTANCIA A (m)	5,85		%CO ₂	4,50
VELOCIDAD DE LOS GASES (m/s)	7,74		%CO	0,00
FLUJO VOLUMÉTRICO (m ³ /min)	137,30		%N ₂	81,10

Fuente: (Analquin, 2019)

Tabla 16*Condiciones de operación caldera 2 durante muestreo*

EQUIPO	Caldera 2 - 300 BHP	ISOCINETISMO (%)	-----	
COORDENADA NORTE	4°41'44.8"	COORDENADA OESTE	74°01'57.5"	
TIPO DE DUCTO	Rectangular	EXCESO DE AIRE (%)	63,47	
NUMERO DE PUERTOS DE MUESTREO DISPONIBLES	3	TEMPERATURA DE GASES (°C)	99,46	
DIAMETRO DE PUERTO (m)	0,10	HUMEDAD (%)	13,16	
DIÁMETRO INTERNO DEL DUCTO (m)	0,53	PRESIÓN ABSOLUTA DE CHIMENEA (mmHg)	562,7	
ÁREA TRANSVERSAL (m ²)	0,296	PESO MOLECULAR DE GASES (kg/kgmol)	29,54	
DISTANCIA B (m)	8,14	COMPOSICIÓN DE GASES	% O ₂	8,60
DISTANCIA A (m)	5,85		%CO ₂	7,50
VELOCIDAD DE LOS GASES (m/s)	7,29		%CO	0,00
FLUJO VOLUMÉTRICO (m ³ /min)	129,41		%N ₂	83,90

Fuente: (Analquin, 2019)

Cálculo de las unidades de contaminación atmosféricas La determinación de la frecuencia del estudio de emisiones atmosféricas para cada contaminante se deberá cuantificar mediante el número de unidades de contaminación atmosférica (UCA) definido como:

$$UCA = EX / NX$$

UCA: Unidad de Contaminación Atmosférica calculada para cada uno de los contaminantes.

Ex: Concentración de la emisión del contaminante en mg/m³ a condiciones de referencia y con la corrección de oxígeno de referencia que le aplique.

Nx: Estándar de emisión admisible para el contaminante en mg/m³ según

Resolución aplicable

(Analquin, 2019)

En la tabla 10, se muestra los resultados de la medición de óxidos de nitrógeno y el cálculo de las unidades de contaminación emitidas por las calderas.

Tabla 17

resultado de medición de óxidos de nitrógeno y valores de unidades de contaminación ambiental

Fuente	Contaminante	E _x (mg/m ³)	N _x (mg/m ³)	UCA E _x /N _x	Aporte del Contaminante	Frecuencia de Monitoreo
Caldera de 1 - 300 BHP	Óxidos de Nitrógeno (NO _x)	140,58	250	0,56	Medio	Cada año
Caldera 1 - 300 BHP	Óxidos de Nitrógeno (NO _x)	115,14	250	0,46	Bajo	Cada 2 años

Fuente: (Analquin, 2019)

Valores de Referencia Normativa Las Calderas de 300 BHP, pertenecientes a la FUNDACIÓN SANTA FÉ DE BOGOTÁ se usan para generar vapor necesario en el calentamiento de agua, por lo tanto, la normatividad aplicable corresponde al Artículo 4 de la Resolución 6982 de 2011 de la Secretaría Distrital de Ambiente (SDA). En la Tabla 11 se presentan los valores de referencia utilizados en la presente evaluación aplicable para equipos de combustión externa existentes, a condiciones de referencia (25 °C, 760 mm Hg) con oxígeno de referencia del 3%.

(Analquin, 2019)

Tabla 18

Valores de emisión admisibles

Emisión	NO _x
Estándar de Emisión (mg/m ³)	250

Fuente: (Secretaria Distrital de Ambiente, 2011)

Valores de Emisión de Calderas Bosch UHD-100 BHP De acuerdo a la revisión de la ficha técnica las calderas UHD- ,100 BHP, se evidencia que el valor de emisiones de óxidos de nitrógeno es de 120 mg/m³.

También se revisó el impacto debido a las emisiones por el uso del combustible para tal fin es necesario comparar el consumo actual con el consumo calculado de las calderas UHD-100 BHP, en la siguiente tabla se relaciona el comparativo de los valores de consumo de gas natural

(Bosch, 2020)

Tabla 19

Comparativo consumo mensual de gas natural

Comparativo consumo mensual de gas natural (m3-mes)	
Consumo caldera actual 300 BHP	37008
Consumo estimado caldera Bosch 100 BHP	30456

Fuente: elaborada por los autores.

Del comparativo de consumos de gas natural se evidencia una diferencia de 6552 m3 mensuales entre la tecnología existente y la propuesta.

Con la información anterior y apoyados en una calculadora de emisiones atmosféricas se calculó la huella de carbono anual para las dos tecnologías medida en toneladas de CO₂.

El cálculo de la huella de carbono para las calderas existente en un año es de 902 toneladas de CO₂ como se muestra en la siguiente imagen:

Imagen 11

Cálculo de huella de carbono calderas existentes

Cálculo de Huella de Carbono por consumo de calefacción y agua caliente sanitaria (ACS), Fuente no eléctrica

1. Consumo de combustible de calefacción y ACS

SI, mi consumo es de: 411096 m3 de gas

NO, pero mi Vivienda tiene

2. Resultado

El resultado del consumo de calefacción y agua sanitaria es de: 901958.98 Kg de CO₂

Fuente: (CeroCO₂, 2020)

El cálculo de la huella de carbono para las calderas propuestas en un año es de 742.2 toneladas de CO₂ como se muestra en la siguiente imagen:

Imagen 12

Cálculo huella de carbono calderas propuestas

Fuente: (CeroCO₂, 2020)

Como se evidencia en los cálculos realizados anteriormente el cambio de tecnología disminuirá las emisiones anuales de CO₂ en 159 toneladas.

Fase de Control y Monitoreo del Proyecto

Segundo instrumento de medición

Se realizó una segunda medición para evaluar el interés de los gestores de inversión dentro de la organización,

se realizará una muestra de 6 personas.

La encuesta se realizará mediante el uso de la herramienta de google drive.

Los encuestados suministrarán datos generales:

- Nombres y apellidos
- Cargo

Se realizarán 4 preguntas, a continuación se muestra la estructura de la encuesta :

a continuación, se listan las preguntas de la encuesta:

1. Después de realizar una evaluación financiera para el posible cambio de las calderas, se determinó que el retorno de la inversión se dará en 8 años y 10 meses,

¿considera que ese tiempo de retorno de la inversión es aceptable y permitirá la implementación del proyecto?

SI NO

¿Por qué? _____

2. La evaluación técnica del proyecto nos permite evidenciar una mejora de 24% en la eficiencia energética de las máquinas propuestas ¿este aspecto tendría relevancia en la toma de decisión?

SI NO

¿Por qué? _____

3. La evaluación ambiental arrojo como resultado que con la implementación de la nueva tecnología en calderas podríamos alcanzar una disminución anual de emisión de hasta 159 toneladas de CO₂ ¿considera usted que esta disminución en el impacto ambiental es aceptable para la aprobación del proyecto?

SI NO

¿Por qué? _____

4. Considerando los beneficios planteados en las preguntas anteriores ¿Cree usted que de acuerdo al plan de inversión de la Fundación Santa Fe de Bogotá es posible la implementación del proyecto cambio de calderas?

SI NO

¿Por qué? _____

Resultados de la encuesta

Se utilizó un instrumento de medición tipo encuesta, el cual se relaciona en el ítem segundo instrumento de medición, esta segunda medición tiene como objetivo identificar el interés de inversión en el proyecto cambio de calderas.

La encuesta fue aplicada entre el 13 de Julio de 2020, fue diligenciada por 6 personas, a continuación, se presenta cada una de las respuestas con su respectivo análisis

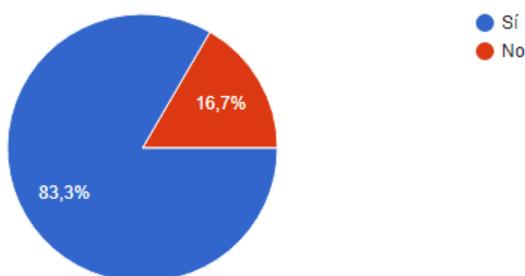
En la imagen 13 se muestra el resultado de respuestas a la pregunta 1, el 83.3% de los encuestados considera que 9 en retorno de inversion es un tiempo aceptable y permitira la implementacion del proyecto

Imagen 13

Resultado pregunta 1

•Después de realizar una evaluación financiera para el posible cambio de las calderas, se determinó que el retorno de la inversión se dará en 9 años, ¿considera que ese tiempo de retorno de la inversión es aceptable y permitirá la implementación del proyecto?

6 respuestas



¿ Por qué?

6 respuestas

- Siempre y cuando la inversión no supere los 1000 millones de pesos
- De acuerdo al tipo de tecnología a implementar se considera un buen horizonte de recuperacion de inversión
- El tiempo de recuperación de la inversión es muy alto
- Es un tiempo aceptable de retorno de inversión para un proyecto de este tipo
- Se entiende la vida útil de una caldera de última generación es superior a 15 años y el retorno de la inversión sería mucho antes lo cual hace muy viable la inversión
- Si puesto que la vida útil de estos equipos es muy superior a los 9 años

Fuente: datos obtenidos de encuesta.

En la imagen 14 se muestra el resultado de respuestas a la pregunta 2, el 100% de los encuestados considera que la mejora en la eficiencia energética propuesto apalancara la toma de decisión de la implementación del proyecto.

Imagen 14

Resultado pregunta 2

La evaluación técnica del proyecto nos permite evidenciar una mejora de 24% en la eficiencia energética de las máquinas propuestas ¿este aspecto tendría relevancia en la toma de decisión?

6 respuestas



¿Por qué?

6 respuestas

Es una mejora significativa en la eficiencia energética del sistema

Es un valor aceptable de la mejora de la eficiencia

La eficiencia energética es muy buena

Disminuye los costos de operación obteniendo la misma utilización del sistema de calderas

Hoy en día no se debería hacer una inversión sin tener en cuenta la eficiencia energética, es un diferenciador muy relevante

Se obtiene una reducción en el consumo de combustibles fósiles no renovables

Fuente: datos obtenidos de encuesta.

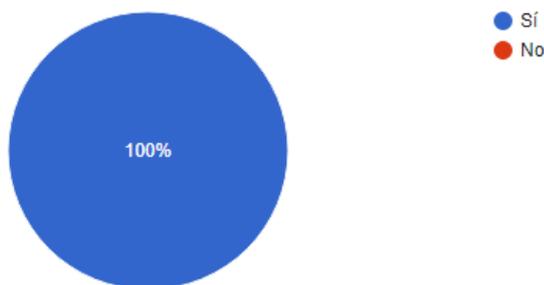
En la imagen 15 se muestra el resultado de respuestas a la pregunta 3, el 100% de los encuestados considera que la disminución del impacto ambiental es aceptable para la posible aprobación del proyecto.

Imagen 15

Resultado pregunta 3

La evaluación ambiental arrojó como resultado que con la implementación de la nueva tecnología en calderas podríamos alcanzar una disminución anual de emisión de hasta 159 toneladas de CO2 ¿considera usted que esta disminución en el impacto ambiental es aceptable para la aprobación del proyecto?

6 respuestas



¿ Por qué?

6 respuestas

Se impacta de manera positiva el medio ambiente

La disminución en las emisiones es aceptable

permite que la institución aporte a la disminución en las emisiones atmosféricas

Si, siempre y cuando sea un proyecto rentable y se recupere la inversión

La Fundación tiene como una de sus políticas la disminución del impacto ambiental producto de sus operaciones y es clave considerar este aspecto en cada proyecto

En la actualidad los presupuestos presentan un gran peso en su componente ambiental

Fuente: datos obtenidos de encuesta.

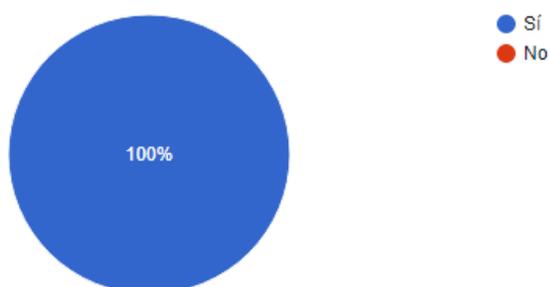
En la imagen 16 se muestra el resultado de respuestas a la pregunta 4, el 100% de los encuestados considera que de acuerdo al plan de inversión de la Fundación Santa Fe es posible implementar el proyecto cambio de calderas.

Imagen 16

Resultado pregunta 4

Considerando los beneficios planteados en las preguntas anteriores ¿Cree usted que de acuerdo al plan de inversión de la Fundación Santa Fe de Bogotá es posible la implementación del proyecto cambio de calderas?

6 respuestas



¿Por qué?

6 respuestas

Dentro de la política de renovación tecnológica se tienen considerados este tipo de inversiones

Es un proyecto viable y necesario

A pesar de que considero que el retorno de inversión del proyecto esta muy alto considerando los beneficios energéticos y ambientales se puede implementar el proyecto.

Presenta ahorros en los costos de operación y minimiza el los gases como el CO2 vertidos al medio ambiente

Económica y ambientalmente rentable y favorecedor

Por reducción de costos en operación y menor consumo de combustibles

Fuente: datos obtenidos de encuesta.

Conclusiones

- La evaluación ambiental permite identificar que si se opta por la decisión de cambio de calderas a tecnologías eficientes se pueden alcanzar disminución de emisiones de hasta 159 toneladas de CO₂ por año contribuyendo a la disminución del calentamiento global, este indicador permite determinar un impacto positivo en el ambiente contribuyendo de manera directa a la disminución de los niveles de contaminación atmosférica.
- Al realizar la comparación de eficiencia energética de la tecnología existente frente a las máquinas propuestas se evidencia que se alcanzarían una disminución de mensual en el consumo de gas natural de 6552 m³, la eficiencia energética mejora del 70% al 94%.
- Se determinó que el proyecto es viable de acuerdo con los flujos de efectivo evaluados al obtener un valor presente neto VPN de \$ 769,007,716 positivo lo cual indica que el proyecto es rentable financieramente.
- Se calculó un tiempo de recuperación de la inversión de acuerdo a los flujos de efectivo del proyecto de 8 años 9 meses y 22 días aproximadamente, este tiempo es aceptable para las políticas de inversión de la organización.
- De acuerdo a los resultados de los instrumentos de medición la organización en general considera que es importante el cambio de las calderas existentes y además indica el interés de realizar una inversión en la tecnología propuesta.

Recomendaciones

De acuerdo a la revisión técnica, ambiental y económica, al realizar el cambio de calderas existentes por calderas de alta eficiencia energética se lograría aumentar la eficiencia en un 24 %, reduciendo las emisiones de CO₂ al medio ambiente en un valor de 149 Toneladas por año, se generan ahorros por concepto de combustible en los gastos de operación por un valor estimado anual de \$ 129,739,104 COP, de acuerdo al estudio financiero se recuperara la inversión en menos de 9 años de operación con las calderas de alta eficiencia. Por lo tanto, el equipo de proyectos recomienda al Hospital Fundación Universitaria Santa Fe de Bogotá dar su aprobación para la implementación de este proyecto de cambio de las calderas de 300 BHP existentes por máquinas de 100 BHP de alta eficiencia energética de manera inmediata con el fin de implementar el nuevo sistema para inicios del año 2021 y obtener los beneficios antes mencionados y tener un sistema de calderas moderno y confiable.

El equipo de proyecto se permite sugerir la revisión de todos los consumos energéticos con el fin de identificar proyectos de eficiencia que permitan apalancar reemplazo de tecnologías obsoletas, mejorando niveles de seguridad de las instalaciones y disminuyendo el riesgo de afectación de la comunidad hospitalaria.

Bibliografía

- American Psychological Association. (s. f.). *Publication manual of the American Psychological Association, 7th ed.* Recuperado de <https://content.apa.org/record/2019-59141-000>
- American Psychological Association. (s. f.). *Style and Grammar Guidelines.* Recuperado de <https://apastyle.apa.org/style-grammar-guidelines>
- Analquin. (2019). *Informe de Emisiones de Fuentes Fijas* (N.º 318). Bogotá.
- Banco de la República de Colombia. (s. f.). *Inflación total y meta.* Banco de la República. Recuperado de <https://www.banrep.gov.co/es/estadisticas/inflacion-total-y-meta>
- Blank, L., & Tarquin, A. (2003). *Ingeniería Económica.* México D.F., Mc Graw Hill.
- Bosch Termotecnología.* Bosch Climate. (2020). Recuperado de <https://www.bosch-climate.pe/>
- cero CO2. (s. f.). *Calcula y compensa tus emisiones de CO2.* ceroCO2. Recuperado de <https://www.ceroco2.org/calculadoras/>
- Coss Bu, R. (1995). *Análisis y Evaluación de Proyectos de Inversión.* México D.F., Limusa.
- Nuestra Historia.* (2012), Recuperado de <https://www.fsfb.org.co/wps/portal/fsfb/inicio/acercadefsfb/sobre-la-fsfb>

Explosión de caldera en hospital colombiano deja 9 heridos. (2010). La república.

Recuperado de :<https://larepublica.pe/mundo/449682-explosion-de-caldera-en-hospital-colombiano-deja-9-heridos/>

Secretaria Distrital de Ambiente (2011). Resolución 6982 de 2011 *Por la cual se dictan normas sobre prevención y control de la contaminación atmosférica por fuentes fijas y protección de la calidad del aire.* Bogotá D.C.: Secretaria Distrital de Ambiente.