

**ESTUDIO TÉCNICO Y FINANCIERO DE REEMPLAZO DE AIRE
ACONDICIONADO TIPO MINISPLIT POR EQUIPOS CON TECNOLOGÍA
INVERTER UBICADOS EN LAS INSTALACIONES DE ECOPETROL S.A.
SUPERINTENDENCIA “LA CIRA INFANTAS”**

**YURIAN FERNANDA OLAYA PEÑA
FABIÁN ALEXANDER RUEDA PELAYO**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO MECÁNICAS
ESCUELA DE ESTUDIOS INDUSTRIALES Y EMPRESARIALES
ESPECIALIZACIÓN EN EVALUACIÓN Y GERENCIA DE PROYECTOS
BARRANCABERMEJA
2014**

**ESTUDIO TÉCNICO Y FINANCIERO DE REEMPLAZO DE AIRE
ACONDICIONADO TIPO MINISPLIT POR EQUIPOS CON TECNOLOGÍA
INVERTER UBICADOS EN LAS INSTALACIONES DE ECOPETROL S.A.
SUPERINTENDENCIA “LA CIRA INFANTAS”**

**YURIAN FERNANDA OLAYA PEÑA
FABIÁN ALEXANDER RUEDA PELAYO**

**Trabajo de monografía para optar el título de
Especialista en Evaluación y Gerencia de Proyectos**

Director

**JUAN BENJAMÍN DUARTE DUARTE
INGENIERO INDUSTRIAL
PHD. FINANZAS DE EMPRESA**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO MECÁNICAS
ESCUELA DE ESTUDIOS INDUSTRIALES Y EMPRESARIALES
ESPECIALIZACIÓN EN EVALUACIÓN Y GERENCIA DE PROYECTOS
BARRANCABERMEJA
2014**

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	14
OBJETIVOS	15
OBJETIVO GENERAL	15
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
ALCANCE	16
LOCALIZACIÓN.....	17
1. INVENTARIO Y CARACTERÍSTICAS DE EQUIPOS MINISPLIT INSTALADOS	18
1.1 INVENTARIO	18
1.2 CAPACIDAD DE ENFRIAMIENTO	21
1.3 TIPO DE COMPRESOR	21
1.4 TIPO DE REFRIGERANTE.....	22
1.5 CONSUMO	23
1.6 NIVEL DE RUIDO	25
1.7 PESO	26
1.8 DIÁMETRO DE LA TUBERÍA	26
2. ESTUDIO TÉCNICO AIRE ACONDICIONADO INVERTER	27
2.1 GENERALIDADES.....	27
2.1.1 Conceptos Básicos de Refrigeración.....	27
2.1.2 Funcionamiento de un Equipo de Aire Acondicionado	28
2.1.3. Equipo de Aire Acondicionado tipo Minisplit.....	29
2.2 TIPO DE COMPRESOR	30
2.3 TIPO DE REFRIGERANTE.....	33
2.4 CONSUMO	34
2.5 NIVEL DE RUIDO	35

2.6 PESO	36
2.7 DIÁMETRO DE LA TUBERÍA	36
3. ESTUDIO FINANCIERO	38
3.1 GENERALIDADES.....	38
3.2 INVERSIÓN EN EQUIPOS	39
3.3 MANO DE OBRA	40
3.4 MATERIALES	42
3.5 CONSUMO DE ENERGÍA	42
3.6 COSTOS DE MANTENIMIENTO	44
3.6.1 Mantenimiento Preventivo.....	44
3.6.2 Mantenimiento Correctivos.....	44
3.7 DEPRECIACIÓN.....	46
3.8 VALOR RESIDUAL	46
3.9 ANÁLISIS INCREMENTAL	47
3.9.1 Flujo de Caja Sin el Proyecto	47
3.9.2 Flujo de Caja Con el Proyecto.....	49
3.9.3 FLUJO DE CAJA INCREMENTAL (CON-SIN)	51
3.10 RESULTADOS DE INDICADORES	53
3.10.1 PAY BACK	53
3.10.2 TIR.....	54
3.10.3 Análisis de Sensibilidad	54
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	56
BIBLIOGRAFÍA	57

LISTA DE ILUSTRACIONES

	Pág.
Ilustración 1: Ubicación Geográfica La Cira Infantas El Centro, Santander.....	17
Ilustración 2. Equipo de aire acondicionado tipo mini Split ubicado en la planta de agua Campo 23	20
Ilustración 3: Funcionamiento compresor convencional.....	21
Ilustración 4.: Circuito básico del proceso realizado en un aire acondicionado ...	29
Ilustración 5. Aire acondicionado tipo mini Split (de izquierda a derecha: evaporadora, condensadora y control remoto)	30
Ilustración 6. Gráfica comparativa de temperatura y potencia vs tiempo - tecnología Inverter y Convencional.....	31
Ilustración 7: Comparación entre tecnología Inverter (Motor BLDC) y convencional (Motor CA).....	31
Ilustración 8: Comparación entre adaptaciones de temperatura en el tiempo - compresor convencional vs Inverter.	32
Ilustración 9. Comparación Ahorro de Energía entre tecnologías.	33
Ilustración 10. Análisis de sensibilidad (Ahorro vs VPN).	55

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Inventario de equipos de aire acondicionado actualmente instalados.	18
Tabla 2: Consolidado de equipos de acuerdo a su capacidad.	21
Tabla 3. Consumo Energético de los equipos actualmente instalados.....	23
Tabla 4. Nivel de ruido (dB) de los equipos mini Split convencional.....	25
Tabla 5. Peso en Kg, de las unidades evaporadoras y condensadora de equipos mini Split convencional.....	26
Tabla 6. Diámetro (Pulgadas) de las tuberías en equipos mini Split convencional.	26
Tabla 7. Consumo promedio mensual equipos mini Split Inverter.....	34
Tabla 8. Diferencia de consumo energético Convencional vs. Inverter.	35
Tabla 9. Nivel de ruido en mini Split Inverter.	35
Tabla 10. Peso de evaporadora y condensadora en equipos mini Split Inverter. ...	36
Tabla 11. Diámetro (pulg) de las tuberías en equipos mini Split Inverter	37
Tabla 12. Presión de trabajo de Refrigerante	37
Tabla 13. Costo total de los equipos a instalar.	39
Tabla 14. Mano de obra requerida.	40
Tabla 15. Perfil y salario básico requerido para el proyecto	40
Tabla 16. Costo mensual de mano de obra.....	41
Tabla 17. Otros costos operativos.....	41
Tabla 18. Costo de materiales.....	42

Tabla 19. Costo de consumo de energía anual equipos convencionales.....	43
Tabla 20. Costo de consumo de energía anual equipos Inverter.	43
Tabla 21. Costo anual de mantenimiento preventivo de aires Ecopetrol S.A.	44
Tabla 22. Costo anual de mantenimiento correctivo de aires convencionales Ecopetrol S.A.	45
Tabla 23. Costo anual de mantenimiento correctivo de aires acondicionados Inverter.....	45
Tabla 24. Depreciación en línea recta de los equipos de aire acondicionado tipo Inverter.....	46
Tabla 25. Valor residual de los equipos de aire acondicionado tipo Inverter.....	47
Tabla 26: Flujo de caja sin el proyecto.	48
Tabla 27. Flujo de caja con el proyecto.	50
Tabla 28. Flujo de caja incremental (con – sin).	52
Tabla 29. Payback estático.....	53
Tabla 30. Payback dinámico.....	53

GLOSARIO

AIRE ACONDICIONADO: es aquel electrodoméstico que procesa el aire ambiente de un lugar cerrado, enfriándolo, limpiándolo, controlando de manera simultánea, la humedad del mismo, para generar una atmósfera agradable para quienes se encuentran en dicho espacio.

BTU (British Thermal Unit): Representa la cantidad de energía que se requiere para elevar en un grado Fahrenheit la temperatura de una libra de agua en condiciones atmosféricas normales.

COMPRESOR: Es una máquina de fluido cuya función es aumentar la presión y desplazar un fluido compresible como gas o vapor.

INVERTER: tecnología aplicada en los motores de los compresores, la cual transforma la corriente alterna en corriente directa y puede trabajar a diferentes frecuencias o velocidades con el fin de consumir menos energía.

KWH: Kilowatts hora, es una unidad de energía que se expresa en formas de unidades de potencia por tiempo.

MANTENIMIENTO CORRECTIVO: Corrección de las averías o fallas, cuando estas se presentan de manera no planificada.

MANTENIMIENTO PREVENTIVO: Su propósito es prever las fallas manteniendo los procesos, equipos e instalaciones productivas en completa operación a los niveles y eficiencia óptimos.

R-22: clorodifluorometano, es un gas incoloro frecuentemente empleado para los equipos de refrigeración y altamente contaminante para la capa de ozono.

R-410: Es una mezcla de gases usada como refrigerante en los equipos de aire acondicionado. Es un refrigerante de alta seguridad que ha remplazado al R-22 por su rendimiento y menor impacto a la capa de ozono.

RESUMEN

TÍTULO: ESTUDIO TÉCNICO Y FINANCIERO DE REEMPLAZO DE AIRE ACONDICIONADO TIPO MINISPLIT POR EQUIPOS CON TECNOLOGÍA INVERTER UBICADOS EN LAS INSTALACIONES DE ECOPETROL S.A. SUPERINTENDENCIA “LA CIRA INFANTAS”*

AUTORES: Yurian Fernanda Olaya Peña
Fabián Alexander Rueda Pelayo **

PALABRAS CLAVES: Refrigeración, Análisis Incremental, Compresor, Evaporador, Inverter, Aire Acondicionado, Mantenimiento Correctivo, Mantenimiento Preventivo.

DESCRIPCIÓN

El presente trabajo nace a partir de la necesidad de Ecopetrol S.A de dar cumplimiento a las nuevas políticas ambientales y ajustar cada uno de sus procesos a la meta de “*Un millón de barriles limpios*”. En la actualidad Ecopetrol S.A posee equipos de aire acondicionado con refrigerante R22, razón por la cual se planteó un estudio técnico para realizar el cambio de dichos equipos.

Se analizó cada una de las características técnicas de los equipos instalados y se comparó con la tecnología Inverter, que ofrece una reducción en el consumo de energía y su refrigerante es el R410A, amigable con el medio ambiente.

Asimismo, se efectuó un cálculo proyectado del consumo de energía con la implementación de la tecnología Inverter en las instalaciones de La Cira Infantas de Ecopetrol S.A., esto con el fin de demostrar la diferencia del consumo de energía entre ambas tecnologías.

Para llevar a cabo el estudio financiero se utilizó la metodología de análisis incremental, en la cual se muestra el estado de la empresa sin el proyecto y con el proyecto. Finalmente se calculó la diferencia entre ambos casos que refleja el ahorro y por consiguiente los beneficios del proyecto. Por otro lado, se realizó una proyección del periodo de recuperación de la inversión y un análisis de sensibilidad con el objetivo de determinar el mínimo porcentaje de ahorro en energía que debería tener el proyecto para no producir pérdidas a la empresa.

* Monografía

** Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Escuela de Diseño Industrial. Director: Juan Benjamín Duarte Duarte

ABSTRACT

TITLE: FINANCIAL AND TECHNICAL STUDY OF AIR CONDITIONING TYPE MINISPLIT REPLACEMENT WITH INVERTER TECHNOLOGY LOCATED IN ECOPETROL S.A. SUPERINTENDENT "LA CIRA INFANTAS"*

AUTHORS: Yurian Fernanda Olaya Peña
Fabián Alexander Rueda Pelayo **

KEYWORDS: Refrigeration, Incremental Analysis, Compressor, Evaporator, Inverter, Air Conditioning, Corrective Maintenance, Preventive Maintenance.

DESCRIPTION

This work derives from the need to Ecopetrol SA to comply with new environmental policies and adjust each of its processes to the goal of "One million barrels clean." Currently Ecopetrol SA has air conditioning with R22, why a technical study was planned to make the change of such equipment.

Each of the technical characteristics of the equipment installed, was analyzed and compared with the Inverter technology, which offers reduced energy consumption and the refrigerant used is R410A, environmentally friendly.

Also, a calculation of projected energy consumption by implementing Inverter technology in "La Cira Infantas" of Ecopetrol SA was made, in order to show the difference in energy consumption between the two technologies.

To carry out the financial study was used the analysis incremental methodology, in which the state of the company is shown "without the project" and "with the project". Finally the difference between the two cases reflects the savings and therefore the project benefits are calculated. On the other hand, it was made a projection of the recovery period of the investment and a sensitivity analysis in order to determine the minimum percentage of energy savings in the project should have no cause loss to the company.

* Monograph

** Faculty of Engineering Physic Mechanical. School of Industrial and Business Studies. Specialization in Evaluation and Project Management. Director: Juan Benjamin Duarte Duarte

INTRODUCCIÓN

ECOPETROL S.A es la compañía petrolera más grande del país. Debido a la naturaleza de su negocio, en su historia ha presentado eventos de contaminación ambiental, razón por la cual, se propuso la meta de “*Un millón de barriles limpios*”. Para lograr este objetivo, ECOPETROL S.A ha implementado una serie de políticas dirigidas directamente al aumento de su producción y la disminución del impacto ambiental en todos sus procesos.

Dentro de las medidas tomadas por la empresa están, el ahorro energético y reducción de emisiones atmosféricas. Actualmente, en las instalaciones de la Cira Infantas de Ecopetrol S.A. se encuentran operando sistemas de refrigeración tipo Mini Split convencional, los cuales funcionan con el refrigerante R22 altamente contaminante para la capa de ozono por su contenido de HCFC's. Por esta razón, se hace necesario el cambio de estos sistemas por otros que brinden un mejor rendimiento en cuanto al consumo de energía y cuyo refrigerante no impacte la capa de ozono.

De acuerdo a lo anterior, en el presente trabajo se expone una propuesta para el cambio de los equipos actuales en la Superintendencia la Cira Infantas, por los equipos Mini Split con tecnología Inverter cuyo refrigerante es R-410A, los cuales tienen un ahorro energético y son amigables con el medio ambiente.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Desarrollar el estudio técnico y financiero de reemplazo de aire acondicionado tipo mini Split por equipos con tecnología Inverter ubicados en las instalaciones de Ecopetrol S.A. Superintendencia *“La Cira Infantas”*.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Elaborar un inventario con la ubicación y las características de los equipos de aire acondicionado tipo mini Split actualmente instalados.
- ✓ Realizar el estudio técnico del proyecto describiendo las generalidades de los sistemas con tecnología Inverter a instalar.
- ✓ Realizar el estudio financiero, análisis con-sin del proyecto.
- ✓ Determinar la factibilidad del proyecto de acuerdo a los resultados de la evaluación financiera.

ALCANCE

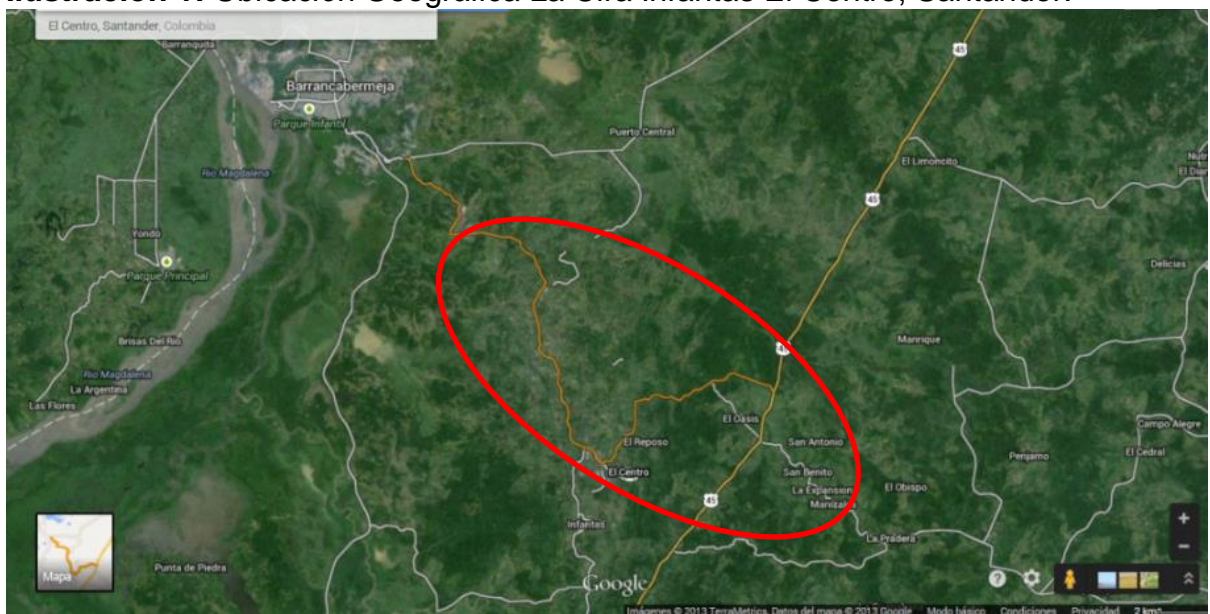
El análisis propuesto incluye un inventario de los equipos de aire acondicionado tipo Mini Split convencional instalados en la Superintendencia, la descripción de las especificaciones técnicas y ventajas de los nuevos equipos con tecnología Inverter, cálculo del consumo eléctrico actual y proyectado, estimación del presupuesto para la compra, costos de mantenimiento asociados a ambas tecnologías, desmontaje e instalación de los nuevos equipos, y evaluación financiera.

LOCALIZACIÓN

UBICACIÓN: El proyecto estará ubicado en el Corregimiento El Centro, Municipio de Barrancabermeja, Santander, Colombia. En las instalaciones de la Cira Infantas de Ecopetrol S.A (ver ilustración No.1).

Las instalaciones de la Cira-Infantas están ubicadas en el valle del Río Magdalena en el corregimiento el Centro a 22 kilómetros al sur de Barrancabermeja y a unos 300 kilómetros del nororiente de Bogotá, cuenta con una extensión de 160 Km².

Ilustración 1: Ubicación Geográfica La Cira Infantas El Centro, Santander.



Fuente: Google Maps

EMPLAZAMIENTO: El proyecto estará emplazado en cada una de las oficinas, plantas y estaciones de la cual tiene alcance el proyecto dentro de la Superintendencia de operaciones de La Cira Infantas.

1. INVENTARIO Y CARACTERÍSTICAS DE EQUIPOS MINISPLIT INSTALADOS

1.1 INVENTARIO

Se realiza un inventario de 71 equipos de aire acondicionado tipo mini Split con compresor convencional que actualmente se encuentran instalados en las oficinas, plantas y estaciones de Ecopetrol, Superintendencia la Cira infantas. (Ver Tabla No 1)

Tabla 1. Inventario de equipos de aire acondicionado actualmente instalados.

Ubicación	Ubicación específica	Tipo	Capacidad	Refrigerante	Años de uso aprox
Campo 23	CCM la llana	Minisplit	12kbtu	R22	12
	CCM sala de bombas	Minisplit	18kbtu	R22	12
Campo 22	CCM	Minisplit	12kbtu	R22	9
Campo 38	Baterías	Minisplit	12kbtu	R22	11
Pia 5	CCM	Minisplit	12kbtu	R22	7
	CCM	Minisplit	12kbtu	R22	7
	CCM	Minisplit	24kbtu	R22	7
Estación 1	CCM	Minisplit	12kbtu	R22	4
Estación 2	CCM	Minisplit	12kbtu	R22	4
	CCM 2	Minisplit	24kbtu	R22	4
Estación 3	CCM	Minisplit	12kbtu	R22	4
Estación 4	CCM	Minisplit	12kbtu	R22	4
Estación 5	CCM	Minisplit	12kbtu	R22	4
Estación 6	CCM	Minisplit	12kbtu	R22	4
Estación 7	CCM	Minisplit	12kbtu	R22	4
Pia 3a	Cuarto rack	Minisplit	12kbtu	R22	13
Bloque Oxy 1	Cuarto sistemas	Minisplit	18kbtu	R22	8
	Monitoreo	Minisplit	24kbtu	R22	8
	Cuarto cámaras	Minisplit	12kbtu	R22	8
	Rack	Minisplit	12kbtu	R22	8

Ubicación	Ubicación específica	Tipo	Capacidad	Refrigerante	Años de uso aprox
Bloque Oxy 2	Producción	Minisplit	24kbtu	R22	8
	Producción	Minisplit	24kbtu	R22	8
	Cuarto sistemas	Minisplit	12kbtu	R22	8
	Proveedores anexo	Minisplit	12kbtu	R22	8
	Oficina de participación ciudad	Minisplit	12kbtu	R22	8
Bloque Ex 3	Rack	Minisplit	24kbtu	R22	3
Planta deshidratadora	Operador	Minisplit	24kbtu	R22	10
	Control jefe	Minisplit	12kbtu	R22	10
Oleoductos	CCM	Minisplit	18kbtu	R22	13
Distrito 1	Oficina	Minisplit	24kbtu	R22	9
	Vestier	Minisplit	12kbtu	R22	9
	Sala juntas	Minisplit	24kbtu	R22	9
	Cafetería	Minisplit	12kbtu	R22	9
Distrito 2	Oficinas supervisor	Minisplit	12kbtu	R22	10
	Oficinas computo	Minisplit	12kbtu	R22	10
	Oficinas salón 1	Minisplit	24kbtu	R22	10
	Oficinas salón 2	Minisplit	24kbtu	R22	10
	Vestier	Minisplit	24kbtu	R22	10
Distrito 3	Oficina	Minisplit	12kbtu	R22	7
	Oficina	Minisplit	12kbtu	R22	7
Bodega materiales Oxy	Oficina supervisor	Minisplit	12kbtu	R22	6
	Bodega 1	Minisplit	12kbtu	R22	6
	Bodega 2 rack	Minisplit	24kbtu	R22	6
	Archivo cuarto frio	Minisplit	12kbtu	R22	6
Bloque de gestoría	Varichem	Minisplit	12kbtu	R22	9
Campamento 2107	Habitación 1	Minisplit	12kbtu	R22	7
	Habitación 2	Minisplit	12kbtu	R22	7
	Habitación 4	Minisplit	12kbtu	R22	7
	Habitación 5	Minisplit	12kbtu	R22	7
	Habitación 6	Minisplit	12kbtu	R22	7
	Habitación 7	Minisplit	12kbtu	R22	7
	Habitación 8	Minisplit	12kbtu	R22	7
	Habitación 9	Minisplit	12kbtu	R22	7

Ubicación	Ubicación específica	Tipo	Capacidad	Refrigerante	Años de uso aprox
	Habitación 10	Minisplit	12kbtu	R22	7
	Habitación 11	Minisplit	12kbtu	R22	7
	Habitación 12	Minisplit	12kbtu	R22	7
	Habitación 13	Minisplit	12kbtu	R22	7
	Habitación 14	Minisplit	12kbtu	R22	7
La forest oficinas lci	Oficina nueva báscula	Minisplit	18kbtu	R22	4
	Oficina nueva súper	Minisplit	24kbtu	R22	4
	Vestier	Minisplit	12kbtu	R22	8
	Sala reuniones entrada	Minisplit	24kbtu	R22	8
	Taller de bombas ex oficina	Minisplit	12kbtu	R22	4
Hospital	Odontología	Minisplit	18kbtu	R22	16
	Sala de procesos	Minisplit	18kbtu	R22	16
	Electrocardiograma	Minisplit	12kbtu	R22	16
	Sala de observaciones	Minisplit	24kbtu	R22	16
	Recepción archivo	Minisplit	24kbtu	R22	16
Patio de excedentes	Oficinas	Minisplit	24kbtu	R22	4
Bodega materiales sci zona industrial	Equipo móvil	Minisplit	12kbtu	R22	4
	Salón oficina 2	Minisplit	24kbtu	R22	4

TOTAL 71

Fuente: Autores

Ilustración 2. Equipo de aire acondicionado tipo mini Split ubicado en la planta de agua Campo 23



Fuente: Autores

1.2 CAPACIDAD DE ENFRIAMIENTO

Dentro de la totalidad de equipos estudiados (ver tabla 2) se encuentran unidades de aire acondicionado de 12000 BTU de capacidad (1 Tonelada de Refrigeración), 18000 BTU (1,5 Toneladas de Refrigeración) y 24000 BTU (2 Toneladas de Refrigeración). El consumo y costo de cada equipo con refrigerante R22 es directamente proporcional a su capacidad.

Tabla 2: Consolidado de equipos de acuerdo a su capacidad.

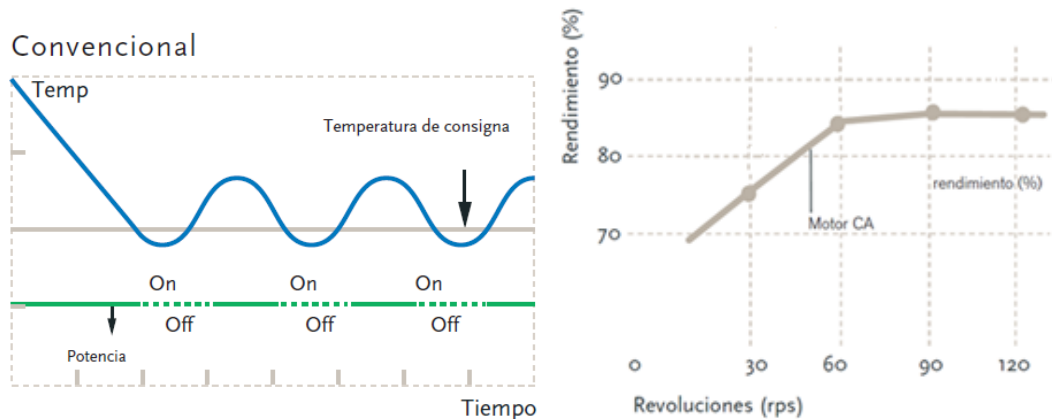
CAPACIDAD	CANTIDAD
12000 BTU	46
18000 BTU	6
24000 BTU	19
<i>TOTAL EQUIPOS</i>	71

Fuente: Autores

1.3 TIPO DE COMPRESOR

Los equipos de aire acondicionado actualmente instalados cuentan compresores de tipo convencional. Estos son sistemas normales de climatización de velocidad fija y se basan en el funcionamiento del compresor a pleno rendimiento y apagado, es decir, arrancan y paran con frecuencia (función on-off).

Ilustración 3: Funcionamiento compresor convencional.



Fuente: Catálogo Proveedor LG

Como se muestra en la Ilustración 3, existen problemas de rendimiento que normalmente se presentan en un sistema de funcionamiento on-off. A continuación se muestran algunas de sus características:

- ✓ **Baja velocidad de enfriamiento.** En cada ciclo de enfriamiento, la curva de temperatura se aleja bastante del "set point" (temperatura de consigna) ya que el compresor funciona a la misma velocidad todo el tiempo, por eso se tarda en enfriar la habitación y lograr una temperatura agradable.

- ✓ **Uso ineficiente de la potencia.** El compresor se enciende y se apaga según los cambios de temperatura en la habitación. En otras palabras, la temperatura siempre fluctúa.

- ✓ **Alto consumo de energía.** Un climatizador convencional por sus propiedades, tiene un alto índice de consumo de electricidad.

1.4 TIPO DE REFRIGERANTE

Todos los equipos mini Split seleccionados, para su funcionamiento, trabajan con Clorodifluometano (gas refrigerante R22) cuya fórmula química es CHClF_2 , en su compuesto tiene HCFC (hidro cloro flúor carbonado) el cual es un contaminante de la capa de ozono.

En la normativa vigente para la disponibilidad del R-22, que se da mediante la firma del Protocolo de Montreal, la Comunidad Internacional se ha comprometido a la eliminación de los fluidos R22 (HCFC's) en unos plazos determinados. El primero siendo en Europa, donde ya está prohibido su uso en nuevos equipos y su inminente prohibición como producto virgen a partir del 1 de enero 2010 y su desaparición total para el 2014. Para cumplir las fechas establecidas se puede

optar por rediseñar el equipo o realizar una reconversión a un refrigerante sustituto del R22.

1.5 CONSUMO

En la tabla No. 3 se muestra el consumo promedio mensual (KW/H mes), de los equipos de aire acondicionado actualmente instalados en la superintendencia “La Cira Infantas” de Ecopetrol.

Tabla 3. Consumo Energético de los equipos actualmente instalados

Ubicación	Ubicación específica	Uso diario (horas)	Consumo (amp)	Tensión (volt)	Potencia (KWh)	KW/h mes
Campo 23	CCM la llana	24	7	220	1,54	1108,8
	CCM sala de bombas	24	11	220	2,42	1742,4
Campo 22	CCM	24	7	220	1,54	1108,8
Campo 38	Baterías	24	7	220	1,54	1108,8
Pia 5	CCM	18	7	220	1,54	831,6
	CCM	18	7	220	1,54	831,6
	CCM	18	18	220	3,96	2138,4
Estación 1	CCM	24	7	220	1,54	1108,8
Estación 2	CCM	24	7	220	1,54	1108,8
	CCM 2	24	18	220	3,96	2851,2
Estación 3	CCM	24	7	220	1,54	1108,8
Estación 4	CCM	24	7	220	1,54	1108,8
Estación 5	CCM	24	7	220	1,54	1108,8
Estación 6	CCM	24	7	220	1,54	1108,8
Estación 7	CCM	24	7	220	1,54	1108,8
Pia 3a	Cuarto rack	24	7	220	1,54	1108,8
Bloque Oxy 1	Cuarto sistemas	24	11	220	2,42	1742,4
Bloque Oxy 2	Monitoreo	24	18	220	3,96	2851,2
	Cuarto cámaras	24	7	220	1,54	1108,8
	Rack	24	7	220	1,54	1108,8
	Producción	18	18	220	3,96	2138,4
	Producción	18	18	220	3,96	2138,4
	Cuarto sistemas	24	7	220	1,54	1108,8
	Proveedores anexo	12	7	220	1,54	554,4

Ubicación	Ubicación específica	Uso diario (horas)	Consumo (amp)	Tensión (volt)	Potencia (KWh)	KW/h mes
Bloque Oxy 2	Oficina de participación ciudad	12	7	220	1,54	554,4
Bloque Oxy 3	Rack	24	18	220	3,96	2851,2
Planta deshidratadora	Operador	24	18	220	3,96	2851,2
	Control jefe	24	7	220	1,54	1108,8
Oleoductos	CCM	18	11	220	2,42	1306,8
Distrito 1	Oficina	18	18	220	3,96	2138,4
	Vestier	18	7	220	1,54	831,6
	Sala juntas	18	18	220	3,96	2138,4
	Cafetería	12	7	220	1,54	554,4
Distrito 2	Oficinas supervisor	18	7	220	1,54	831,6
	Oficinas computo	18	7	220	1,54	831,6
	Oficinas salón 1	18	18	220	3,96	2138,4
	Oficinas salón 2	18	18	220	3,96	2138,4
	Vestier	12	18	220	3,96	1425,6
Distrito 3	Oficina	18	7	220	1,54	831,6
	Oficina	18	7	220	1,54	831,6
Bodega materiales Oxy	Oficina supervisor	12	7	220	1,54	554,4
	Bodega 1	12	7	220	1,54	554,4
	Bodega 2 rack	24	18	220	3,96	2851,2
	Archivo cuarto frio	24	7	220	1,54	1108,8
Bloque de gestoría	Varichem	12	7	220	1,54	554,4
Campamento 2107	Habitación 1	12	7	220	1,54	554,4
	Habitación 2	12	7	220	1,54	554,4
	Habitación 4	12	7	220	1,54	554,4
	Habitación 5	12	7	220	1,54	554,4
	Habitación 6	12	7	220	1,54	554,4
	Habitación 7	12	7	220	1,54	554,4
	Habitación 8	12	7	220	1,54	554,4
	Habitación 9	12	7	220	1,54	554,4
	Habitación 10	12	7	220	1,54	554,4
	Habitación 11	12	7	220	1,54	554,4
	Habitación 12	12	7	220	1,54	554,4
	Habitación 13	12	7	220	1,54	554,4
	Habitación 14	12	7	220	1,54	554,4
	La forest oficinas lci	Oficina nueva báscula	12	11	220	2,42
Oficina nueva súper		12	18	220	3,96	1425,6

Ubicación	Ubicación específica	Uso diario (horas)	Consumo (amp)	Tensión (volt)	Potencia (KWh)	KW/h mes
	Vestier	8	7	220	1,54	369,6
	Sala reuniones entrada	8	18	220	3,96	950,4
	Taller de bombas ex oficina	12	7	220	1,54	554,4
Hospital	Odontología	12	11	220	2,42	871,2
	Sala de procesos	12	11	220	2,42	871,2
	Electrocardiograma	12	7	220	1,54	554,4
	Sala de observaciones	12	18	220	3,96	1425,6
	Recepción archivo	12	18	220	3,96	1425,6
Patio de excedentes	Oficinas	18	18	220	3,96	2138,4
Bodega materiales sci zona industrial	Equipo móvil	8	7	220	1,54	369,6
	Salón oficina 2	8	18	220	3,96	950,4
Consumo mensual total aproximado						82315,2

Fuente: Autores

Debido al uso continuo y prolongado de la mayoría de los equipos, se evidencia un consumo de energía que en un mes alcanza los 82.315 KW aproximadamente.

1.6 NIVEL DE RUIDO

En la tabla No.4 se presenta, agrupado por capacidad de enfriamiento, los niveles de ruido en decibeles (dB), que emiten la condensadora y evaporadora de los equipos de aire acondicionado tipo mini Split convencional.

Tabla 4. Nivel de ruido (dB) de los equipos mini Split convencional.

CAPACIDAD BTU	DECIBELES DEL EVAPORADOR	DECIBELES CONDENSADORA
12000	41	51
18000	42	56
24000	45	57

Fuente: Autores

Los usuarios de los equipos de aire acondicionado tipo mini Split estudiados están expuestos solamente al ruido emitido por el evaporador que es la unidad interior. La condensadora está ubicada como unidad exterior.

1.7 PESO

En la tabla No.5 se presenta de acuerdo a la capacidad de enfriamiento, el peso en Kg de la condensadora y evaporadora de los equipos de aire acondicionado tipo mini Split convencional que están instalados actualmente en la superintendencia de “La Cira Infantas” de Ecopetrol S.A.

Tabla 5. Peso en Kg, de las unidades evaporadoras y condensadora de equipos mini Split convencional.

CAPACIDAD BTU	PESO (KG) EVAPORADOR	PESO (KG) CONDENSADORA
12000	9	35
18000	14	41
24000	14	51

Fuente: Autores

1.8 DIÁMETRO DE LA TUBERÍA

En la tabla No.6 se presenta los diámetros de la tubería de cobre utilizada en los equipos de aire acondicionado tipo mini Split convencional que están instalados actualmente en la superintendencia de “La Cira Infantas” de Ecopetrol S.A.

Tabla 6. Diámetro (Pulgadas) de las tuberías en equipos mini Split convencional.

CAPACIDAD BTU	DIÁMETRO (pulg) LÍNEA DE LÍQUIDO (BAJA)	DIÁMETRO (pulg) LÍNEA DE GAS (ALTA)
12000	1/2	¼
18000	5/8	3/8
24000	5/8	3/8

Fuente: Autores

2. ESTUDIO TÉCNICO AIRE ACONDICIONADO INVERTER

2.1 GENERALIDADES

Para este proyecto se considera cambiar cada uno de los equipos de aire acondicionado relacionados en la tabla No. 1 (Inventarios de equipos), por equipos del mismo tipo (mini Split) e igual capacidad de enfriamiento (btu). La diferencia radica en la tecnología empleada en el compresor.

La tecnología a implementar es la denominada Inverter, la cual cuenta con un compresor con motor de corriente directa (DC) y refrigerante ecológico R-410a; y a diferencia del convencional que es motor de corriente alterna (AC), y refrigerante R-22, la tecnología Inverter es ahorradora de energía.

A continuación se presenta conceptos básicos de la refrigeración, características de la tecnología Inverter y ventajas de adaptarla.

2.1.1 Conceptos Básicos de Refrigeración La refrigeración se puede definir como el proceso destinado a regular un ambiente local, con el fin de mantener estándares de temperatura establecidos. Esto se hace por medio de operaciones de tratamiento del aire que controlan variables ambientales como la temperatura, humedad, circulación y purificación del aire.

- **Control de la temperatura:** Es el intercambio de calor entre el ambiente y el individuo, en el que se busca disminuir o eliminar el esfuerzo de acomodación para conseguir un mayor confort y bienestar físico.

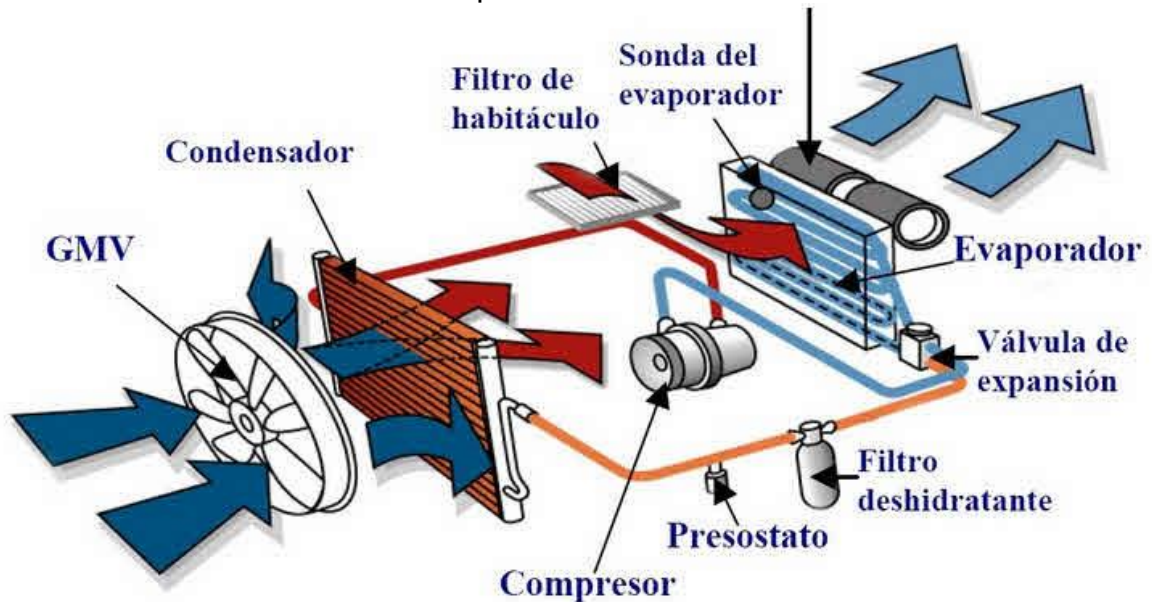
- **Control de la humedad:** Busca mantener los niveles de humedad del ambiente con el fin de obtener un intercambio balanceado de agua entre este y el individuo, de manera que se logre una sensación de confort.
- **Movimiento y circulación del aire:** Controla la velocidad del aire para obtener una mayor capacidad de transmisión de calor y sudoración y por consiguiente lograr una buena sensación térmica.
- **Filtrado, limpieza y purificación del aire:** asegura la pureza del aire por medio de operaciones de filtrado de las partículas suspendidas en el ambiente.

2.1.2 Funcionamiento de un Equipo de Aire Acondicionado En la Ilustración No. 4 se muestra el proceso realizado en el circuito interno de un equipo de aire acondicionado, el cual cuenta con cinco componentes principales:

- **Compresor:** La función es dar movimiento al refrigerante en estado gaseoso y comprimirlo para su aumentar su presión y temperatura.
- **Condensadora:** Su función es convertir el refrigerante, que entra en estado gaseoso a alta presión y temperatura, a líquido con menor temperatura, extrayendo en el proceso parte de la energía al exterior.
- **Válvula de expansión:** La función es bajar a un mínimo la presión y temperatura del refrigerante en estado líquido. Esta es la responsable de lograr la sensación de “frío” que genera el aire acondicionado.
- **Evaporadora:** Su función es transformar el refrigerante de estado líquido a gaseoso. En este proceso se disminuye la temperatura del recinto donde el refrigerante absorbe el calor del ambiente. Finalmente, el refrigerante se dirige nuevamente al compresor a baja presión y temperatura para repetir el proceso.

- **Tubería:** Es el conducto donde se mueve el refrigerante durante todo el recorrido. Consta de 2 diámetros, el diámetro menor (tubería de alta) es la que transporta el refrigerante en alta presión y temperatura, y el de mayor diámetro (tubería de baja) donde se transporta el refrigerante en baja presión y temperatura.

Ilustración 4.: Circuito básico del proceso realizado en un aire acondicionado



Fuente: Proveedor LG

2.1.3. Equipo de Aire Acondicionado tipo Minisplit El término Mini Split se traduce literalmente como mini-dividido. Esto se refiere a que un sistema Mini Split en realidad consta de 2 unidades de pequeño tamaño: la unidad interior y la unidad exterior (ver ilustración No 5).

La unidad interior es el elemento que va dentro del cuarto a acondicionar, La unidad exterior o condensadora es la parte del Mini Split que como su nombre lo indica se coloca en el exterior, en espacio abierto. Esta unidad está diseñada para estar a la intemperie.

Ilustración 5. Aire acondicionado tipo mini Split (de izquierda a derecha: evaporadora, condensadora y control remoto)



Fuente: Proveedor LG

La unidad de medida utilizada para determinar la potencia de enfriamiento de un equipo de aire acondicionado es el BTU (british thermal unit), donde 12000BTU equivalen a 1 tonelada de refrigeración (TR).

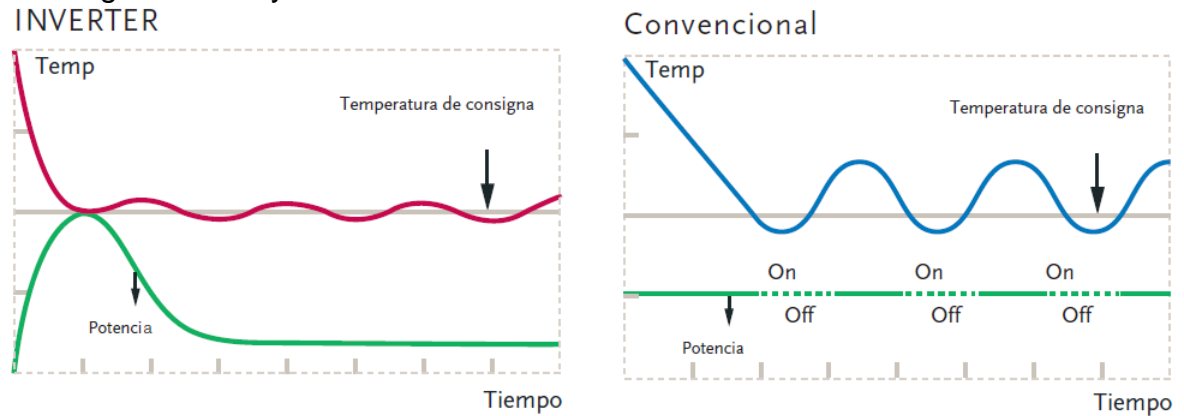
2.2 TIPO DE COMPRESOR

Compresor con Tecnología Inverter DC: La tecnología Inverter funciona adaptando la velocidad del compresor a las necesidades de cada momento, con el fin de consumir únicamente la energía necesaria. Por esta razón, se logra mantener las oscilaciones de temperatura entre un margen de $\pm 1^{\circ}\text{C}$ y por consiguiente una mayor estabilidad y confort.

Los aires acondicionados con tecnología Inverter funcionan con un dispositivo electrónico sensible a los cambios de temperatura que les permite variar las revoluciones del motor del compresor para proporcionar la potencia requerida. Cuando están a punto de alcanzar la temperatura deseada, los equipos disminuyen la potencia para evitar los picos de arranque del compresor.

En la Ilustración No. 6 se muestra un comparativo entre el funcionamiento de un equipo Inverter vs un equipo convencional.

Ilustración 6. Gráfica comparativa de temperatura y potencia vs tiempo - tecnología Inverter y Convencional.



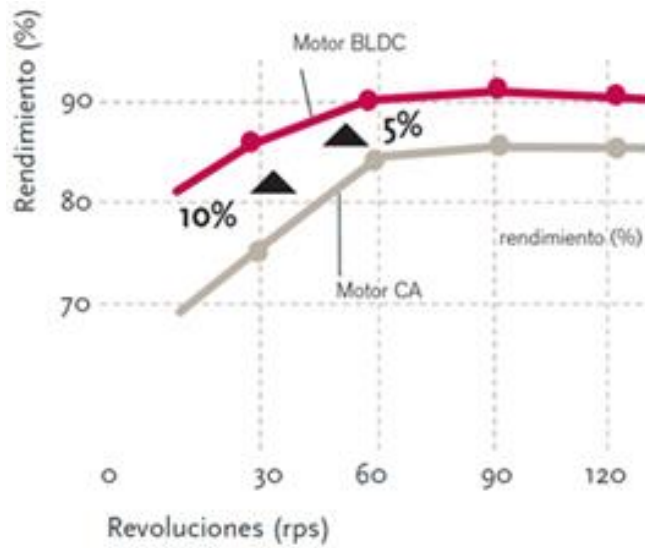
Fuente: Catálogo Proveedor LG

La curva de la temperatura se mantiene más cercana a la temperatura de consigna en un equipo Inverter, lo que genera mayor confort térmico en comparación con un equipo convencional. Así mismo, la potencia se estabiliza una vez se alcanza la temperatura indicada, evitando los ciclos de encendido y apagado del compresor.

Algunas de las ventajas que brindan los equipos de aire acondicionado tipo Inverter son:

- **Mayor rapidez de enfriamiento:** El compresor funciona a una mayor velocidad lo que da como resultado que el enfriamiento sea más rápido que en un equipo convencional (ilustración No. 7).

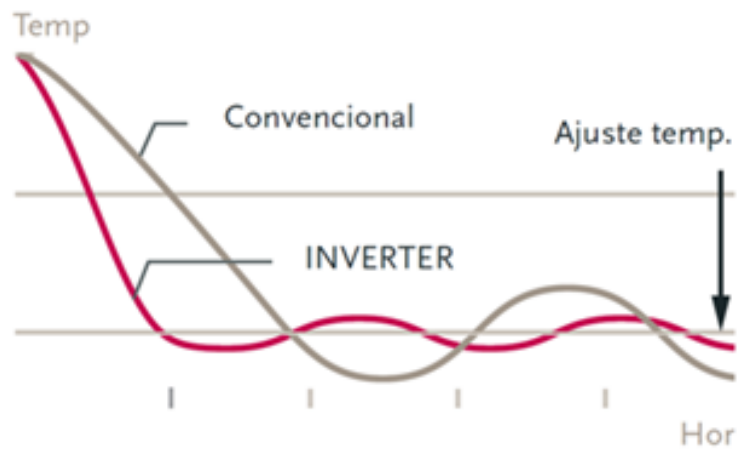
Ilustración 7: Comparación entre tecnología Inverter (Motor BLDC) y convencional (Motor CA)



. Fuente: Catálogo Proveedor LG

- **Uso eficiente de la potencia:** la velocidad y la potencia del compresor se adaptan a la temperatura de la habitación lo que permite mantener una temperatura agradable en todo momento (Ilustración No. 8).

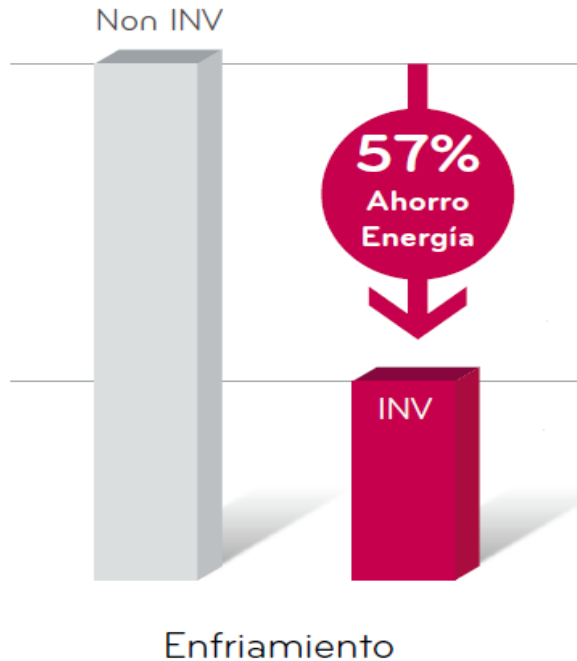
Ilustración 8: Comparación entre adaptaciones de temperatura en el tiempo - compresor convencional vs Inverter.



Fuente: Catálogo Proveedor LG

- **Consumo de energía:** Un equipo Inverter consume aproximadamente la mitad de electricidad que un equipo de enfriamiento convencional y según el proveedor (Ilustración No. 9), es de 57% en el mejor escenario.

Ilustración 9. Comparación Ahorro de Energía entre tecnologías.



Fuente: Catálogo Proveedor LG

2.3 TIPO DE REFRIGERANTE

El tipo de refrigerante utilizado en estos equipos es el R-410, el cual es un gas licuado que está considerado por ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers) como no inflamable y no tóxico. Solo contiene en su composición HFC (Hidro Fluo Carbonado), eliminando el cloro presente en el R22 (el cual actúa como un catalizador en la estratósfera

reduciendo la capa de ozono), lo cual lo hace amigable con el medio ambiente y no afecta la capa de ozono. ¹

La eficiencia de enfriamiento de este tipo de refrigerantes es igual o superior a la del R22, razón por la cual se ha tomado como una alternativa para dar cumplimiento al tratado de Montreal en cuanto al uso de refrigerantes menos contaminantes con el medio ambiente.

2.4 CONSUMO

En la tabla No. 7 se muestra el consumo aproximado mensual (KW/H mes), de los equipos de aire acondicionado Inverter de acuerdo a sus capacidades. Este consumo se calcula tomando como referencia la cantidad y el tiempo de uso diario de los equipos actualmente instalados.

Tabla 7. Consumo promedio mensual equipos mini Split Inverter

CAPACIDAD	CANTIDAD	CONSUMO INVERTER (AMP)	TENSIÓN (VOLT)	POTENCIA (KWH)	USO PROMEDIO EN HORAS DIARIAS	KW/H MES
12000 BTU	46	4	220	0,88	17	20644,8
18000 BTU	6	6,6	220	1,452	17	4443,12
24000 BTU	19	9,8	220	2,156	18	22120,56
CONSUMO ESTIMADO MENSUAL TOTAL						47208,48

Fuente: Autores

Al realizar una comparación entre el consumo de energía aproximado que tienen los aires acondicionados que están actualmente instalados (tabla No. 3) y el consumo de energía estimado para los equipos con tecnología Inverter (tabla No. 7), se puede evidenciar una diferencia significativa para estos. Se calcula un 44% menos consumo de energía, que equivale a 36955 KW mensuales (Tabla 8). Esto demuestra, la mayor eficiencia energética que poseen los equipos Inverter al

¹ http://www.bgh.com.ar/Noticia_Empresas.aspx?ID=14

momento de crear un ambiente confortable para los usuarios y a su vez, disminuir el consumo de energía.

Tabla 8. Diferencia de consumo energético Convencional vs. Inverter.

DESCRIPCIÓN	KW MES	KW AÑO
CONSUMO DE ENERGÍA CONVENCIONAL	84163,20	1009958,40
CONSUMO DE ENERGÍA INVERTER	47208,48	566501,76
DIFERENCIA DE CONSUMO (AHORRO)	36954,72	443456,64

Fuente: Autores

2.5 NIVEL DE RUIDO

A continuación se muestra los niveles de ruido tanto para la evaporadora y la condensadora, de acuerdo a las capacidades, de los equipos de aire acondicionado tipo Inverter:

Tabla 9. Nivel de ruido en mini Split Inverter.

CAPACIDAD	DECIBELES DEL EVAPORADOR	DECIBELES CONDENSADORA
12000	35	49
18000	38	53
24000	40	53

Fuente: Especificaciones técnicas de mini Split Inverter Proveedor LG

Al realizar una comparación entre los equipos de aire acondicionado tipo Inverter y los convencionales (Tabla No. 4 y 9), se puede ver una reducción de ruido de aproximadamente 15%, 10% y 11% para las capacidades de 12000 BTU, 18000 BTU y 24000 BTU respectivamente. Al tener un equipo con menos ruido, no solo se logra confort térmico (propio de la naturaleza del equipo) sino que también crea un ambiente más tranquilo, teniendo en cuenta que la puesta en servicio de la mayoría de estos equipos es para oficinas.

2.6 PESO

En la tabla No.10 se muestra el peso en Kg correspondiente al evaporador y la condensadora de los equipos de aire acondicionado tipo mini Split con tecnología Inverter.

Tabla 10. Peso de evaporadora y condensadora en equipos mini Split Inverter.

CAPACIDAD (BTU)	PESO EVAPORADOR	PESO (KG) CONDENSADORA
12000	9,5	24
18000	17	30
24000	17	48

Fuente: Especificaciones técnicas de mini Split Inverter Proveedor LG

Actualmente, los equipos de aire acondicionado tipo mini Split son los más utilizados en el mercado debido a su tamaño, comodidad de instalación y su bajo peso en comparación con otros equipos acondicionadores industriales.

Asimismo, los equipos con tecnología Inverter al tener compresores más pequeños y livianos, otorgan más facilidades al momento de encontrar una buena ubicación para instalarlos, en comparación a los convencionales.

2.7 DIÁMETRO DE LA TUBERÍA

Los equipos de aire acondicionado tipo mini Split Inverter, al usar el refrigerante R410a, el cual trabaja a unas presiones de operación mayores al R22, debe usar tubería de cobre de menor diámetro (ver tabla No. 11), lo que incurre en obtener ahorro en los costos de la tubería de cobre y además de tener un mejor rendimiento con respecto a los convencionales ya que al manejar presiones más elevadas (ver tabla No.12) el flujo de refrigerante por la tubería se hace en menos tiempo y por consiguiente, “enfria” más rápido.

Tabla 11. Diámetro (pulg) de las tuberías en equipos mini Split Inverter

CAPACIDAD BTU	DIÁMETRO (pulg) LÍNEA DE LÍQUIDO (BAJA)	DIÁMETRO (pulg) LÍNEA DE GAS (ALTA)
12000	3/8	¼
18000	1/2	¼
24000	5/8	3/8

Fuente: Especificaciones técnicas de mini Split Inverter Proveedor LG

Tabla 12. Presión de trabajo de Refrigerante

Tipo de equipo - Refrigerante	Presión de Baja (PSI)	Presión de Alta (PSI)
Convencional R22	65	250
Inverter R410a	110 - 145	310 – 420

Fuente: Especificaciones técnicas de mini Split Inverter Proveedor LG

3. ESTUDIO FINANCIERO

3.1 GENERALIDADES

Para realizar el estudio financiero, se toma como variable de análisis los costos de mantenimiento preventivo y correctivo, consumo de energía, inversión a realizar en los equipos de aire acondicionado tipo Inverter, costos de mano de obra, materiales y depreciaciones en un periodo de tiempo de 10 años (tiempo de vida útil de los equipos de aire acondicionado).

A continuación, se muestran datos de referencia para realizar la evaluación financiera:

- ✓ De acuerdo a datos históricos presentados por el Departamento Nacional de Estadísticas DANE, desde el año 2009 hasta el 2013, la inflación del país ha fluctuado alrededor del 3%. Por esta razón se tomará dicho valor como referencia para la inflación en este proyecto.

- ✓ La tasa de descuento es del 12,2% E.A, que corresponde a la tasa utilizada por ECOPETROL S.A para evaluar financieramente sus proyectos (WACC). Estudio realizado por Ultrabursátiles wacc septiembre 17 de 2013

- ✓ El costo de la energía eléctrica para uso doméstico dado por la electrificadora de Santander en Barrancabermeja es de \$ 387,03 KW/H a Noviembre de 2013. Sin embargo, se tomará el valor de \$ 134 KW/H correspondiente al costo de la energía eléctrica en ECOPETROL S.A para el año 2013.

- ✓ Se establece un 22% de AIU (Administración, Imprevistos y Utilidades) correspondientes a 12% de Administración, 4% de Imprevistos y un 6% de Utilidad, que corresponde al AIU del contrato actual de mantenimiento de equipos de aire acondicionado para Ecopetrol S.A Superintendencia La Cira Infantas

- ✓ Los precios de equipos, materiales y herramientas son tomados según lista de precios del proveedor Proyectos y Servicios Ltda.

3.2 INVERSIÓN EN EQUIPOS

Los aires acondicionados que se encuentran instalados actualmente, serán reemplazados por equipos tipo mini Split de la marca LG, modelo VM122CE con las mismas características en cuanto a capacidad de enfriamiento. Se toma esta referencia ya que actualmente es el último modelo lanzado al mercado por la marca, y ésta brinda información detallada de las características técnicas y una oportuna asesoría sobre sus productos.

En la tabla No. 13 se relacionan los costos asociados a la compra de equipos que reemplazaran a los convencionales actualmente instalados dentro de la superintendencia “La Cira Infantas” de Ecopetrol S.A. por un total de \$ 103.316.127

Tabla 13. Costo total de los equipos a instalar.

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	COSTO UNITARIO CON AIU	TOTAL
12000BTU	46	\$ 1.327.531	\$ 61.066.417
18000BTU	6	\$ 1.434.370	\$ 8.606.220
24000BTU	19	\$ 1.770.710	\$ 33.643.490
TOTAL INVERSIÓN			\$ 103.316.127

Fuente: Autores

3.3 MANO DE OBRA

La mano de obra requerida para realizar el reemplazo de los equipos de aire acondicionado, se relaciona en la tabla No. 14.

Tabla 14. Mano de obra requerida.

CARGO	CANTIDAD
INGENIERO	1
SUPERVISOR	1
TÉCNICO REFRIGERACIÓN	3
AYUDANTE REFRIGERACIÓN	3

Fuente: Autores

El salario del recurso humano se calcula de acuerdo a la tabla de niveles salariales de carrera técnica y administrativa de ECOPETROL S.A, para la cual los perfiles son mostrados en la Tabla No. 15.

Tabla 15. Perfil y salario básico requerido para el proyecto

CARGO	PERFIL	SALARIO BÁSICO DIARIO
INGENIERO	Profesional en entrenamiento	\$ 118.876
SUPERVISOR	Técnico operativo I	\$ 89.552
TÉCNICO REFRIGERACIÓN	Técnico Operativo II	\$ 79.009
AYUDANTE REFRIGERACIÓN	Técnico Operativo III	\$ 70.544

Fuente: Tabla de niveles salariales de Ecopetrol S.A

La tabla 16 muestra el valor mensual de los costos de mano de obra para el proyecto. Así mismo, se estima que la duración del desmontaje de los equipos de aire acondicionado actualmente instalados y el montaje de los nuevos equipos Inverter es de cuatro (4) meses, tiempo calculado teniendo en cuenta que son 3

equipos de trabajo, la duración del cambio de un equipo y puesta en marcha es de 3 días aproximadamente y los días hábiles de cada mes son 20.

Tabla 16. Costo mensual de mano de obra.

CARGO	CANTIDAD	SALARIO DIARIO ECOPEPETROL	SALARIO BÁSICO MENSUAL	VALOR UNITARIO CON PRESTACIONES	VALOR MENSUAL
INGENIERO	1	\$ 118.876	\$ 3.566.280	\$ 5.753.515	\$ 5.753.515
SUPERVISOR	1	\$ 89.552	\$ 2.686.560	\$ 4.334.254	\$ 4.334.254
TÉCNICO REFRIGERACIÓN	3	\$ 79.009	\$ 2.370.270	\$ 3.823.980	\$ 11.471.941
AYUDANTE REFRIGERACIÓN	3	\$ 70.544	\$ 2.116.320	\$ 3.414.280	\$ 10.242.841
TOTAL MES					\$ 31.802.551

Fuente: Autores

En la tabla 17 se muestran otros gastos existentes que corresponden a la alimentación, transporte, herramientas y comunicaciones del personal que va a estar laborando.

Tabla 17. Otros costos operativos.

OTROS COSTOS MENSUALES	CANTIDAD	VALOR UNITARIO MENSUAL	VALOR TOTAL MES
ACPM POR CAMIONETA	2	\$ 500.000	\$ 1.000.000
MANTENIMIENTO POR CAMIONETA	2	\$ 300.000	\$ 600.000
ALQUILER DE VEHÍCULO	2	\$ 3.500.000	\$ 7.000.000
ALIMENTACIÓN POR PERSONA	8	\$ 210.000	\$ 1.680.000
COMUNICACIONES POR AVANTEL	5	\$ 140.000	\$ 700.000
HERRAMIENTAS POR PAREJA	3	\$ 150.000	\$ 450.000
TOTAL MES			\$ 11.430.000

Fuente: Autores

3.4 MATERIALES

Para realizar la instalación de los equipos, se requiere una serie de materiales como son tubería de cobre, cable encauchetado y aislamiento térmico (Rubatex). En la tabla No. 18, se muestran los costos y especificaciones de dichos materiales:

Tabla 18. Costo de materiales.

MATERIALES	CANT(MTS)	PRECIO CON AIU	TOTAL
TUBERÍA DE COBRE DE 1/4" SIN AISLAMIENTO	364	\$ 15.510,00	\$ 5.645.640,00
TUBERÍA DE COBRE DE 3/8" SIN AISLAMIENTO	455	\$ 24.063,00	\$ 10.948.665,00
TUBERÍA DE COBRE DE 1/2" SIN AISLAMIENTO	42	\$ 31.695,00	\$ 1.331.190,00
TUBERÍA DE COBRE DE 5/8" SIN AISLAMIENTO	133	\$ 46.012,00	\$ 6.119.596,00
AISLAMIENTO TUBERÍA - RUBATEX	497	\$ 4.341,00	\$ 2.157.477,00
CABLE ENCAUCHETADO 4X14	322	\$ 9.272,00	\$ 2.985.584,00
CABLE ENCAUCHETADO 4X12	175	\$ 10.662,80	\$ 1.865.990,00
TOTAL COSTO DE MATERIALES			\$ 31.054.142,00

Fuente: Autores

3.5 CONSUMO DE ENERGÍA

Para el cálculo del consumo promedio de energía eléctrica, como anteriormente se mencionó, se toma un valor unitario de \$134 KWH correspondiente a la tarifa de ECOPETROL S.A.

Además, cada equipo tiene un número de horas diarias de uso diferente de acuerdo a su función y el tiempo que se labora en las oficinas, por ello se realizó un promedio de horas diarias de uso de los equipos de aire acondicionado

instalados, ordenado por capacidad de enfriamiento con el fin de determinar el consumo.

El costo promedio anual por consumo de energía para los 71 equipos convencionales actualmente instalados es de \$135.334.425,60. La tabla 19 muestra de manera detallada los costos por dicho consumo.

Tabla 19. Costo de consumo de energía anual equipos convencionales.

CAPACIDAD	CANTIDAD	CONSUMO (AMP)	TENSIÓN (VOLT)	POTENCIA (KWH)	USO PROMEDIO EN HORAS DIARIAS	KW MES	COSTO ENERGÍA MENSUAL	COSTO ENERGÍA ANUAL
12000 BTU	46	7	220	1,54	17	36128,4	\$4.841.205,60	\$58.094.467,20
18000 BTU	6	11	220	2,42	17	7405,2	\$992.296,80	\$11.907.561,60
24000 BTU	19	18	220	3,96	18	40629,6	\$5.444.366,40	\$65.332.396,80

TOTAL \$135.334.425,60

Fuente: Autores

No obstante, el costo anual por consumo de energía para los 71 equipos con tecnología Inverter es de \$ 75.911.235. Ver tabla 20.

Tabla 20. Costo de consumo de energía anual equipos Inverter.

CAPACIDAD	CANTIDAD	CONSUMO (AMP)	TENSIÓN (VOLT)	POTENCIA (KWH)	USO PROMEDIO EN HORAS DIARIAS	kw/h mes	COSTO ENERGÍA MENSUAL	COSTO ENERGÍA ANUAL
12000 BTU	46	4	220	0,88	17	20644,8	\$ 2.766.403,20	\$ 33.196.838,40
18000 BTU	6	6,6	220	1,452	17	4443,12	\$ 595.378,08	\$ 7.144.536,96
24000 BTU	19	9,8	220	2,156	18	22120,6	\$ 2.964.155,04	\$ 35.569.860,48

TOTAL 75.911.235,84

Fuente: Autores

De este modo, al comparar los consumos de energía anteriormente citados, se tiene una diferencia de un **44%** aproximadamente, lo que se convierte en un ahorro de energía considerable para la organización.

3.6 COSTOS DE MANTENIMIENTO

3.6.1 Mantenimiento Preventivo ECOPETROL S.A ha establecido rutinas de mantenimiento preventivo de 90 días para sus equipos de refrigeración. El costo de mantenimiento varía de acuerdo a la capacidad de enfriamiento del equipo, sin embargo, es igual tanto para los equipos convencionales como Inverter, incluyendo el costo de materiales y mano de obra. En la tabla No. 21 se observa el costo anual de mantenimiento preventivo a equipos de aire acondicionado tipo mini Split para Ecopetrol S.A.

Tabla 21. Costo anual de mantenimiento preventivo de aires Ecopetrol S.A.

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	MANTENIMIENTOS AL AÑO	PRECIO UNITARIO CON AIU	VALOR ANUAL
12000BTU	46	184	\$ 224.092	\$ 41.232.928
18000BTU	6	24	\$ 238.846	\$ 5.732.304
24000BTU	19	76	\$ 274.147	\$ 20.835.172
TOTAL				\$ 67.800.404

Fuente: Autores

3.6.2 Mantenimiento Correctivo De acuerdo a datos históricos, los costos de mantenimiento correctivo de los equipos actualmente instalados, corresponden al 50% del mantenimiento preventivo de las rutinas de 90 días. Este alto costo en el mantenimiento correctivo de los equipos expuesto en la Tabla No.22, se debe al tiempo de funcionamiento que tienen, la mayoría de los cuales han cumplido su vida útil, lo que da como resultado que se presenten fallas frecuentes en éstos.

Tabla 22. Costo anual de mantenimiento correctivo de aires convencionales Ecopetrol S.A.

EQUIPO	CANTIDAD	COSTO UNITARIO POR IMPREVISTOS 90 DÍAS	COSTO TOTAL POR IMPREVISTO ANUAL
12000BTU	46	\$ 112.046	\$ 20.616.464
18000BTU	6	\$ 119.423	\$ 2.866.152
24000BTU	19	\$ 137.074	\$ 10.417.586
TOTAL			\$ 33.900.202

Fuente: Autores

Los costos de mantenimiento correctivo para los aires acondicionados tipo Inverter son bajos debido a que son equipos nuevos. Sin embargo, éstos pueden presentar fallas y hacia el fin de la vida útil (10 años según tabla de depreciación para este tipo de equipos electrónicos), los costos de mantenimiento correctivo tienden a aumentar; es por ello que se establece un porcentaje de imprevistos del 4% sobre el valor del equipo como costo por mantenimiento correctivo durante las rutinas de 90 días. (Ver tabla No. 23).

Tabla 23. Costo anual de mantenimiento correctivo de aires acondicionados Inverter

EQUIPO	CANTIDAD	VALOR EQUIPO CON AIU	COSTO UNITARIO POR IMPREVISTOS 90 DÍAS	COSTO TOTAL POR IMPREVISTO ANUAL
12000BTU	46	\$ 1.088.140	\$ 43.526	\$ 8.008.710
18000BTU	6	\$ 1.434.370	\$ 57.375	\$ 1.376.995
24000BTU	19	\$ 1.770.710	\$ 70.828	\$ 5.382.958
TOTAL			\$ 14.768.664	

. Fuente: Autores

3.7 DEPRECIACIÓN

En el proyecto se utilizará el método de depreciación de línea recta para los equipos con tecnología Inverter a instalar, los cuales, según el proveedor, tienen un tiempo de vida útil de 10 años. (Ver tabla No.24)

Tabla 24. Depreciación en línea recta de los equipos de aire acondicionado tipo Inverter.

PERIODO	0	1	2	3	4	5
Valor adquisición	\$103.316.127					
Depreciación	10%	\$10.331.613	\$10.331.613	\$10.331.613	\$10.331.613	\$10.331.613
Depreciación acumulada		\$10.331.613	\$20.663.225	\$30.994.838	\$41.326.451	\$51.658.063
Valor libros	\$103.316.127	\$92.984.514	\$82.652.901	\$72.321.289	\$61.989.676	\$51.658.063
PERIODO	6	7	8	9	10	
Valor adquisición						
Depreciación	\$10.331.613	\$10.331.613	\$ 10.331.613	\$ 10.331.613	\$ 10.331.613	
Depreciación acumulada	\$61.989.676	\$72.321.289	\$ 82.652.901	\$ 92.984.514	\$103.316.127	
Valor libros	\$41.326.451	\$30.994.838	\$ 20.663.225	\$ 10.331.613	\$ -	

Fuente: Autores

3.8 VALOR RESIDUAL

En ECOPETROL S.A existe un lugar, llamado patio de excedentes, donde es posible vender por chatarra o repuestos los equipos cuando han cumplido su tiempo de vida útil (10 años para este caso). Se estima un 5% del costo del equipo como valor residual para los equipos de aire acondicionado tipo Inverter. (Ver tabla No 25).

Para el caso de los equipos que se encuentran actualmente instalados, se asume que no tienen un valor residual dado el grado de deterioro en el que se encuentran y la terminación de su vida útil.

Tabla 25. Valor residual de los equipos de aire acondicionado tipo Inverter.

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	VALOR RESIDUAL UNITARIO	TOTAL
12000BTU	46	\$ 66.377	\$ 3.053.321
18000BTU	6	\$ 71.719	\$ 430.311
24000BTU	19	\$ 88.536	\$ 1.682.175
VALOR RESIDUAL TOTAL			\$ 5.165.806

Fuente: Autores

3.9 ANÁLISIS INCREMENTAL

Debido a que este proyecto es un cambio de tecnología, donde el producto nuevo presta el mismo servicio que el actual, se hará una evaluación financiera a partir del análisis incremental, en el cual se muestra el estado de la empresa sin el proyecto y con el proyecto, con el fin de determinar el beneficio que está dado por los ahorros de uno respecto a otro.

3.9.1 Flujo de Caja Sin el Proyecto

- ✓ Los costos y gastos de operación están comprendidos por el consumo de energía, mantenimiento preventivo y correctivo de los equipos actualmente instalados (convencionales).
- ✓ Como se citó anteriormente, la inflación proyectada es el 3% anual.
- ✓ La tasa de descuento es del 12,2%.

Tabla 26: Flujo de caja sin el proyecto.

Año	2.013	2.014	2.015	2.016	2.017	2.018	2.019	2.020	2.021	2.022	2.023
Inflación	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%
(+)Ingresos ó Ventas	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0
(-)Costos de Operación	\$ 0	-\$ 244.146.083	-\$ 251.470.465	-\$ 259.014.579	-\$ 266.785.016	-\$ 274.788.567	-\$ 283.032.224	-\$ 291.523.191	-\$ 300.268.886	-\$ 309.276.953	-\$ 318.555.261
Mano de Obra Directa	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0
Mano de Obra Indirecta	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0
Otros Costos Operativos	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0
Material	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0
Energía Eléctrica		-\$ 139.394.458	-\$ 143.576.292	-\$ 147.883.581	-\$ 152.320.088	-\$ 156.889.691	-\$ 161.596.382	-\$ 166.444.273	-\$ 171.437.601	-\$ 176.580.729	-\$ 181.878.151
Mantenimiento Preventivo		-\$ 69.834.416	-\$ 71.929.449	-\$ 74.087.332	-\$ 76.309.952	-\$ 78.599.251	-\$ 80.957.228	-\$ 83.385.945	-\$ 85.887.523	-\$ 88.464.149	-\$ 91.118.073
Mantenimiento Correctivo		-\$ 34.917.208	-\$ 35.964.724	-\$ 37.043.666	-\$ 38.154.976	-\$ 39.299.625	-\$ 40.478.614	-\$ 41.692.972	-\$ 42.943.762	-\$ 44.232.074	-\$ 45.559.037
Utilidad Bruta	\$ 0	-\$ 244.146.083	-\$ 251.470.465	-\$ 259.014.579	-\$ 266.785.016	-\$ 274.788.567	-\$ 283.032.224	-\$ 291.523.191	-\$ 300.268.886	-\$ 309.276.953	-\$ 318.555.261
(-)Gastos de Admón		\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0
(-)Depreciaciones y Amortizaciones		\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0
Dep.Edificios		\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0
Dep. Maquinaria		\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0
Dep. Equipos		\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0
Amortiz. Intangibles		\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0
Utilidad Operativa	\$ 0	-\$ 244.146.083	-\$ 251.470.465	-\$ 259.014.579	-\$ 266.785.016	-\$ 274.788.567	-\$ 283.032.224	-\$ 291.523.191	-\$ 300.268.886	-\$ 309.276.953	-\$ 318.555.261
(+)Otros Ingresos No Operacionales		\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0
(-)Otros Egresos No Operacionales		\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0
Utilidad Antes de Int. e Imp.	\$ 0	-\$ 244.146.083	-\$ 251.470.465	-\$ 259.014.579	-\$ 266.785.016	-\$ 274.788.567	-\$ 283.032.224	-\$ 291.523.191	-\$ 300.268.886	-\$ 309.276.953	-\$ 318.555.261
(-)Intereses		\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0
Utilidad Antes de Impuestos	\$ 0	-\$ 244.146.083	-\$ 251.470.465	-\$ 259.014.579	-\$ 266.785.016	-\$ 274.788.567	-\$ 283.032.224	-\$ 291.523.191	-\$ 300.268.886	-\$ 309.276.953	-\$ 318.555.261
(-)Impuestos (34%)*		-\$ 83.009.668	-\$ 85.499.958	-\$ 88.064.957	-\$ 90.706.906	-\$ 93.428.113	-\$ 96.230.956	-\$ 99.117.885	-\$ 102.091.421	-\$ 105.154.164	-\$ 108.308.789
Utilidad Neta	\$ 0	-\$ 244.146.083	-\$ 251.470.465	-\$ 259.014.579	-\$ 266.785.016	-\$ 274.788.567	-\$ 283.032.224	-\$ 291.523.191	-\$ 300.268.886	-\$ 309.276.953	-\$ 318.555.261
(+)Depreciaciones y Amortizaciones		\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0
(-)Terreno	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0
(-)Equipos	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0
(-)Maquinaria	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0
(+)V. Residual	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0
(+)Préstamos	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0
(-)Abono a Capital	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0
Flujo de Caja del Proyecto	\$ 0	-\$ 244.146.083	-\$ 251.470.465	-\$ 259.014.579	-\$ 266.785.016	-\$ 274.788.567	-\$ 283.032.224	-\$ 291.523.191	-\$ 300.268.886	-\$ 309.276.953	-\$ 318.555.261
VPN (12,2%)		-\$ 1.525.770.829									

Fuente: Autores

3.9.2 Flujo de Caja Con el Proyecto

- ✓ Los costos y gastos de operación están comprendidos por el consumo de energía, mantenimiento preventivo y correctivo de los equipos nuevos Inverter.

- ✓ Los costos de mano de obra, materiales y otros costos operativos, solo son tenidos en cuenta en el año de inversión, ya que corresponden a costos propios del montaje y desmontaje de equipos.

- ✓ La depreciación es en línea recta y por 10 años.
Ver tabla 27.

Tabla 27. Flujo de caja con el proyecto.

Año	2.013	2.014	2.015	2.016	2.017	2.018	2.019	2.020	2.021	2.022	2.023
Inflación	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%
(+)Ingresos ó Ventas	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0
(-)Costos de Operación	-\$ 242.028.990	-\$ 163.234.713	-\$ 168.131.754	-\$ 173.175.707	-\$ 178.370.978	-\$ 183.722.108	-\$ 189.233.771	-\$ 194.910.784	-\$ 200.758.107	-\$ 206.780.851	-\$ 212.984.276
Mano de Obra Directa	-\$ 105.968.134	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0
Mano de Obra Indirecta	-\$ 49.228.314	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0
Otros Costos Operativos	-\$ 55.778.400	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0
Materiales	-\$ 31.054.142	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0
Energía Eléctrica		-\$ 78.188.573	-\$ 80.534.230	-\$ 82.950.257	-\$ 85.438.765	-\$ 88.001.928	-\$ 90.641.985	-\$ 93.361.245	-\$ 96.162.082	-\$ 99.046.945	-\$ 102.018.353
Mantenimiento Preventivo		-\$ 69.834.416	-\$ 71.929.449	-\$ 74.087.332	-\$ 76.309.952	-\$ 78.599.251	-\$ 80.957.228	-\$ 83.385.945	-\$ 85.887.523	-\$ 88.464.149	-\$ 91.118.073
Mantenimiento Correctivo		-\$ 15.211.724	-\$ 15.668.076	-\$ 16.138.118	-\$ 16.622.261	-\$ 17.120.929	-\$ 17.634.557	-\$ 18.163.594	-\$ 18.708.502	-\$ 19.269.757	-\$ 19.847.849
Utilidad Bruta	-\$ 242.028.990	-\$ 163.234.713	-\$ 168.131.754	-\$ 173.175.707	-\$ 178.370.978	-\$ 183.722.108	-\$ 189.233.771	-\$ 194.910.784	-\$ 200.758.107	-\$ 206.780.851	-\$ 212.984.276
(-)Gastos de Admón		\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0
(-)Depreciaciones y Amortizaciones		-\$ 10.331.613	-\$ 10.331.613	-\$ 10.331.613	-\$ 10.331.613	-\$ 10.331.613	-\$ 10.331.613	-\$ 10.331.613	-\$ 10.331.613	-\$ 10.331.613	-\$ 10.331.613
Dep.Edificios		\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0
Dep. Maquinaria		\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0
Dep. Equipos		-\$ 10.331.613	-\$ 10.331.613	-\$ 10.331.613	-\$ 10.331.613	-\$ 10.331.613	-\$ 10.331.613	-\$ 10.331.613	-\$ 10.331.613	-\$ 10.331.613	-\$ 10.331.613
Amortiz. Intangibles		\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0
Utilidad Operativa	-\$ 242.028.990	-\$ 173.566.326	-\$ 178.463.367	-\$ 183.507.320	-\$ 188.702.591	-\$ 194.053.720	-\$ 199.565.383	-\$ 205.242.397	-\$ 211.089.720	-\$ 217.112.463	-\$ 223.315.889
(+)Otros Ingresos No Operacionales		\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0
(-)Otros Egresos No Operacionales		\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0
Utilidad Antes de Int. e Imp.	-\$ 242.028.990	-\$ 173.566.326	-\$ 178.463.367	-\$ 183.507.320	-\$ 188.702.591	-\$ 194.053.720	-\$ 199.565.383	-\$ 205.242.397	-\$ 211.089.720	-\$ 217.112.463	-\$ 223.315.889
(-)Intereses		\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0
Utilidad Antes de Impuestos	-\$ 242.028.990	-\$ 173.566.326	-\$ 178.463.367	-\$ 183.507.320	-\$ 188.702.591	-\$ 194.053.720	-\$ 199.565.383	-\$ 205.242.397	-\$ 211.089.720	-\$ 217.112.463	-\$ 223.315.889
(-)Impuestos (34%)*		-\$ 59.012.551	-\$ 60.677.545	-\$ 62.392.489	-\$ 64.158.881	-\$ 65.978.265	-\$ 67.852.230	-\$ 69.782.415	-\$ 71.770.505	-\$ 73.818.238	-\$ 75.927.402
Utilidad Neta	-\$ 242.028.990	-\$ 173.566.326	-\$ 178.463.367	-\$ 183.507.320	-\$ 188.702.591	-\$ 194.053.720	-\$ 199.565.383	-\$ 205.242.397	-\$ 211.089.720	-\$ 217.112.463	-\$ 223.315.889
(+)Depreciaciones y Amortizaciones		\$ 10.331.613	\$ 10.331.613	\$ 10.331.613	\$ 10.331.613	\$ 10.331.613	\$ 10.331.613	\$ 10.331.613	\$ 10.331.613	\$ 10.331.613	\$ 10.331.613
(-)Terreno	\$ 0										
(-)Equipos	-\$ 103.316.127	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0
(-)Maquinaria	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0
(+)V. Residual	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 5.165.806
(+)Prestamos	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0
(-)Abono a Capital	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0
Flujo de Caja del Proyecto	-\$ 345.345.117	-\$ 163.234.713	-\$ 168.131.754	-\$ 173.175.707	-\$ 178.370.978	-\$ 183.722.108	-\$ 189.233.771	-\$ 194.910.784	-\$ 200.758.107	-\$ 206.780.851	-\$ 207.818.470
VPN (12,2%)	-\$ 1.363.833.167										

Fuente: Autores

3.9.3 FLUJO DE CAJA INCREMENTAL (CON-SIN)

El flujo de caja incremental mide la rentabilidad considerando la diferencia entre un flujo de caja de la empresa con proyecto (inversión) y en la situación que no se realizara el proyecto. En la tabla 28 se puede ver que desde el primer año de operación existe un ahorro en mantenimiento correctivo y consumo de energía eléctrica y solo en el año de inversión es que se tiene un flujo de caja negativo.

Tabla 28. Flujo de caja incremental (con – sin).

Año	2.013	2.014	2.015	2.016	2.017	2.018	2.019	2.020	2.021	2.022	2.023
Inflación	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%
(+)Ingresos ó Ventas	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0
(-)Costos de Operación	-\$ 242.028.990	\$ 80.911.370	\$ 83.338.711	\$ 85.838.872	\$ 88.414.038	\$ 91.066.459	\$ 93.798.453	\$ 96.612.407	\$ 99.510.779	\$ 102.496.102	\$ 105.570.985
Mano de Obra Directa	-\$ 105.968.134	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0
Mano de Obra Indirecta	-\$ 49.228.314	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0
Otros Costos Operativos	-\$ 55.778.400	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0
Materiales	-\$ 31.054.142	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0
Energía Eléctrica	\$ 0	\$ 61.205.885	\$ 63.042.062	\$ 64.933.324	\$ 66.881.324	\$ 68.887.763	\$ 70.954.396	\$ 73.083.028	\$ 75.275.519	\$ 77.533.784	\$ 79.859.798
Mantenimiento Preventivo	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0
Mantenimiento Correctivo	\$ 0	\$ 19.705.484	\$ 20.296.649	\$ 20.905.548	\$ 21.532.715	\$ 22.178.696	\$ 22.844.057	\$ 23.529.379	\$ 24.235.260	\$ 24.962.318	\$ 25.711.187
Utilidad Bruta	-\$ 242.028.990	\$ 80.911.370	\$ 83.338.711	\$ 85.838.872	\$ 88.414.038	\$ 91.066.459	\$ 93.798.453	\$ 96.612.407	\$ 99.510.779	\$ 102.496.102	\$ 105.570.985
(-)Gastos de Admón		\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0
(-)Depreciaciones y Amortizaciones		-\$ 10.331.613	-\$ 10.331.613	-\$ 10.331.613	-\$ 10.331.613	-\$ 10.331.613	-\$ 10.331.613	-\$ 10.331.613	-\$ 10.331.613	-\$ 10.331.613	-\$ 10.331.613
Dep.Edificios		\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0
Dep. Maquinaria		\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0
Dep. Equipos		-\$ 10.331.613	-\$ 10.331.613	-\$ 10.331.613	-\$ 10.331.613	-\$ 10.331.613	-\$ 10.331.613	-\$ 10.331.613	-\$ 10.331.613	-\$ 10.331.613	-\$ 10.331.613
Amortiz. Intangibles		\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0
Utilidad Operativa	-\$ 242.028.990	\$ 70.579.757	\$ 73.007.098	\$ 75.507.259	\$ 78.082.425	\$ 80.734.847	\$ 83.466.840	\$ 86.280.794	\$ 89.179.166	\$ 92.164.490	\$ 95.239.373
(+)Otros Ingresos No Operacionales		\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0
(-)Otros Egresos No Operacionales		\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0
Utilidad Antes de Int. e Imp.	-\$ 242.028.990	\$ 70.579.757	\$ 73.007.098	\$ 75.507.259	\$ 78.082.425	\$ 80.734.847	\$ 83.466.840	\$ 86.280.794	\$ 89.179.166	\$ 92.164.490	\$ 95.239.373
(-)Intereses		\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0
Utilidad Antes de Impuestos	-\$ 242.028.990	\$ 70.579.757	\$ 73.007.098	\$ 75.507.259	\$ 78.082.425	\$ 80.734.847	\$ 83.466.840	\$ 86.280.794	\$ 89.179.166	\$ 92.164.490	\$ 95.239.373
(-)Impuestos (34%)*		\$ 23.997.117	\$ 24.822.413	\$ 25.672.468	\$ 26.548.025	\$ 27.449.848	\$ 28.378.726	\$ 29.335.470	\$ 30.320.917	\$ 31.335.926	\$ 32.381.387
Utilidad Neta	-\$ 242.028.990	\$ 70.579.757	\$ 73.007.098	\$ 75.507.259	\$ 78.082.425	\$ 80.734.847	\$ 83.466.840	\$ 86.280.794	\$ 89.179.166	\$ 92.164.490	\$ 95.239.373
(+)Depreciaciones y Amortizaciones		\$ 10.331.613	\$ 10.331.613	\$ 10.331.613	\$ 10.331.613	\$ 10.331.613	\$ 10.331.613	\$ 10.331.613	\$ 10.331.613	\$ 10.331.613	\$ 10.331.613
(-)Terreno	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0
(-)Equipos	-\$ 103.316.127	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0
(-)Maquinaria	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0
(+)V. Residual	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 5.165.806
(+)Prestamos	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0
(-)Abono a Capital	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0
Flujo de Caja del Proyecto	-\$ 345.345.117	\$ 80.911.370	\$ 83.338.711	\$ 85.838.872	\$ 88.414.038	\$ 91.066.459	\$ 93.798.453	\$ 96.612.407	\$ 99.510.779	\$ 102.496.102	\$ 110.736.792
VPN (12,2%)	\$ 161.937.662										
TIR del Proyecto	22,24%										

Fuente: Autores

3.10 RESULTADOS DE INDICADORES

3.10.1 PAY BACK

El periodo de recuperación de la inversión se halla utilizando las dos metodologías (PAYBACK ESTÁTICO y PAYBACK DINÁMICO).

Para el PAYBACK ESTÁTICO, donde no se tiene en cuenta el valor del dinero en el tiempo, el periodo de recuperación de la inversión es el año quinto, en el cual los flujos de caja pasan de ser negativos a positivos.

Tabla 29. Payback estático.

	0	1	2	3	4	5
	2.013	2.014	2.015	2.016	2.017	2.018
Flujo de Caja del Proyecto	-\$345.345.117	\$80.911.370	\$83.338.711	\$85.838.872	\$88.414.038	\$91.066.459
PAYBACK ESTÁTICO	-\$345.345.117	-\$264.433.747	-\$181.095.037	-\$95.256.165	-\$6.842.126	\$84.224.333

	6	7	8	9	10
	2.019	2.020	2.021	2.022	2.023
Flujo de Caja del Proyecto	\$93.798.453	\$96.612.407	\$99.510.779	\$102.496.102	\$110.736.792
PAYBACK ESTÁTICO	\$178.022.786	\$274.635.193	\$374.145.971	\$476.642.074	\$587.378.865

Fuente: Autores

Por otro lado, en el PAYBACK DINÁMICO donde se tiene en cuenta el valor del dinero en el tiempo, el periodo de recuperación de la inversión es el sexto año:

Tabla 30. Payback dinámico.

	0	1	2	3	4	5
	2.013	2.014	2.015	2.016	2.017	2.018
Valor presente Flujo de caja	-\$345.345.117	\$72.113.520	\$66.200.469	\$60.772.266	\$55.789.157	\$51.214.645
PAYBACK DINÁMICO	-\$345.345.117	-\$273.231.597	-\$207.031.128	-\$146.258.862	-\$90.469.705	-\$39.255.060

	6	7	8	9	10
	2.019	2.020	2.021	2.022	2.023
Valor presente Flujo de caja	\$47.015.227	\$43.160.146	\$39.621.168	\$36.372.373	\$35.023.808
PAYBACK DINÁMICO	\$7.760.167	\$50.920.312	\$90.541.480	\$126.913.853	\$161.937.662

Fuente: Autores

3.10.2 TIR

La Tasa Interna de Retorno del proyecto es del 22,24%, si se compara con la tasa de descuento de ECOPETROL S.A, que es del 12,2% se puede decir que el proyecto es factible.

3.10.3 Análisis de Sensibilidad

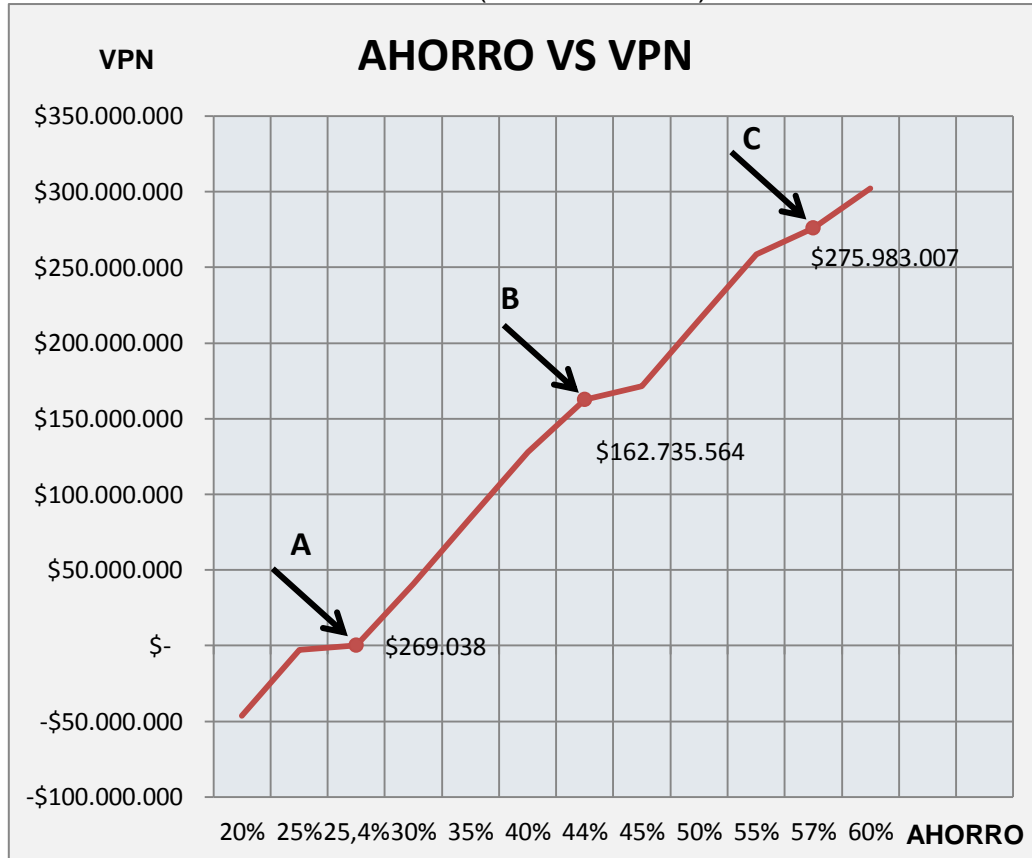
Se realiza un análisis de sensibilidad con el fin de observar el comportamiento del Valor Presente Neto en función de la variación del ahorro en consumo de energía. En la Ilustración 10 se muestran tres escenarios tomados como referencia:

Escenario A (pesimista): Representa una situación donde no se aprovecha al máximo las características de los equipos debido al mal cálculo de las capacidades, uso inadecuado de los equipos o por fallas en los mismos. En este caso, el ahorro máximo de energía obtenido al instalar los aires acondicionados tipo Inverter es del 25,4%, punto en el cual el valor del VPN tiende a cero.

Escenario B (normal): En este caso, se tienen en cuenta condiciones normales de operación de los equipos de aire acondicionado tipo Inverter, los ahorros de energía promedio alcanzan un 44% y el VPN del proyecto es positivo.

Escenario C (optimista): Muestra las condiciones ideales de operación de los equipos de aire acondicionado tipo Inverter. El ahorro en el consumo de energía alcanza un 57% y está dado de acuerdo a las especificaciones técnicas establecidas por el proveedor.

Ilustración 10. Análisis de sensibilidad (Ahorro vs VPN).



Fuente: Autores

Como se puede observar en la Ilustración No. 10, de acuerdo al análisis de sensibilidad, existe un margen de seguridad considerable entre el escenario normal y el pesimista. En cualquiera de los tres escenarios anteriormente mostrados, el proyecto es factible ya que el VPN es positivo. Para el escenario pesimista, ECOPETROL S.A no recibiría beneficios financieros del proyecto, sin embargo, no presentaría pérdidas y cumpliría con las normas ambientales vigentes.

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- ✓ El proyecto es factible, ya que la TIR del análisis incremental (22,24%) es mayor a la tasa de descuento de Ecopetrol S.A (12,2%) y un VPN positivo de \$ 161.937.662.
- ✓ La implementación de la tecnología Inverter produce un impacto positivo en el consumo de energía eléctrica en las Instalaciones de la Superintendencia Cira Infantas al reducirlo en un promedio de 44%.
- ✓ El cambio de aires acondicionados genera una reducción del 56% en los costos de mantenimiento correctivo de los equipos.
- ✓ Con el cambio de la tecnología de los equipos de aire acondicionado convencionales por Inverter con refrigerante R-410A, ECOPETROL S.A da cumplimiento a sus políticas de manejo ambiental.
- ✓ Teniendo en cuenta los resultados obtenidos se recomienda incluir un proceso de licitación para empresas contratistas cuyo objeto sea el proyecto de “REEMPLAZO DE AIRE ACONDICIONADO TIPO MINISPLIT POR EQUIPOS CON TECNOLOGÍA INVERTER UBICADOS EN LAS INSTALACIONES DE ECOPETROL S.A. SUPERINTENDENCIA “LA CIRA INFANTAS”
- ✓ Se recomienda a ECOPETROL S.A realizar un estudio más profundo para cambiar todos los tipos de equipos de aire acondicionado con compresor convencional, con el fin de darle cumplimiento a las normas ambientales y beneficiarse del ahorro de energía. Ya que en el alcance de este proyecto solamente se estudiaron los equipos mini Split.

BIBLIOGRAFÍA

COSS BU RAÚL. Análisis y Evaluación de Proyectos de Inversión segunda edición. Editorial Limusa. México 2005.

MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. El Mantenimiento de Sistemas de Refrigeración, y Aire Acondicionado y la Certificación por Competencias Laborales. República de Colombia. 2006.

MIRANDA MIRANDA, JUAN JOSÉ. Gestión de Proyectos. MM Editores, Bogotá, 2003.

PNUMA, Manual del Protocolo de Montreal relativo a las sustancias que agotan la Capa de Ozono. Novena edición, 2012

QUADRI NÉSTOR. Nuevos Conceptos de Diseño en Aire Acondicionado. Revista clima. Argentina. 2004.

T. Q QURESHI y S. A. TASSOU. Variable-speed Capacity Control in Refrigeration Systems. Brunel University, UK. 1995.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME. Handbook for the Montreal Protocol on Substances that Deplete the Ozone Layer, Ninth edition. Kenya, 2012

WILLIAMS BRIAN, Marketing Communication Manager, Danfoss UK. Sustitución del R22. 2 de Enero de 2010.

<http://www.danfoss.com/BusinessAreas/RefrigerationAndAirConditioning/Articles/Cold+Storage+Rooms-What+you+need+to+know+about+refrigeration-Part+1.htm>

<http://www.danfoss.com/BusinessAreas/RefrigerationAndAirConditioning/Articles/Cold+Storage+Room-What+you+need+to+know+about+refrigeration-Part+2.htm>

<http://www.danfoss.com/Spain/BusinessAreas/Refrigeration+and+Air+Conditioning/Articles/R22PhaseOut.htm>