

**PROPUESTA DE UN PLAN DE MANEJO AMBIENTAL (PMA) ENCAMINADO
HACIA UNA GESTIÓN SOSTENIBLE: CASO DE ESTUDIO INSTITUTO MIGUEL
SÁNCHEZ HINESTROZA (I.M.S.H)**

**ERICH ANDERSON ARDILA SUÁREZ
YAQUELINE QUINTERO GUERRERO**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISCOQUÍMICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA
BUCARAMANGA**

2014

**PROPUESTA DE UN PLAN DE MANEJO AMBIENTAL (PMA) ENCAMINADO
HACIA UNA GESTIÓN SOSTENIBLE: CASO DE ESTUDIO INSTITUTO MIGUEL
SÁNCHEZ HINESTROZA (I.M.S.H)**

**ERICH ANDERSON ARDILA SUÁREZ
YAQUELINE QUINTERO GUERRERO**

**Trabajo de grado presentado como requisito para optar el título de
Ingeniero Químico**

Director(a):

**LILIANA DEL PILAR CASTRO MOLANO
Ingeniera Química, Ph.D**

Codirector(a):

**DEBORA NABARLATZ.
Ingeniera Química, Ph.D**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISCOQUÍMICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA
BUCARAMANGA**

2014

Dedicatoria

La constancia venció lo que la dicha no alcanzo. . .

Gracias a DIOS y la Virgen por hacer de este sueño una realidad y por ser mi pastor a lo largo de mi vida.

A mis padres JOSE JESUS QUINTERO GUERRERO y DORIS GUERRERO LÓPEZ quienes con su esfuerzo diario me alentaron a lograr esta triunfo que más que mío es de ellos, por esos días de traspasos y madrugadas infinitas, por las lágrimas que se convirtieron en sonrisas con sus chistes flojos, el amor por ustedes es inmensamente infinito.

A mis hermanos CIRRO, JULIETH C. Y JESÚS D. QUINTERO GUERRERO quienes son parte inspiradora de mi vida y a quienes les debo parte de este sueño.

A mis abuelos a quienes amare y respetare por su sabiduría suministrada en tan poco tiempo.

A mis tíos Gloria Guerrero López y Miguel Ángel Ascanio Coronel quienes se convirtieron en mis padres putativos y a quienes agradezco sus consejos y cariño incondicional. Gracias tía y tío.

A toda mi familia quienes con un consejo y aliento fortalecieron mi espíritu para seguir adelante.

Mil gracias a todos mis amigos en especial a Mayra A. Ardila, Eliana P, Jannis D, leidy R, Jeimmy R, Paola P, Liseth L, Ingrid D, Sandra S, Wendy M y especialmente a Sergio A. Rincón, agradezco tus consejos y cariño incondicional.

A mi compañero y amigo de proyecto Erich a. Ardila por ser paciente y buen consejero en los momentos de crisis.

A veces sentimos que lo que hacemos es tan solo una gota en el mar, pero el mar sería menos si le faltara una gota. M.T.

Con todo el cariño del mundo.

Yaqueline Quintero Guerrero

DEDICATORIA

A Dios por orientar mi camino, ser mi fortaleza en los momentos difíciles y permitirme culminar esta etapa de la vida. A mis padres y mi familia por ser el motor de mi vida, por su apoyo incondicional y su lucha ya que sin ellos no hubiera sido posible este logro.

A mi novia, amigos, maestros y todas la personas que formaron parte de mi vida de la cuales me dejaron lo mejor de ellos y contribuyeron en mi formación personal y académica.

Erich Anderson Ardila Suárez

AGRADECIMIENTOS

Gracias a la profesora Lilibian del Pilar Castro Molano por permitirnos vivir esta experiencia y compartir su conocimiento con nosotros y dedicar parte de su tiempo para nuestro aprendizaje.

Gracias al ingeniero Erik Vera por confiar en nosotros para la realización de este proyecto.

Gracias al ingeniero Diego Acosta Escorcia por su tiempo y enseñanzas suministradas a lo largo de este proyecto

Gracias a la profesora Debora A. Nabarlatz por sus recomendaciones

Gracias al Instituto Miguel Sánchez Hiestroza por permitirnos el ingreso a sus instalaciones y desarrolla nuestro proyecto.

TABLA DE CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	17
1. DESCRIPCIÓN METODOLÓGICA.....	25
1.1. PRIMERA FASE: DIAGNÓSTICO AMBIENTAL	25
1.1.1. MÉTODO CUALITATIVO.....	25
1.1.2. MÉTODO CUANTITATIVO: HUELLA ECOLÓGICA (EF).....	25
1.2. SEGUNDA FASE: DESARROLLO DE UN PLAN DE GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS (PGIRS).....	30
1.2.1. CARACTERIZACIÓN Y CUANTIFICACIÓN.....	30
1.2.2. IMPLEMENTACIÓN DEL PLAN DE GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS (PGIRS).	31
1.2.3. ASPECTO SOCIAL.....	31
1.3. TERCERA FASE: SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS DE PROCESOS QUE CONTRIBUYAN AL DESARROLLO SOSTENIBLE DEL COLEGIO IMSH.	31
1.3.1. MODELIZACIÓN DEL PROBLEMA.....	31
1.3.2. CRITERIOS DE EVALUACIÓN.	32
1.3.3. DEFINICIÓN DE ESCALAS DE PONDERACIÓN.	33
SUB-CRITERIOS AMBIENTALES.....	36
2. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	37

2.1. DIAGNÓSTICO AMBIENTAL.....	37
2.1.1. MÉTODO CUALITATIVO.....	37
2.1.2. MÉTODO CUANTITATIVO: HUELLA ECOLÓGICA (EF).....	44
2.2. DESARROLLO DE UN PLAN DE GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS (PGIRS).	45
2.2.1. CARACTERIZACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS PARA EL IMSH.....	45
2.2.2. RESULTADOS IMPLEMENTACIÓN PLAN DE GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS DE SÓLIDOS	46
2.3. SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS DE PROCESOS QUE CONTRIBUYAN AL DESARROLLO SOSTENIBLE DEL COLEGIO I.M.S.H.....	48
2.3.1. DEFINICIÓN DE ESCALAS DE PONDERACIÓN.	48
2.3.2. EVALUACIÓN DE PRIORIDADES	49
2.3.3. SÍNTESIS DEL PROBLEMA.....	50
2.3.4. ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD	51
3. CONCLUSIONES	57
4. RECOMENDACIONES	58
CITAS BIBLIOGRÁFICAS.....	59
BIBLIOGRAFÍA.....	62
ANEXOS.....	64

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Matriz de impactos Ambientales IMSH	26
Tabla 2. Valoración de los criterios de evaluación del Método Arboleda	28
Tabla 3. Ecuaciones cuantificación de los residuos sólidos I.M.S.H.	30
Tabla 4. Escala Saaty	34
Tabla 5. Sub-criterios socio-económicos	34
Tabla 6. Sub-criterios Operacional.....	35
Tabla 7. Sub-criterios Ambiental	36
Tabla 8. Resultados Matriz de Impactos Ambientales I.M.S.H.	38
Tabla 9. Variables asociadas a la matriz de Impactos Ambientales I.M.S.H.	43
Tabla 10. Resultados Caracterización y Cuantificación de los Residuos Sólidos IMSH.....	45
Tabla 11. Cuantificación Residuos Sólidos IMSH.	46
Tabla 12. Puntaje de AHP variando en los pesos relativos de los criterios.	52
Tabla 13. Convención de colores para la confrontación de alternativas	53

Lista de figuras

	pág.
Figura 1. Componente y subcomponentes de la Huella Ecológica (EF)	27
Figura 2. Modelización del problema.	32
Figura 3. Componente Huella Ecológica (EF) del I.M.S.H.	44
Figura 4. Resultados Caracterización de los Residuos Sólidos.	46
Figura 5. Mapa de identificación de los puntos de generación de residuos.	47
Figura 6. Mapa ubicación de contenedores de recolección de residuos sólidos I.M.S.H.	48
Figura 7. Comparación binaria entre los criterios socio-económicos y ambientales.	49
Figura 8. Matriz global de valorización.....	50
Figura 9. Resultados de las Alternativas.....	51
Figura 10. Gráfica resultados análisis de sensibilidad CALL.	53
Figura 11. Gráfica de superficie, resultados análisis de sensibilidad CALL.	54
Figura 12. Gráfica resultados análisis de sensibilidad confrontación de las alternativas.....	55
Figura 13. Gráfica de superficie resultados análisis de sensibilidad CALL vs DA..	56

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo A. Tabla Kg de CO2 respecto a los patrones de generación y consumo..	64
Anexo B. Factores de conversión Huella Ecológica (EF).....	65
Anexo C. Gráfica Emisiones de CO2 asociadas a la Huella Ecológica	66
Anexo D. Especificaciones contenedores Instalación en el I.M.S.H.	66
Anexo E. Diseño de los contenedores	67
Anexo F. Caracterización y Cuantificación de los Residuos Sólidos	68
Anexo G. Método del cuarteo	70
Anexo H. Soporte fotográfico (Método cuarteo).....	71
Anexo I. Formato Encuesta	72
Anexo J. Recibo Servicio Acueducto Ruitoque S.A.	73
Anexo K. Separación en la fuente.....	73
Anexo L. Gráfica resultados análisis de sensibilidad CALL (azul) vs C (rojo)	75
Anexo M. Gráfica de superficie resultados análisis de sensibilidad CALL vs C	76
Anexo N. Gráfica resultados análisis de sensibilidad confrontación CALL vs ENC	77
Anexo O. Gráfica de superficie resultados análisis de sensibilidad CALL vs ENC	78
Anexo P. Soporte fotográfico Fiesta Ecológica	79

LISTA DE ABREVIATURAS

Abreviatura

AHP	<i>Analytical Hierarchy Process</i>
I.M.S.H	Instituto Miguel Sánchez Hinestroza
PMA	Plan de Manejo Ambiental
DA	Digestión Anaerobia
C	Compostaje
CALL	Captación de aguas lluvias
ENC	Energías no convencional
GEI	Gases de Efecto Invernadero
EF	Huella Ecológica
PGIRS	Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos

RESUMEN

TITULO: PROPUESTA DE UN PLAN DE MANEJO AMBIENTAL (PMA) ENCAMINADO HACIA UNA GESTIÓN SOSTENIBLE: CASO DE ESTUDIO INSTITUTO MIGUEL SÁNCHEZ HINESTROZA (I.M.S.H).*

AUTORES: ERICH ANDERSON ARDILA SUÁREZ, YAQUELINE QUINTERO GUERRERO**

PALABRAS CLAVES: Sostenibilidad, Huella Ecológica, Residuos sólidos.

DESCRIPCIÓN:

El creciente interés y preocupación de la sociedad actual por el cuidado del medio ambiente determina que las organizaciones cualquiera sea su naturaleza, deben velar para que las actividades se realicen en armonía con el medio ambiente, de manera que las consecuencias que puedan presentar los procesos y productos relacionados a ella sean cada vez menores y subsanados en el tiempo. La educación es ampliamente reconocida como un medio para promover la sostenibilidad es por esta razón que se implementa un Plan de Manejo Ambiental (PMA) en el colegio Instituto Miguel Sánchez Hinestroza (I.M.S.H) que busque indicadores de sostenibilidad, administración de los recursos y residuos, e innove con el uso de tecnologías limpias buscando el mejoramiento del desempeño ambiental basado en la mejora continua y la gestión sostenible en la actividades educativas.

El PMA del I.M.S.H consistió en una línea base ambiental evaluada mediante un método cualitativo-cuantitativo, el diseño e implementación de un Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos (PGIRS) y la selección del mejor proceso el cual permitió iniciar la gestión ambiental en la comunidad educativa. Los principales resultados obtenidos fueron: la instauración de dos indicadores de sostenibilidad (Huella ecológica y la generación diaria de residuos), la creación y puesta en marcha de un comité ambiental encargado del funcionamiento activo del PMA y la preselección los procesos de captación de aguas lluvias y digestión anaerobia como los más apropiados para ser implementados en el I.M.S.H.

* Trabajo de grado

** Facultad de Ingenierías Físicoquímicas. Escuela de Ingeniería Química. Director: PhD. Liliana del Pilar Castro Molano. Co-director: Debora Nabarlatz

ABSTRACT

TITLE: PROPOSAL FOR ENVIRONMENTAL MANAGEMENT PLAN (PMA) AIMED TOWARDS SUSTAINABLE MANAGEMENT: CASE STUDY INSTITUTO HINESTROZA MIGUEL SANCHEZ (I.M.S.H)*

AUTHORS: ERICH ANDERSON ARDILA SUÁREZ, YAQUELINE QUINTERO GUERRERO**

KEYWORDS: Sostenibilidad, Huella Ecológica, Residuos sólidos.

DESCRIPTION:

Due to the current society's growing interest and concern for taking care of the environment it has been determined that all the organizations, whatever their nature is, must ensure that the activities are developed in harmony with the environment. This must be done in such a way that the consequences from the processes and products will be smaller and repaired on time.

Education is widely recognized as a means to promote sustainability. For this reason, an Environmental Management Plan (EMP) was implemented at Instituto Miguel Sanchez Hinestroza (I.M.S.H) which aimed to look for sustainability indicators, administration of the resources and residues, and also to innovate with the use of clean technologies seeking to improve the environmental performance based on continuous improvement and sustainable management in the educational activities.

The EMP at I.M.S.H consisted of an environmental baseline evaluated by a qualitative and quantitative method, the design and implementation of an Integral Solid Waste Management (ISWM), and the selection of the best process which allowed the beginning of the environmental management in the educational community. The main results obtained were: the establishment of two indicators of sustainability (ecological footprint and daily waste production), the creation and implementation of an environmental committee in charge of the active operation of the EMP and the screening processes for capturing rainwater and anaerobic digestion, as the most appropriate to be implemented in the I.M.S.H.

* Work Degree

** Physicochemical Faculty of Engineering. School of Chemical Engineering. Director: PhD. Liliana Del Pilar Castro Molano. Co-Director: Debora Nabarlatz

INTRODUCCIÓN

El medio ambiente de una población o comunidad se ve modificado debido al crecimiento industrial, económico y demográfico del siglo XX, que trajo consigo, consecuencias como el cambio climático global [1], agotamiento y destrucción de los recursos naturales [2], urbanización creciente y desordenada [3], degradación de los ecosistemas y la destrucción de la biodiversidad [4]. Del mismo modo el hiperconsumo, asociado al crecimiento económico y estimulado por una publicidad agresiva, creadora de necesidades, que impulsa a usar y desechar [5], promueve la demanda de recursos naturales limitando la disponibilidad de los mismos que influyen directamente en la contaminación del agua, aire, suelo y en la generación de grandes cantidades de residuos sólidos poniendo en riesgo el bienestar para las generaciones presentes y futuras.

Las situaciones descritas anteriormente, han alertado a gobiernos, grupos ambientalistas, universidades y comunidad a generar una conciencia que conlleve a un cambio en el comportamiento y desarrollo de las actividades que puede ser descrito como consumo o desarrollo sostenible (Lelia Voinea, 2011) [6].

El desarrollo sostenible es “aumentar la calidad de vida de todos, garantizar derechos, actuar con las reglas de la naturaleza y no del mercado. Es un modo de vida basado en el respeto a todas las personas, presentes y futuras, a todas las formas de vida y hacia el entorno en el que se desarrollan” (Kronenberg, 2007) [7].

De acuerdo con la segunda Cumbre Mundial sobre Desarrollo Sostenible, la educación tiene la responsabilidad de desempeñar un papel importante en llevar a cabo una visión de sostenibilidad que vincula el bienestar económico con el respeto por la diversidad cultural, la tierra y sus recursos (UNESCO, 2007) [8]. En este sentido, la educación ambiental es un instrumento potencial para facilitar la

formación de una sociedad sostenible, que a la vez es democrática y deliberativa (Barth Matthias, 2014) [9].

Dado el creciente interés mundial sobre el papel de los centros educativos hacia la promoción de la sostenibilidad, un gran número de colegios y universidades se comprometen con la sostenibilidad.

según el índice *Green Metric* que se desarrolla por parte de la Universidad Indonesia (UI) creado en 2010, valora las políticas de sostenibilidad ambiental de centros de enseñanza superior, a nivel internacional, en función de seis categorías: eficiencia energética y lucha contra el cambio climático, la gestión de residuos, los recursos hídricos, la infraestructura, el fomento del transporte no contaminante y la educación ambiental, todo esto enmarco hacia la gestión sostenible entre universidades a nivel mundial (*Green Metric* 2013 publicación) [10] .

Teniendo esto en cuenta, las diferentes categorías a su vez tiene distintos objetivos; el entorno e infraestructura busca proporcionar más espacios verdes que estén entorno con el desarrollo de energía sostenible, la energía y el cambio climático busca identificar el uso eficiente de la energía y alternativas que puedan disminuir los daños al planeta en cuanto al clima se refiere, la gestión de residuos está encaminado hacia el desarrollo de actividades de tratamiento y reciclaje, además de la reducción del consumo acelerado dentro de los campus universitarios, por otro lado los recursos hídricos busca la disminución del consumo de agua de manera ineficiente, el fomento de transporte no contaminante está enmarcado a la disminución de las emisiones del CO₂ y el nivel de contaminantes dentro de la universidad teniendo alternativas como el uso de la bicicleta dentro de los campus y compartir carros particulares y por último la educación ambiental busca generar concientización sobre la generación sostenible dentro del ambiente que se desenvuelva las comunidades universitarias [10] [11].

Se debe tener en cuenta que el compromiso por parte de las universidades incluye diferentes ámbitos y estos dependen a su vez de la universidad en la que se desarrolla. Un ejemplo de esto son las universidades españolas que en busca del desarrollo sostenible en el 2004 se crea, en el seno de la Conferencia de Rectores de las Universidades Españolas (CRUE), un grupo de trabajo sobre calidad ambiental y desarrollo sostenible, para el fomento de la actuación por la sostenibilidad en las universidades españolas. En 2008, este grupo pasó a ser Comisión Sectorial de Calidad Ambiental, Desarrollo Sostenible y Prevención de Riesgos en las universidades (CADEP). [12]

Algunos de los ámbitos que utilizan las universidades de España son: política de sostenibilidad, eficiencia energética, uso racional del agua, investigación social. Estando así a disposición de ser evaluadas por investigaciones que realiza la Universidad de Indonesia como es el caso de *Green Metric* anteriormente mencionado. Teniendo en cuenta estas categorías se puede afirmar que diferentes universidades colombianas cuentan con alternativas implementadas como es el caso de la Universidad de los Andes (UNIANDES) que actualmente cuenta con acciones y políticas amigables con el ambiente, el cual se denomina Plan de Gestión Ambiental (PGA), este plan involucra todos los aspectos y temas medio ambientales que se están desarrollando para el campus. De estas acciones se resaltan la utilización de paneles solares para el calentamiento del agua, planta de tratamiento de aguas residuales, cubiertas ajardinadas y políticas como el uso de medios de transporte alternativos como la bicicleta o reciclaje de las basuras),teniendo el mismo sentido de sostenibilidad [13].

La Universidad Nacional de Colombia (UNAL) cuenta con programas como gestión integral de agua, uso eficiente de energía, manejo de residuos peligrosos y no peligrosos [14]. A nivel departamental la Universidad Industrial de Santander (UIS) fomenta programas de gestión integral de residuos, uso racional de la energía (URE), uso racional de agua (URA), conservación y manejo de la flora y fauna [15].

A diferencia de las universidades los colegios representan comunidades menos numerosas pero con programas relacionados en cuanto a sostenibilidad se refiere. Como es el caso de la sensibilización por la parte educativa, un ejemplo son las escuelas llamadas “escuelas verdes o eco-escuelas” que se encuentra actualmente por diferentes países y que a su vez abarcan distintas formas que relacionan la parte sostenible.

Un ejemplo son las escuelas “Eco-Schools” de México que tienen en cuenta la educación ambiental, manejo de residuos sólidos, eficiencia en el consumo de agua, electricidad y acciones ambientales comunitarias [16].

Otro ejemplo son las escuelas de Argentina aproximadamente (1058 escuelas) tienen acciones como gestión integral de residuos donde se busca el consumo responsable y 3R's los cuales promueven la separación de residuos en la fuente y la recolección diferenciada; en movilidad sustentable (propone revisar las decisiones que toda la comunidad educativa utiliza al momento de movilizarse por la ciudad, por esto se promueve la utilización de bicicletas e identificar los beneficios que trae esta actividad con su utilización), las huertas y espacios verdes (buscan trabajar la educación ambiental e investigar contenidos de ciencias naturales, aproximadamente 306 escuelas poseen huertas), en cuanto a la eficiencia energética (buscan la sensibilización en el uso responsable de los recursos teniendo en cuenta que con una modificación de las conductas en el uso se puede mejorar el rendimiento energético para esto tienen una escuela modelo en eficiencia energética y consumo de agua además de la implementación de energías renovables para el desarrollo de proyectos educativos (instalación de paneles solares fotovoltaicos en 3 establecimientos educativos que alcanza un total de 1400 alumnos); cubiertas verdes (se promueve la incorporación de tecnología y espacios verdes como agentes de mejora ambiental) y por parte del cambio climático, busca identificar el impacto de las acciones del programa en términos de emisiones de dióxido de carbono (CO₂), tienen la propuesta de implementar un plan de medición

de huella de carbono para las escuelas, a través de la utilización de una plataforma de software que permite medir y actualizar la huella de carbono para cada escuela además de esto medir GEI (gases de efecto invernadero) que se generen a partir de la realización de las actividades cotidianas [17].

En Colombia, la fundación Celsia actúa con las llamadas eco-escuelas en la parte educativa en algunos municipios de Antioquia con diferentes programas de sensibilización sobre el uso de los recursos naturales [18]. El caso más notable en el país en términos de sostenibilidad es el colegio Rochester, es el primer colegio en Colombia y en América latina en recibir certificación internacional LEED.

Esta certificación se basa en diferentes criterios, como lo son: eficiencia en el uso del agua, sitios sustentables, energía y atmósfera, materiales y recursos, calidad del ambiente interior e innovación en el diseño; este colegio se identifica por su construcción sostenible además de esto todas las iniciativas sostenibles implementadas son estudiadas y monitoreadas por estudiantes y profesores creando conocimiento técnico y crítico para fomentar prácticas de sostenibilidad en su hogar y entorno, el colegio tiene criterios de energía alternativas (paneles solares térmico y fotovoltaicos) , reducción de agua potable a través de su planta de agua residuales (PTAR), control de CO₂ en las diferentes aulas, uso de equipos eléctrico-mecánicos de bajo consumo, gestión de residuos sólidos (compostaje y selección in-situ) [19].

En la parte costera del país, Santa Marta cuenta con una escuela preescolar para la primera infancia llamada *Timayui*, el edificio donde funciona la escuela regula su temperatura a través de un sistema de muros de fachada de alta eficiencia térmica apoyada con ventilación natural, la orientación de la escuela permite ventilación e iluminación natural, también cuenta con la optimización del uso de agua por medio de aparatos ahorradores y reciclajes de aguas lluvias y grises además de manejo de reciclaje de residuos [20].

A nivel departamental Santander cuenta con campañas de educación ambiental donde el 57% de los participantes son las instituciones educativas, estas campañas

buscan concientización ambiental y es un indicio de pensamiento sostenible por parte de la comunidad [21].

La Corporación Autónoma Regional para la Protección de la Meseta de Bucaramanga (CDMB), afirma que en los colegios del departamento se han aplicado políticas de educación ambiental basada en conferencias y actividades de sensibilización ambiental. Sin embargo, se demostró que estas políticas no han contribuido a mitigar el impacto ambiental generado por las actividades de las comunidades educativas y consecuentemente no existen programas que promuevan la sostenibilidad en dichas instituciones [22].

Teniendo en cuenta los diferentes aspectos que debe tener un colegio verde, aspecto importante además de propender por la sostenibilidad, este trabajo tiene como objetivo una Propuesta de un plan de manejo ambiental encaminado hacia una gestión sostenible que estableció como caso de estudio al colegio Instituto Miguel Sánchez Hinestroza (IMSH). Inicialmente se iniciara un diagnóstico de Impacto Ambiental el cual hace referencia a la alteración producida en el medio natural donde el hombre desarrolla su vida, ocasionada por un proyecto de inversión o una actividad económica dada [23].

En el diagnóstico ambiental se realizara el cálculo de la Huella Ecológica la cual se define como “el área de territorio ecológicamente productiva (cultivos, pastos, bosques o ecosistemas acuáticos) necesaria para producir los recursos utilizados y para asimilar los residuos producidos por una determinada población con un nivel de vida específico de forma indefinida, sea donde sea que se encuentre esa área” [24].

La huella ecológica describe el modelo de vida de cierta población y está determinada por su número de miembros, el volumen de consumo y la intensidad de uso de los recursos para proveerla de bienes y servicios.

Se expresa en hectáreas por persona y año [Ha/persona/año], aunque actualmente se tiende a expresar en [hectáreas globales/persona/año] que representa la superficie de Planeta necesaria para asimilar el impacto de las actividades del modelo de vida analizado [25].

posterior a esto se realizara un Plan de Gestión Integral de los residuos(PGIRS) el cual indica a un conjunto de operaciones y disposiciones encaminadas a dar a los residuos producidos el destino más adecuado desde el punto de vista ambiental, de acuerdo con sus características, volumen, procedencia, costos de tratamiento, posibilidades de recuperación, comercialización y disposición final [26] .

Finalmente se utilizara el *software expert choice* para identificar una alternativa sostenible que busque solucionar los problemas de impactos que se encuentran en la institución debido a que Actualmente el colegio (IMSH) no cuenta con una gestión ambiental que este orientado a la sostenibilidad y que conduzca a la disminución de la generación de residuos y al manejo adecuado de los residuos que este produce en sus actividades educativas.

El Colegio Instituto Miguel Sánchez Hinestroza es un colegio oficial fundado en 1960 constituido por tres sedes, la sede Principal, sede El Pílon y sede Quebrada Seca. En la sede Principal funcionan las dos jornadas, en la mañana con los niveles de preescolar y secundaria, en la tarde la sección primaria, aproximadamente está constituida por 552 personas en total la sede principal está ubicada en la vereda

Acapulco perteneciente al municipio de San Juan Girón y tiene un área aproximada de 2762.5 m², esta sede cuenta con servicio de luz, escases de agua y el servicio de gas es proporcionado por pipetas de propano además de esto cuenta con una sala de cómputo y un restaurante el cual proporciona dos meriendas y almuerzo a los estudiantes .

1. DESCRIPCIÓN METODOLÓGICA

Este trabajo se desarrolló en tres (3) fases: La primera consistió en realizar una evaluación (cualitativa y cuantitativa) de la situación ambiental del IMSH mediante los métodos: Arboleda para la evaluación de Impactos Ambientales [27] y la Huella Ecológica (EF) para la medición de actividades educativas [28]; en la segunda fase se desarrolló un Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos (PGIRS) y finalmente se plantearon alternativas de procesos de ingeniería verde que contribuyeran al desarrollo sostenible del centro educativo.

1.1. PRIMERA FASE: DIAGNÓSTICO AMBIENTAL

1.1.1. Método cualitativo. Se realizó una revisión bibliográfica y visitas durante 4 meses al colegio para establecer cuáles eran los aspectos a tener en cuenta en el diagnóstico ambiental. En la Tabla 1 se presenta la matriz utilizada para identificar cualitativamente los aspectos ambientales del colegio I.M.S.H, los cuales son valorados mediante el método Arboleda (Tabla 2).

1.1.2. Método cuantitativo: Huella Ecológica (EF)

Metodología de Cálculo

Paso 1: Información de patrones de Consumo en el I.M.S.H.

La investigación divide las actividades del colegio I.M.S.H. en los siguientes componentes y éstos a su vez se dividen en subcomponentes como se muestra en la figura 1. Estos componentes representan las principales categorías de consumo del colegio y de las personas que lo integran (N=552).

Paso 2: Factores de conversión de la Huella Ecológica

Este método establece que las emisiones de kg de CO₂ tradicionales deben ser convertidas a unidades de tierra asimilables de CO₂ (Hectáreas Globales GHa). (Anexo A).

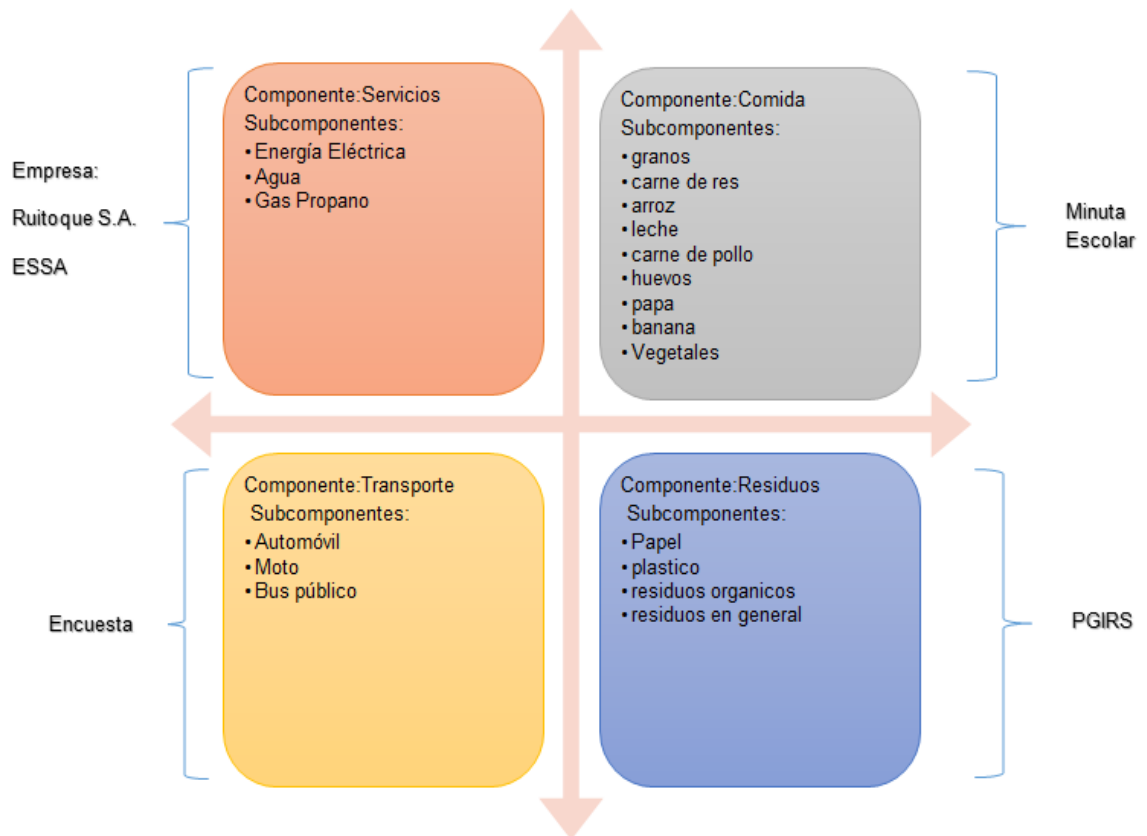
Tabla 1. Matriz de impactos Ambientales IMSH

Actividad	Aspecto	Zona	Impacto
Manejo de Residuos sólidos institucionales	Disposición inadecuada de residuos sólidos inorgánicos	Zonas de recolección de basura	Propagación de roedores e insectos que son vectores de enfermedades
	Disposición inadecuada de residuos sólidos orgánicos	Portería	Propagación de malos olores y animales vectores de enfermedades
	Prácticas de ahorro de papel de oficina	Rectoría	Ahorro en la compra de papel
Manejo de agua potable	Gasto innecesario de agua	todas las zonas	Aumento en cobro del servicio Público debido al gasto irrisorio y de consumo
	Fugas		Baños, Restaurante.
Manejo de energía	Gastos innecesarios de energía	todas las zonas	Aumento en cobro del servicio Público debido al gasto irrisorio y de consumo.
Paisaje	Disposición inadecuada de residuos solidos	todas las zonas	Deterioro paisajístico afectando las funciones vitales de los seres vivientes por mala disposición de los residuos solidos
Cultura ciudadana	comportamiento ciudadano frente a los recursos naturales disponibles y el manejo adecuado para la disposición final de residuos sólidos	todas las zonas	Contaminación de aguas, aire y suelo en los factores biológicos, físicos y químicos afectando el bienestar y la salud de las personas

Tabla 1. Continuación

	ASPECTO	ZONA	IMPACTO
ACTIVIDAD	Catedra de sostenibilidad: inclusión de tema sostenibilidad en el programa de química para bachillerato, catedra de sostenibilidad ambiental para preescolar.		Comportamiento ciudadano responsable frente a los recursos naturales
CAPTACIÓN DE AGUA LLUVIA	Sistema de Control de Contaminación	Baños y Zonas de jardinería	Ahorro en el consumo del servicio de acueducto

Figura 1. Componente y subcomponentes de la Huella Ecológica (EF)



Paso 3: Cálculo de la Huella Ecológica

- **Cálculo de la Huella Ecológica para cada subcomponente:** La ecuación (1), se utilizó para determinar la Huella Ecológica para cada subcomponente:

$$EF_{Subcomp\ i} = \frac{C_i * E_f}{P} \quad (1)$$

Donde:

$EF_{Subcomp\ i}$ = Huella ecológica de cada subcomponente [Ha/año]

C_i = consumo anual [kwh, m³, kg de comida, etc.]

E_f = Factor de conversión de Huella Ecológica (Anexo B)

P = constante de fijación = 6.27 [Tn CO₂/Ha/año] [28].

Tabla 2. Valoración de los criterios de evaluación del Método Arboleda

Criterio	Rango	Valor/identificación
Clase(C)	Positivo(+)	
	Negativo(-)	
Presencia (P)	Cierta	1
	Muy probable	0.7
	Probable	0.3
	Poco Probable	0.1
	No Probable	0
Duración (D)	Muy larga o permanente(>10 años)	1
	Larga (>7 años)	0.7-1
	Media (>4 años)	0.4-0.7
	Corta (>1 año)	0.1-.04
	Muy corta (<1 año)	0-0.1
Evolución	Muy rápida(<1 mes)	0.8-1
	Rápida (<6 meses)	0.6-0.8
	Media (<12 meses)	0.4-0.6
	Lenta (<24 meses)	0.2-.04
	Muy lenta (>24 meses)	0-0.2
Magnitud	Muy alta	0.8-1
	Alta	0.6-0.8
	Media	0.4-0.6

Tabla2. Continuación

	Baja	0.2-.04
	Muy baja	0-0.2
Importancia Ambiental	Muy alta	8-10
	Alta	6-8
	Media	4-6
	Baja	2-4
	Muy baja	0-2

- **Cálculo de la Huella Ecológica para cada componente:** Para el cálculo de cada componente (Servicios, Comida, Transporte, Residuos) se hace la sumatoria de los subcomponentes correspondientes a cada componente mostrados en la figura (Componentes y subcomponentes de la Huella Ecológica) de la siguiente forma:

$$EF_{comp j} = \sum_{i=1}^n EF_{comp i} \quad (2)$$

Donde:

$EF_{comp j}$ = Huella Ecológica de cada componente [Ha/año].

$EF_{Subcomp i}$ = Huella ecológica de cada subcomponente [Ha/año].

- **Cálculo de la Huella Ecológica total: Para determinar la huella ecológica, se utilizó la siguiente expresión:**

$$EF_{Tot} = K(\sum_{j=1}^n EF_{comp j} + A_{I.M.S.H}) \quad (3)$$

Donde:

EF_{Tot} = Huella Ecológica Total [GHa/año].

$EF_{comp j}$ = Huella Ecológica de cada componente [Ha/año].

$A_{I.M.S.H}$ = Área del campus

K= constante de rendimiento=1.37 [GHa/Ha] [29]

- **Cálculo de la Huella Ecológica Per cápita:** El cálculo de la Huella Ecológica Per cápita se obtiene dividiendo la Huella Ecológica Total entre el número de personas pertenecientes a la institución.

$$EF_{Per\text{capita}} = \frac{EF_{Tot}}{N} \quad (4)$$

Donde:

$EF_{Per\text{capita}}$ = Huella Ecológica Per cápita [GHa/Persona/ año]

EF_{Tot} = Huella Ecológica Total [GHa/año].

N= Número de personas que integran al I.M.S.H.

1.2. SEGUNDA FASE: DESARROLLO DE UN PLAN DE GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS (PGIRS).

El desarrollo de esta fase se llevó a cabo en tres partes:

1.2.1. Caracterización y Cuantificación. La Caracterización y cuantificación de los residuos sólidos mediante el método de cuarteo propuesto por *Kunitoshi Sakurai* [30]. En la Tabla 3, se resumen las ecuaciones empleadas para cuantificar los residuos.

Tabla 3. Ecuaciones cuantificación de los residuos sólidos I.M.S.H.

Tipo de caracterización	Ecuación
Calculo del porcentaje de cada componente de los RS	$\% = \frac{\text{Peso de tipo de residuo}}{\text{Peso de la muestra}} \times 100\% \quad (5)$
Generación per cápita de residuos(GPC)	$GPC = \frac{\text{peso total de residuos diarios promedio}}{\text{Numero de personas}} \quad (6)$
Generación total diaria de residuos(GTD)	$GTD = GPC \times \text{Numero de personas} \quad (7)$
Peso específico(PE)	$PE = \frac{\text{Peso del residuo } W \text{ [Kg]}}{\text{volumen [m}^3\text{]}} \quad (8)$

1.2.2. Implementación del Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos (PGIRS). La implementación del PGIR consistió en elaborar un mapa del colegio e identificar los puntos de generación de residuos para posteriormente ubicar los contenedores (diseñados de forma funcional para los estudiantes) teniendo en cuenta el código de colores de la Guía Técnica Colombiana GTC-24 [26].

1.2.3. Aspecto social. Este aspecto consistió en organizar una fiesta de sostenibilidad en el colegio con los siguientes objetivos:

- Conformar un comité ambiental con los estudiantes del I.M.S.H
- Seleccionar la mascota del programa PGIR del I.M.S.H a través de un concurso con los estudiantes
- Formar en educación ambiental mediante la elaboración de un eco invento (usando materiales reciclables), por cada grado de primero a once.

1.3. TERCERA FASE: SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS DE PROCESOS QUE CONTRIBUYAN AL DESARROLLO SOSTENIBLE DEL COLEGIO IMSH.

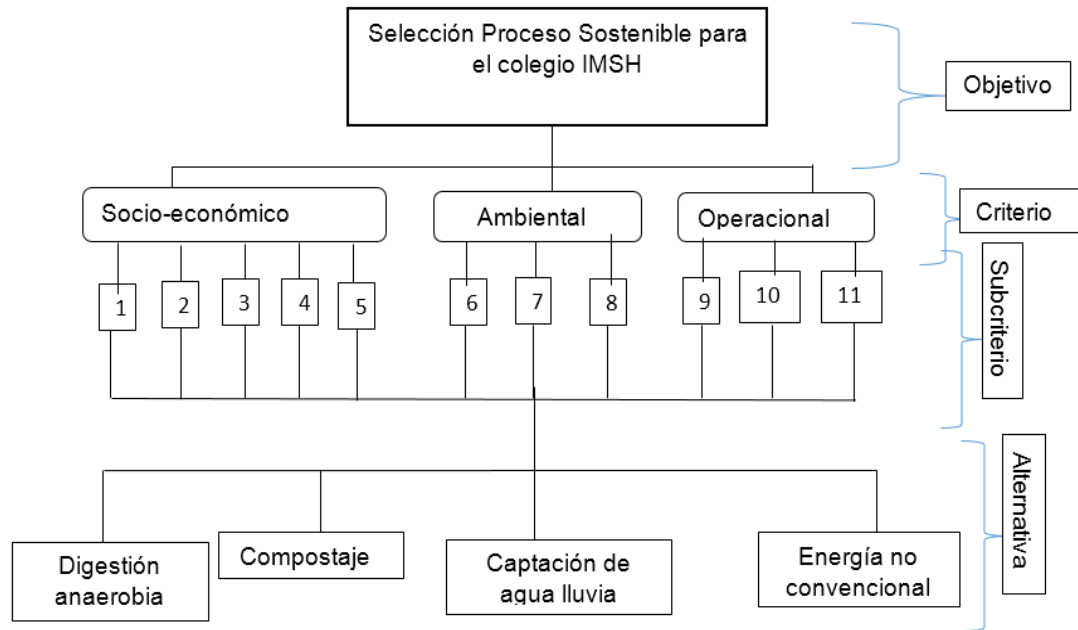
Con base a la revisión bibliográfica, resultados de la Huella ecológica y el PGIRS se pre-seleccionaron alternativas de procesos de ingeniería sostenible para el colegio I.M.S.H: Digestión Anaerobia (DA), el compostaje (C), captación de agua lluvia (CALL) y la energía no convencional (energía eólica y solar) (ENC).

La selección de los procesos se realizó mediante la herramienta *Analytical Hierarchical Process* (AHP) usando el *software Expert Choice 11*.

1.3.1. Modelización del problema. Mediante el software Expert Choice 11, se definen los elementos de la estructura jerárquica: el objetivo, los criterios, los sub-criterios y las alternativas [31]. Es indispensable tener perfectamente definido el objetivo del análisis jerárquico y los ítems que se van a valorar; esto permite que el

análisis este orientado a la solución del problema. En la Figura 2 se observa el modelo de AHP elaborado para esta investigación.

Figura 2. Modelización del problema.



Sub-criterios

- 1. Generación de empleo
- 2. Aceptación Social
- 3. Servicios Industriales.
- 4. Costos operacionales.
- 5. Inversión
- 6. Proceso

- 7. Madurez de la tecnología
- 8. Transferencia tecnológica
- 9. Efluentes líquidos.
- 10. Emisiones de gases
- 11. Residuos sólidos

1.3.2. Criterios de evaluación. Se seleccionaron como criterios los siguientes: socio-económico, operacional y ambiental, estos criterios constituyen la base para la sostenibilidad y de igual forma realizan una evaluación para la verificación de la

misma en los procesos de ingeniería sostenible [32]. Dichos criterios son estratégicos en el nivel intermedio de la estructura jerárquica de acuerdo con la priorización de los procesos de ingeniería sostenible.

1.3.3. Definición de escalas de ponderación. Una vez construida la estructura jerárquica del problema, se realizaron comparaciones pareadas (generando una matriz de confrontación) y atendiendo la jerarquía del modelo de acuerdo a: objetivo, criterios, sub-criterios y alternativas de procesos de ingeniería sostenible. Para las comparaciones surgió la necesidad de construir una escala según las recomendaciones de *Saaty* [33], asignando un valor numérico a cada criterio conforme a los calificativos cualitativos (Tabla4).

Sub-criterios socio-económicos: La implementación de cualquiera de estas tecnologías preliminares busca una mejoría en las condiciones sociales y económicas de la institución y de la comunidad en general, tomando como base los sub-criterios que se evaluaron en cuanto a la generación de empleo y la aceptación social de la tecnología.

Se consideraron como sub-criterios económicos los costos de inversión, de operación y de servicios industriales, involucrados en el desarrollo de procesos de ingeniería de este estudio [33]. Los costos de operación, para el desarrollo de las tecnologías, se calcularon teniendo en cuenta la complejidad de las diferentes tecnologías que se han utilizado y como se establece en la bibliografía del mismo se tuvieron en cuenta los diferentes servicios industriales que necesitan para su operación. La alternativa con menores costos económicos fue ponderada con la mejor calificación, la Tabla 5 muestra los sub-criterios económicos tenidos en cuenta durante el estudio.

Tabla 4. Escala Saaty

Escala numérica	Escala Verbal
1	ambos criterios o elementos son de igual importancia
3	débil o moderada importancia de uno sobre el otro
5	importancia esencial o fuerte de un criterio, elemento sobre el otro
7	importancia demostrada de un criterio, elemento sobre otro
9	importancia absoluta de un criterio, elemento sobre otro
2,4,6,8	Valores intermedios entre dos juicios adyacentes, que se emplean cuando es necesario un término medio entre dos de las intensidades anteriores.
2	entre igualmente y moderadamente preferible
4	entre moderadamente y fuertemente preferible
6	entre fuertemente y extremadamente preferible
8	entre muy fuertemente y extremadamente preferible

Tabla 5. Sub-criterios socio-económicos

Tecnología/ Sub-criterios	Generación de empleo	Aceptación social	Inversión	Costos Operacionales	Servicios Industriales
Digestión Anaerobia	Exige personal capacitado para la operación y supervisión del proceso. [34], [35]	Debido a que está solucionando problemas del colegio y genera un servicio. [34], [35]	USD \$300-500 [34]	USD \$ 300 [34]	agua [34]
compostaje	Exige personal capacitado para la operación y supervisión del proceso. [34], [36]	El abono no presenta riesgo público, riesgo por sustancias químicas durante el proceso. [37]	67,87 USD/Tonelada [38]	100 a 280 dólares. [39]	Electricidad, combustible, agua [40].
captación de aguas lluvias	Exige personal capacitado en la construcción de la estructura del sistema. [41]	Este proceso no genera ningún residuo y le da un aprovechamiento al recurso hídrico. [41]	USD \$ 500, se cuenta con tanques de almacenamiento su valor disminuye , [41]	Si el sistema es automático no requerirá de operario pero si de revisión semestral para mantenimiento (depende de la bomba escogida) USD\$ 250 [41].	Electricidad [41]
Energías no convencionales.	Exige personal capacitado debido a que son tecnologías con un alto grado de dificultad a la hora de la implementación. [37]	Estas tecnologías no producen residuos, le dan un mayor aprovechamiento a los recursos. [37]	USD \$ 800-1000 [37]	Sistema automático, requiere de mantenimiento semestral USD \$300-400 [37].	N/A

Sub-criterios operacional: Los sub-criterios operacionales seleccionados fueron: proceso, transferencia tecnológica y madurez de la tecnología. En el sub-criterio de proceso se valoró según la complejidad en la ejecución de la tecnología. La transferencia tecnológica se valoró teniendo en cuenta la viabilidad de implementación de las técnicas en el colegio I.M.S.H. Con respecto a la madurez de la tecnología se estimó de acuerdo a la investigación y montajes piloto. A la alternativa con menores implicaciones operacionales se le atribuye la mejor calificación. Ver tabla 6.

Tabla 6. Sub-criterios Operacional

Tecnología/ Sub-criterios	Proceso	Transferencia tecnológica	Madurez de la tecnología
Digestión Anaerobia	Valores de pH en la fase líquida, relación C/N en la materia prima, control de rangos de temperatura en el proceso, suministro de material inicial, proporción materia prima/ agua. [34]	Proceso convencional de fácil transferencia, digestión anaerobia requiere seguridad. [35]	Tecnología madura, debido a que ha sido utilizada en el aprovechamiento de diferentes residuos. [35]
compostaje	Reducción de tamaño, fermentación, homogenización, filtración de gases. [40]	proceso convencional de fácil transferencia, con biorreactores requiere de seguridad [40], [36]	tecnología madura con varias plantas industriales en operación [36]
captación de aguas lluvias	captación, recolección y conducción, interceptor de primeras aguas, almacenamiento, red de distribución y bombeo [42]	proceso convencional de fácil instalación pero requiere un estudio previo del lugar de instalación [41] [42]	Tecnología en proceso de maduración debido a que esta requiere de estudios previos del lugar de instalación. [41] [42]
energías no convencionales	captación (número de aspas de transforman la energía del viento en energía mecánica) tecnología de ventilación , regulación, transmisión y generación de energía eléctrica .instalación de aerogenerador, instalación de paneles, estación de cables hasta cuarto de baterías, conexión de baterías y sus debido elementos para transformación de energía. [37]	Limitaciones por su alto costo, equipo sofisticado. [37]	Tecnología en proceso de maduración, el país cuenta con un parque eólico, implementación en escuelas en argentina. [37]

Sub-criterios ambientales: En cualquier tecnología que desarrolle un proceso es de vital importancia controlar la salida de contaminantes, como sub-criterios ambientales se contempló la evaluación de las descargas (subproductos líquidos, sólidos y gaseosos) emitidas con la implementación de cada una de los procesos de ingeniería, la AHP categoriza las alternativas con menores impactos sobre el entorno, de acuerdo con la mejor calificación del sub-criterio ambiental. Los sub-criterios se observan en la Tabla 7.

Tabla 7. Sub-criterios Ambiental

Tecnología/Sub-criterios	Efluentes líquidos	Emisiones de gases	Emisiones sólidas
Digestión Anaerobia	N/A	CH ₄ ,CO ₂ , ácidos grasos volátiles(AGV), H ₂ ,N ₂ ,CO,O ₂ ,H ₂ S [34]	Digestato rico en nutrientes [35]
Compostaje	Lixiviados [39]	Nitrógeno(NH ₃ , NO ₃ ,NO ₂) [43]	N/A
Captación de aguas lluvias	N/A	N/A	N/A
Energías no convencionales	N/A	N/A	N/A

2. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

2.1. DIAGNÓSTICO AMBIENTAL

2.1.1. Método cualitativo. En la tabla 8 se observa la valoración actual ambiental cualitativa del colegio I.M.S.H; se discute la afectación relacionada a problemas de manejo de residuos, impacto visual en el paisaje como consecuencia de la disposición inadecuada de residuos, uso ineficiente de la energía y el uso inadecuado del agua. Se resalta que el colegio ya ha iniciado la gestión sostenible con la implementación de la cátedra ambiental y la adquisición de los tanques de recolección de agua lluvia, que podría ser útil en la implementación del proceso de ingeniería sostenible (captación de agua lluvia) en la disminución de la inversión de la tecnología pero es necesario reforzar la gestión que mitigue los aspectos mayormente calificados de manera negativa y potencializar los impactos positivos mediante el compromiso de la comunidad educativa el mejoramiento continuo del PMA por parte de la auditoría del comité ambiental y la dirección.

Tabla 8. Resultados Matriz de Impactos Ambientales I.M.S.H.

Actividad	Aspecto	Zona	Impacto	Valoración						Importancia Ambiental	Registro fotográfico
				C	P	E	M	D	Ca		
Manejo de Residuos sólidos institucionales	Disposición inadecuada de residuos sólidos inorgánicos	Zonas de recolección de basura	Propagación de roedores e insectos que son vectores de enfermedades	-	0.9	0.9	0.9	1	-7.8	Alta	
	Disposición inadecuada de residuos sólidos orgánicos	Portería	Propagación de malos olores y animales vectores de enfermedades	-	0.8	0.9	1	0.9	-7.2	Alta	
	Prácticas de ahorro de papel de oficina	Rectoría	Ahorro en la compra de papel	+	0.7	1	0.8	0.6	5.2	Media	

Tabla 8. Continuación



Actividad	Aspecto	Zona	Impacto	Valoración						Importancia Ambiental	Registro fotográfico
				C	P	E	M	D	Ca		
Manejo de agua potable	Gasto innecesario de agua	Todas las zonas	Aumento en cobro del servicio Publico debido al aumento de consumo	-	0.9	0.9	0.8	0.9	-7	Alta	
	Fugas		Baños, Restaurante.	-	0.3	0.6	0.2	0.4	-0.6	Muy baja	

Tabla 8. Continuación

Actividad	Aspecto	Zona	Impacto	Valoración						Importancia Ambiental	Registro fotográfico
				C	P	E	M	D	Ca		
Manejo de energía	Gastos innecesarios de energía	todas las zonas	Aumento en cobro del servicio Público debido al aumento de consumo	-	1	0.8	0.9	0.7	-7.1	Alta	
Paisaje	Disposición inadecuada de residuos sólidos	todas las zonas	Deterioro paisajístico afectando las funciones vitales de los seres vivos por mala disposición de los residuos sólidos	-	1	1	1	0.9	-9.7	Muy Alta	

Tabla 8. Continuación


Actividad	Aspecto	Zona	Impacto	Valoración						Importancia Ambiental	Registro fotográfico
				C	P	E	M	D	Ca		
Cultura ciudadana	comportamiento o ciudadano frente a los recursos naturales disponibles y el manejo adecuado para la disposición final de residuos sólidos	todas las zonas	Contaminación de aguas, aire y suelo en los factores biológicos, físicos y químicos afectando el bienestar y la salud de las personas	-	1	1	1	0.8	-9.4	Muy Alta	

Table 8. Continuación.


	<p>Catedra de sostenibilidad: inclusión de tema sostenibilidad en el programa de química para bachillerato, catedra de sostenibilidad ambiental.</p>		<p>comportamiento ciudadano responsable frente a los recursos naturales</p>	+	1	0.6	0.8	0.6	5.2	<p>Media</p>	
--	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--	-----------------------------------------------------------------------------	---	---	-----	-----	-----	-----	--------------	-------------------------------------------------------------------------------------

Table 8. Continuación


Actividad	Aspecto	Zona	Impacto	Valoración						Importancia Ambiental	Registro fotográfico
				C	P	E	M	D	Ca		
Captación de Agua Iluvia	Sistema de Control de Contaminación	Baños y Zonas de jardinería	Ahorro en el consumo del servicio de acueducto	+	0.9	0.6	0.6	0.5	3.6	Baja	

Tabla 9. Variables asociadas a la matriz de Impactos Ambientales I.M.S.H.

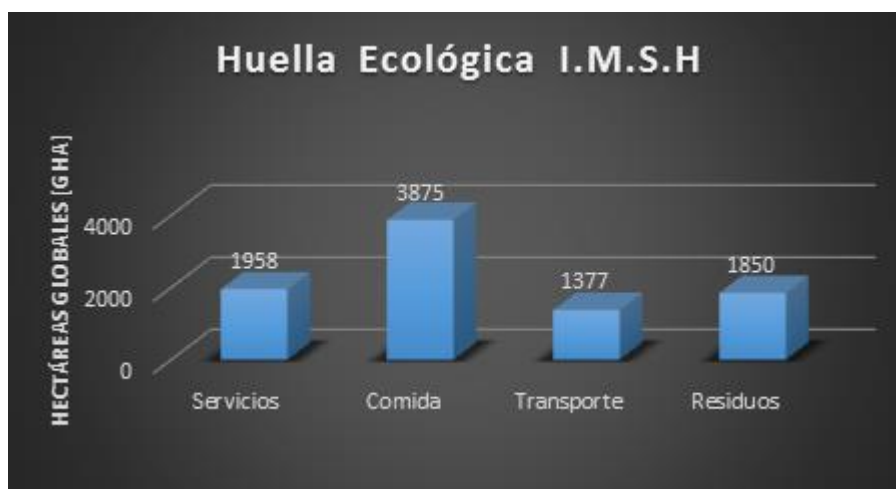
	P	E	M	D	Ca
Clase	presencia	Evolución	Magnitud	Duración	Calificación ambiental

2.1.2. Método cuantitativo: Huella Ecológica (EF)

Resultados cálculo de la Huella Ecológica total y per cápita. La Huella Ecológica del colegio I.M.S.H para el año 2014 fue de 9263.7 GHa que se traduce como la cantidad de tierra biológicamente productiva para producir los recursos que consume y absorber los desechos que genera. La EF per cápita fue de 16.8 GHa/persona para la comunidad educativa (estudiantes, docentes, personal de administración y servicios) constituida por 552 personas.

La EF puede usarse como indicador de sostenibilidad para instituciones, organizaciones, empresas, etc. Pues establece relación entre las actividades y los impactos asociados a las mismas. La Huella per cápita para el humano promedio es de 2.7 GHa/persona [44] comparada con la universidad de East Anglia en el Reino Unido de 7.3 GHa/ persona [45] , La (EF) indica que el impacto ambiental de las actividades educativas de la universidad de East Anglia (UEA) es 2.7 veces mayor a los impactos del estilo de vida global.

Figura 3. Componente Huella Ecológica (EF) del I.M.S.H.



Como se muestra en la Figura 3, el desglose de los componentes tenidos en cuenta para la huella Ecológica (EF) del I.M.S.H son Servicios (1958 GHa), Comida (3875 GHa), Transporte (1377 GHa) y residuos (1850 GHa). La mayor contribución a la EF es el componente coma producto de las actividades del restaurante escolar. Estos resultados se corroboran con los obtenidos en la sección anterior y se confirma claramente el impacto negativo en la generación de residuos medido cualitativamente en la matriz de Impactos (Tabla 2).

2.2. DESARROLLO DE UN PLAN DE GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS (PGIRS).

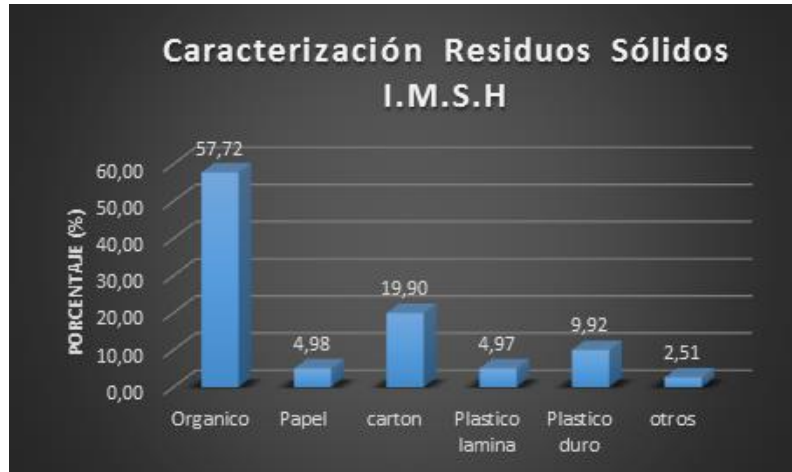
2.2.1. Caracterización y cuantificación de los residuos sólidos para el IMSH.

La caracterización de los residuos sólidos permitió clasificarlos en: orgánico, papel, cartón, plástico lamina, plástico duro y otros. La Tabla 10 muestra los resultados de la caracterización de los residuos del IMSH y la Figura 4 muestra la contribución de cada componente en la producción total diaria de residuos.

Tabla 10. Resultados Caracterización y Cuantificación de los Residuos Sólidos IMSH

Tipo de residuo	%	Generación[kg/día]
Orgánico	57.72	11.75
Papel	4.98	1.013
Cartón	19.90	4.052
Plástico lamina	4.97	1.012
Plástico duro	9.92	2.02
Otros	2.51	0.51
Total	100.00	20.36

Figura 4. Resultados Caracterización de los Residuos Sólidos.



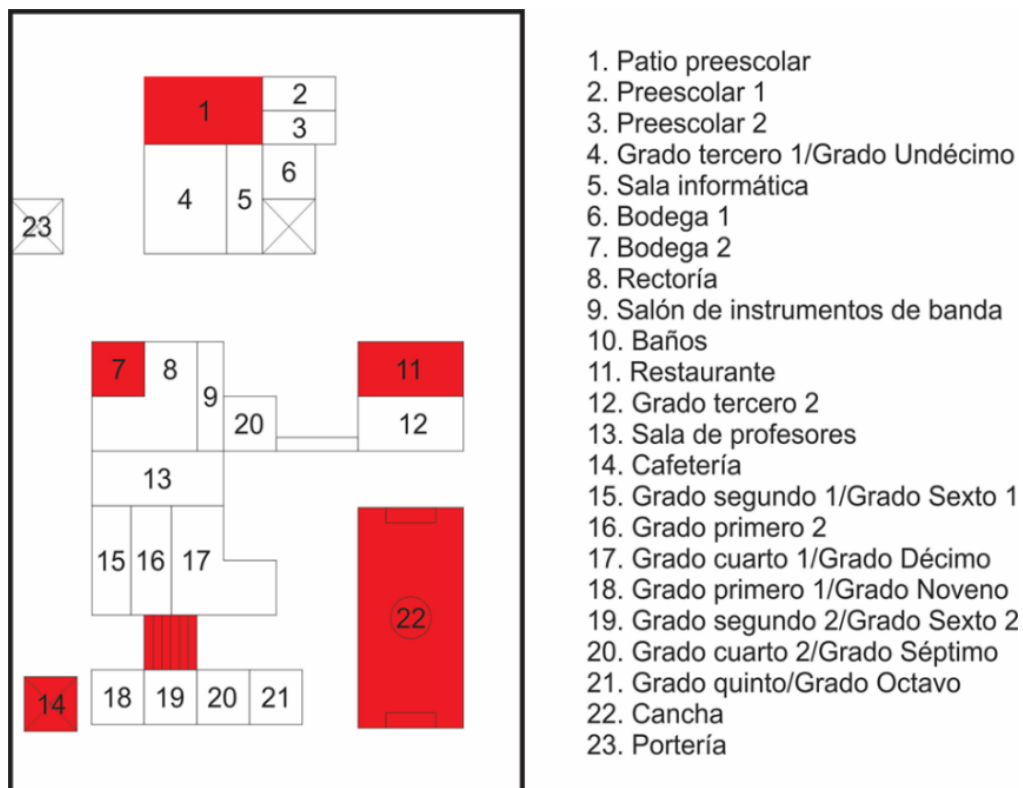
La generación de residuos per cápita (GPC) calculada experimentalmente fue 0.036 kg/día/persona constatando de esta manera una generación de residuos sólidos baja en relación al ciudadano bumangués promedio que genera 0.45 kg/día/persona [46]. En la siguiente tabla se resumen los resultados obtenidos en esta fase.

Tabla 11. Cuantificación Residuos Sólidos IMSH.

Generación per cápita de residuos(GPC)	$GPC = 0.036 \text{ kg/día/persona}$
Generación total diaria de residuos(GTD)	$GTD = 20.36 \text{ kg/día}$
Peso específico(PE)	$PE = 56.56 \text{ Kg/m}^3.$

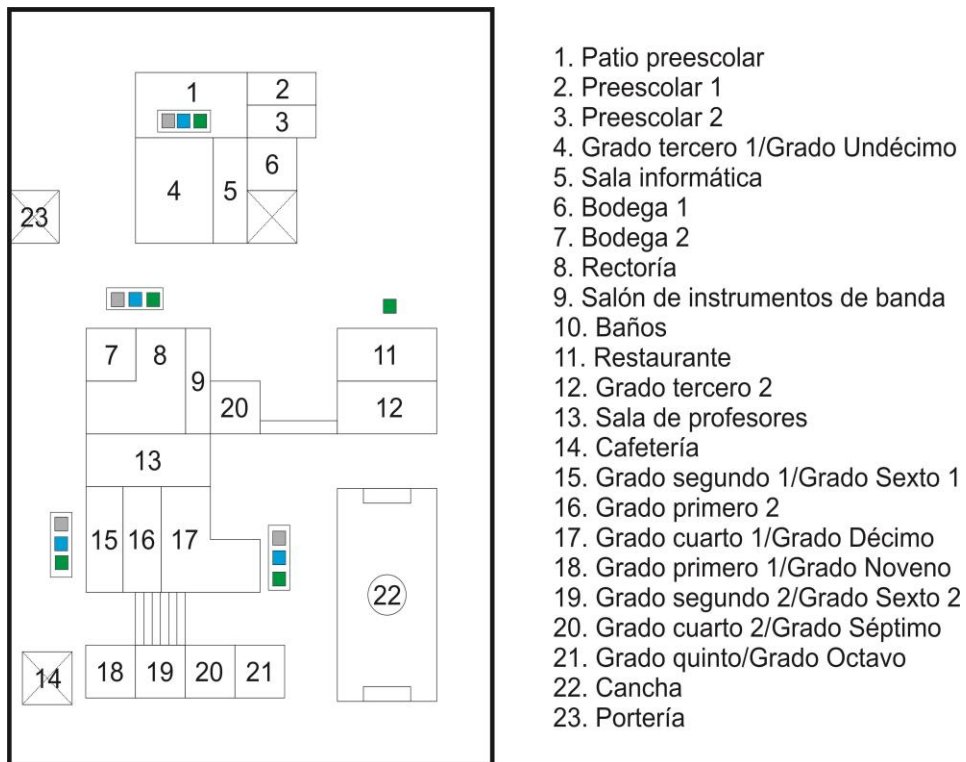
2.2.2. Resultados Implementación Plan de Gestión Integral de Residuos de Sólidos. La identificación de las zonas de generación de residuos se realizó en el mapa de la Figura 5, las zonas se marcaron con color rojo ■ con el fin de ubicar los contenedores en puntos estratégicos para la recolección.

Figura 5. Mapa de identificación de los puntos de generación de residuos.



Con los resultados de la caracterización de los residuos sólidos y con base en el peso específico de los residuos se diseñaron y ubicaron los contenedores en las principales zonas de generación. En el Anexo C, se muestra la especificación de los contenedores de recolección de residuos y en la Figura 6 se muestran lo puntos de ubicación de los contenedores para la separación en la fuente de los residuos sólidos.

Figura 6. Mapa ubicación de contenedores de recolección de residuos sólidos I.M.S.H.



2.3. SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS DE PROCESOS QUE CONTRIBUYAN AL DESARROLLO SOSTENIBLE DEL COLEGIO I.M.S.H

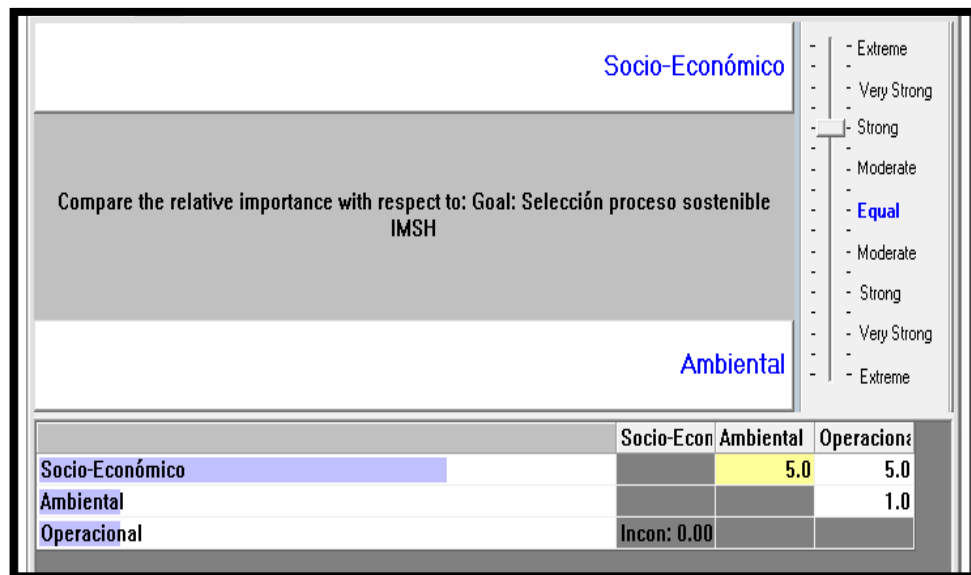
Usando la metodología AHP fue posible analizar la conveniencia de la alternativa según los criterios establecidos; socio-económico, ambientales y operacionales. La revisión bibliográfica permitió incluir aspectos cuantitativos y cualitativos que contribuyeron a la selección de la alternativa sostenible.

2.3.1. Definición de escalas de ponderación. Para la ponderación se realizaron comparaciones binarias siguiendo la jerarquización establecida, objetivo, criterios, sub-criterios y alternativas. Las comparaciones se realizaron en matrices de

valoración teniendo en cuenta la asignación de un valor numérico en cada comparación según la escala se Saaty.

En la Figura 7 se puede observar la comparación binaria y la asignación de la escala de Saaty entre la parte socio-económico y ambiental.

Figura 7. Comparación binaria entre los criterios socio-económicos y ambientales.



2.3.2. Evaluación de prioridades. Una vez alimentado el *software* con las matrices de ponderación para cada uno de los criterios, sub-criterios y alternativas; *Expert Choice 11* calculó los vectores de prioridades locales y globales, que contribuyen a la jerarquización de las alternativas. La Figura 8, muestra la matriz de valoración global para sus alternativas evaluadas.

En la matriz de valoración global. Las barras amarillas representan los coeficientes o prioridades asignados a cada alternativa. Estos valores corresponden al vector de importancia que el *software* calcula con las matrices de comparación alimentadas.

Figura 8. Matriz global de valorización

Ideal mode	Pairwise	Pairwise	Pairwise	Pairwise	Pairwise	Pairwise	Pairwise	Pairwise	Pairwise
Alternative	Socio-Económico Generación de empleo (L: .835)	Socio-Económico Aceptación Social (L: .838)	Socio-Económico Servicios Industriales (L: .131)	Socio-Económico Costos Operacionales (L: .142)	Socio-Económico Inversión (L: .654)	Ambiental Efuentes líquidos (L: .333)	Ambiental Emisiones de gases (L: .333)	Ambiental Residuos sólidos (L: .333)	Operacional Proceso (L: .232)
✓ Digestión	1.000	1.000	547	342	529	275	245	1.000	1.000
✓ Compostaje	704	862	660	339	1.000	125	097	471	563
✓ Captación de agua	092	156	1.000	1.000	978	876	885	287	597
✓ Energía no	092	247	579	130	114	1.000	1.000	287	412

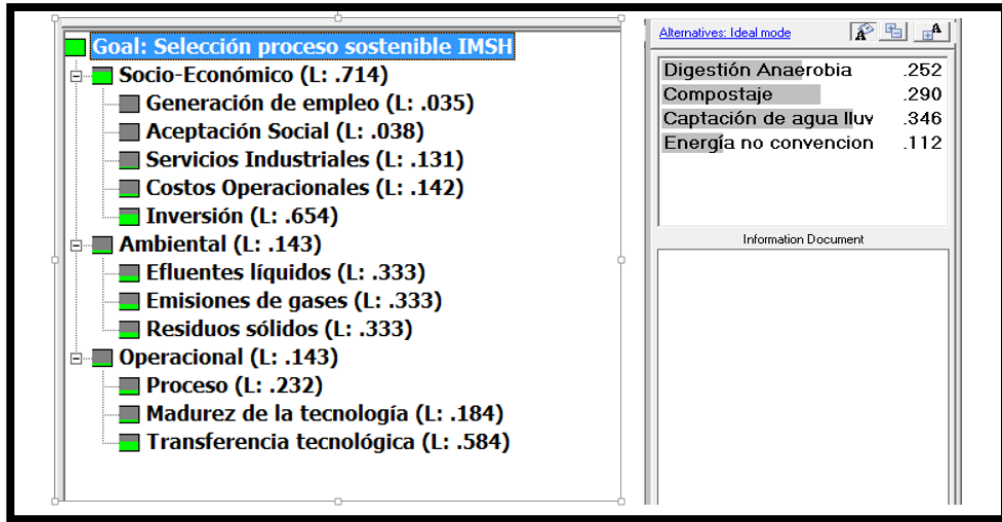
Ideal mode	Pairwise	Pairwise	Pairwise	Pairwise	Pairwise	Pairwise	Pairwise	Pairwise	Pairwise
Alternative	Socio-Económico Aceptación Social (L: .838)	Socio-Económico Servicios Industriales (L: .131)	Socio-Económico Costos Operacionales (L: .142)	Socio-Económico Inversión (L: .654)	Ambiental Efuentes líquidos (L: .333)	Ambiental Emisiones de gases (L: .333)	Ambiental Residuos sólidos (L: .333)	Operacional Proceso (L: .232)	Operacional Madurez de la tecnología (L: .184)
✓ Digestión	1.000	547	342	529	275	245	1.000	1.000	567
✓ Compostaje	062	660	339	1.000	125	097	471	563	1.000
✓ Captación de agua	156	1.000	1.000	978	876	885	287	597	104
✓ Energía no	247	579	130	114	1.000	1.000	287	412	104

Ideal mode	Pairwise	Pairwise	Pairwise	Pairwise	Pairwise	Pairwise	Pairwise	Pairwise	Pairwise
Alternative	Socio-Económico Servicios Industriales (L: .131)	Socio-Económico Costos Operacionales (L: .142)	Socio-Económico Inversión (L: .654)	Ambiental Efuentes líquidos (L: .333)	Ambiental Emisiones de gases (L: .333)	Ambiental Residuos sólidos (L: .333)	Operacional Proceso (L: .232)	Operacional Madurez de la tecnología (L: .184)	Operacional Transferencia tecnológica (L: .584)
✓ Digestión	547	342	529	275	245	1.000	1.000	567	1.000
✓ Compostaje	660	339	1.000	125	097	471	563	1.000	208
✓ Captación de agua	1.000	1.000	978	876	885	287	597	104	358
✓ Energía no	579	130	114	1.000	1.000	287	412	104	076

Ideal mode	Pairwise	Pairwise	Pairwise	Pairwise	Pairwise	Pairwise	Pairwise	Pairwise	Pairwise
Alternative	Socio-Económico Costos Operacionales (L: .142)	Socio-Económico Inversión (L: .654)	Ambiental Efuentes líquidos (L: .333)	Ambiental Emisiones de gases (L: .333)	Ambiental Residuos sólidos (L: .333)	Operacional Proceso (L: .232)	Operacional Madurez de la tecnología (L: .184)	Operacional Transferencia tecnológica (L: .584)	
✓ Digestión	342	529	275	245	1.000	1.000	567	1.000	
✓ Compostaje	339	1.000	125	097	471	563	1.000	208	
✓ Captación de agua	1.000	978	876	885	287	597	104	358	
✓ Energía no	130	114	1.000	1.000	287	412	104	076	

2.3.3. Síntesis del problema. En la Figura 9 se observa de forma conjunta, la importancia relativa de cada criterio y muestra los resultados en la parte superior derecha de la Figura 9 correspondientes a las tecnologías a partir de las comparaciones binarias. La importancia de los criterios en contribución al objetivo encontrada mediante el *software* fueron: socio- económico 0,71; ambiental 0,143 y operacional 0,046; de acuerdo a esto se tiene como resultado del proceso de decisión multicriterio a la alternativa preliminar conveniente a la captación de aguas lluvias (CALL) seguida del compostaje (C).

Figura 9. Resultados de las Alternativas.



2.3.4. Análisis de sensibilidad.

La Tabla 12 muestra la contribución de la variación de los pesos relativos de los criterios en el orden de prioridad en la selección de la alternativa de la AHP. Por ejemplo, cuando la contribución del peso del criterio es modificada del estado Socio-económico=0.0 Ambiental=0.5 y Operacional=0.5 a otro como Socio-económico=0.0 Ambiental=1 y Operacional=0.5, el orden de prioridad para las alternativas cambia de Digestión Anaerobia (DA)- Captación de aguas lluvias (CALL)-Energía no convencional (ENC)- Compostaje (C) a Energía no convencional (ENC)- Captación de aguas lluvias (CALL)--Digestión Anaerobia (DA)-Compostaje (C).

Tabla 12. Puntaje de AHP variando en los pesos relativos de los criterios.

Socio-Economico	Ambiental	Operacional	DA	C	CALL	ENC	Mayor Puntaje AHP
0	0	1	0.489	0.232	0.195	0.085	0.489
0	0.1	0.9	0.463	0.219	0.207	0.111	0.463
0	0.3	0.7	0.412	0.194	0.23	0.164	0.412
0	0.5	0.5	0.36	0.169	0.254	0.217	0.36
0	0.7	0.3	0.309	0.144	0.278	0.27	0.309
0	0.9	0.1	0.258	0.119	0.301	0.322	0.322
0	1	0	0.232	0.106	0.313	0.349	0.349
0.1	0	0.9	0.462	0.242	0.213	0.083	0.462
0.1	0.1	0.8	0.436	0.229	0.225	0.11	0.436
0.1	0.3	0.6	0.385	0.204	0.248	0.163	0.385
0.1	0.5	0.4	0.333	0.179	0.272	0.216	0.333
0.1	0.7	0.2	0.283	0.154	0.295	0.268	0.295
0.1	0.9	0	0.231	0.129	0.319	0.321	0.321
0.3	0	0.7	0.408	0.262	0.249	0.081	0.408
0.3	0.1	0.6	0.383	0.249	0.26	0.107	0.383
0.3	0.3	0.4	0.33	0.224	0.285	0.162	0.33
0.3	0.5	0.2	0.28	0.199	0.307	0.214	0.307
0.3	0.7	0	0.228	0.173	0.331	0.267	0.331
0.5	0	0.5	0.354	0.282	0.285	0.079	0.354
0.5	0.1	0.4	0.328	0.269	0.297	0.106	0.328
0.5	0.3	0.2	0.277	0.244	0.32	0.159	0.32
0.5	0.5	0	0.226	0.219	0.344	0.212	0.344
0.7	0	0.3	0.3	0.302	0.321	0.077	0.321
0.7	0.1	0.2	0.274	0.288	0.333	0.104	0.333
0.7	0.3	0	0.223	0.264	0.356	0.157	0.356
0.9	0	0.1	0.246	0.322	0.357	0.075	0.357
0.9	0.1	0	0.221	0.31	0.369	0.101	0.369
1	0	0	0.219	0.332	0.375	0.074	0.375

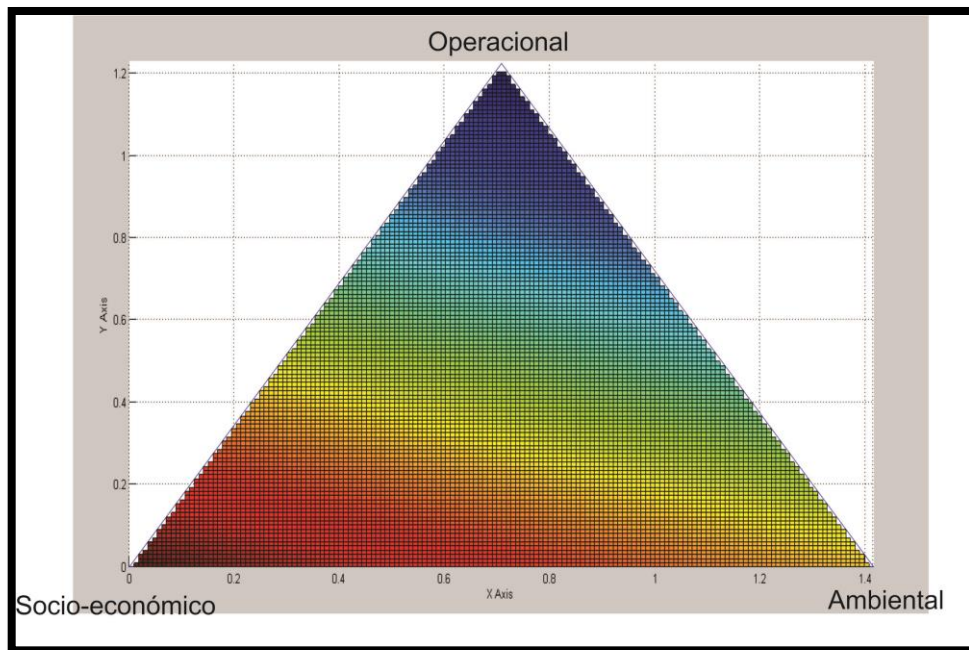
Tabla 13. Convención de colores para la confrontación de alternativas

Alternativa	Digestion Anaerobia (DA)	Compostaje (C)	Captación de aguas lluvias (CALL)	Energías no convencionales (ENC)
Color				

Para explicar mejor los resultados durante el análisis de sensibilidad fue necesario la representación gráfica de los resultados para cada uno de los criterios Socio-económico, Ambiental y Operacional permitiendo establecer comparaciones entre las distintas alternativas y ver las probabilidades de evaluar otra tecnología que supere a CALL en algún determinado caso de estudio.

La Figura 10 representa la Alternativa con mayor puntaje de AHP (CALL) evaluada variando los pesos relativos de los tres criterios usando *Expert Choice 11*.

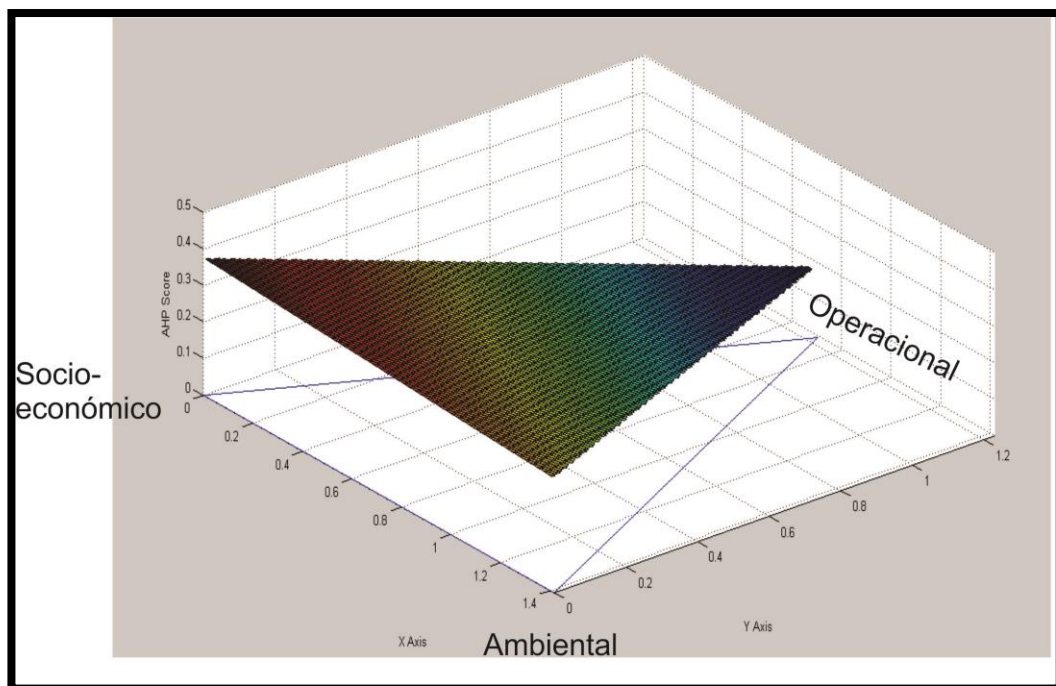
Figura 10. Gráfica resultados análisis de sensibilidad CALL.



El grafico de la Figura 10 representa los valores de puntaje de AHP de la alternativa CALL (representada por la columna azul) obtenidos evaluando los criterios Socio-económico, ambientales y operacionales. Mediante este grafico se verifica los resultados de la Tabla 12 demostrando que los de valores mayores de AHP de la alternativa CALL están en el criterio Socio-económico que se muestran con color rojo ■, esto se debe a sus bajos costos operacionales y que el colegio cuenta con tanques de recolección disminuyendo los costos de inversión. Lo valores medios y más bajos de puntaje de AHP para esta alternativa fueron representados mediante los colores amarillo y azul ■ respectivamente■.

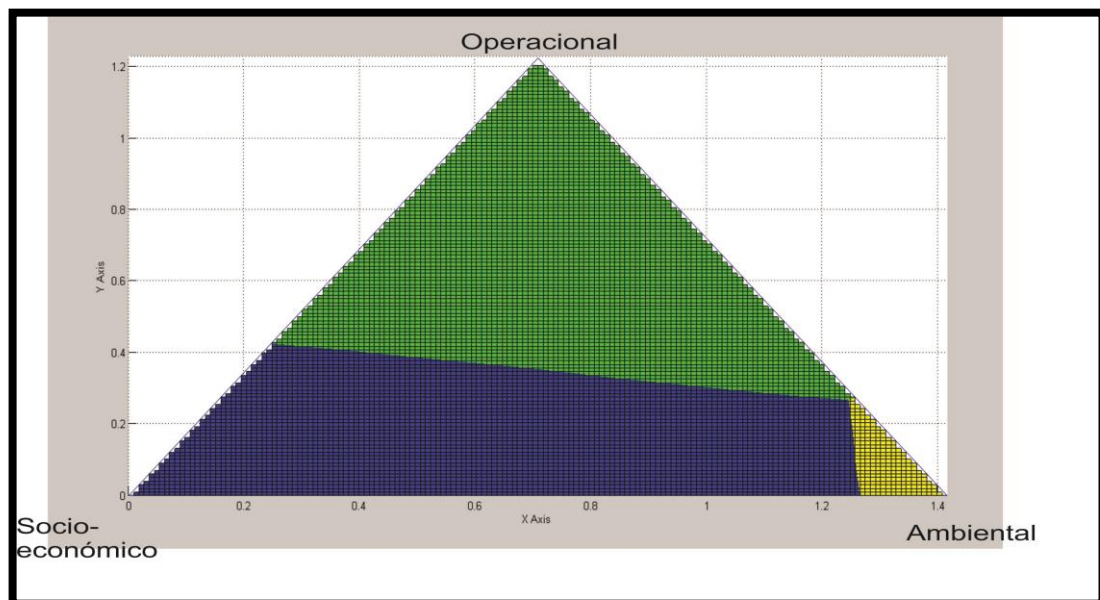
En el diagrama de superficie que se muestra la Figura11 se pude ver que la alternativa CALL tiene puntajes bajos de AHP relacionados con el criterio operacional como consecuencia de la falta de madurez de la tecnología.

Figura 11. Gráfica de superficie, resultados análisis de sensibilidad CALL.



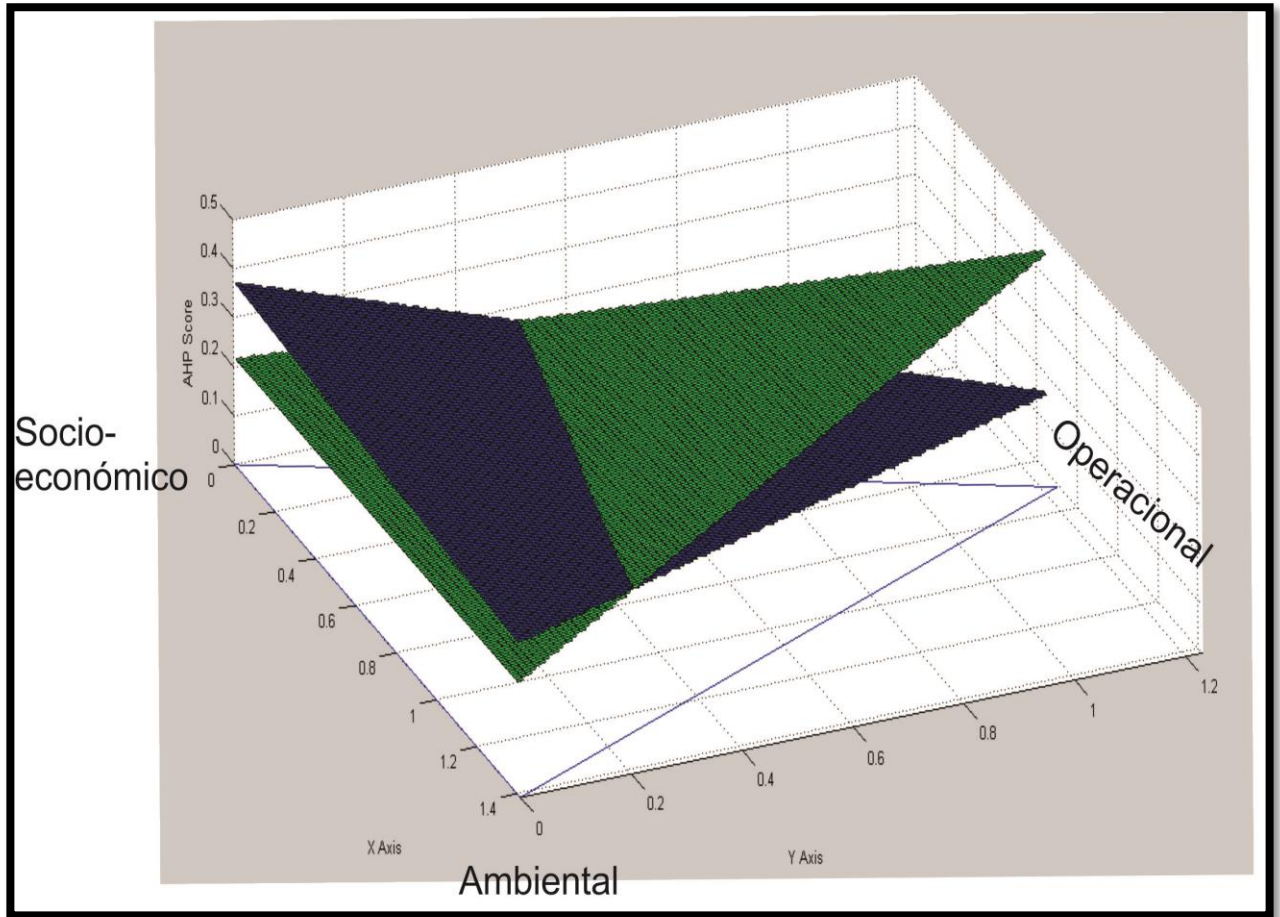
Adicional para el análisis de sensibilidad se graficaron todas las alternativas variando los pesos relativos de los criterios; evaluando el orden de prioridad de las alternativas. Los resultados de este análisis de confrontación se muestran en la Figura 12, la cual es una manera gráfica de ver lo obtenido en la columna de mayor puntaje de AHP de la Tabla 12. La mayor área del triángulo (50%) representa a DA, seguido de CALL (39%) y ENC (11%); descartando al compostaje como alternativa sostenible para el colegio IMSH.

Figura 12. Gráfica resultados análisis de sensibilidad confrontación de las alternativas.



Como consecuencia del resultado anterior es de interés evaluar la tecnología de DA como una segunda alternativa a implementar en el IMSH, por poseer de altos valores de AHP durante el análisis de sensibilidad comparada con las demás. La comparación entre la alternativa de DA y CALL mediante análisis de sensibilidad dinámica se realizó gráficamente en la Figura 13 evaluando todo el rango de pesos relativos de los criterios.

Figura 13. Gráfica de superficie resultados análisis de sensibilidad CALL vs DA.



De la comparación realizada con el método AHP realizado y el análisis de sensibilidad dinámica usando *Expert Choice 11*, se obtuvo:

1. La captación de agua lluvia como alternativa sostenible para el IMSH con una prioridad con un 35 % respecto a las demás alternativas.
2. Qué sucedería si, se cambia los pesos relativos de los criterios y las afectaciones sobre las prioridades globales en cuanto a las alternativas de decisión.
3. Muestra a la Digestión anaerobia como alternativa sostenible para el colegio IMSH si los criterios tuvieran diferente peso por parte del decisor.

3. CONCLUSIONES

- Se establecieron dos indicadores de sostenibilidad: La Huella Ecológica Huella (EF) = 16,8 GHa/ año*persona y la Generación Per Cápita de residuos (GPC)= 0,036 kg/persona.
- Se diseñó e implementó un Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos (PGIRS) que consistió en la ubicación de 12 contenedores para la separación en la fuente en las zonas de mayor flujo de personas y la apropiación social de sostenibilidad mediante la creación de comité ambiental integrado por 10 estudiantes de preescolar, primaria y secundaria y 1 profesor encargado.
- Mediante el análisis jerárquico de procesos (AHP) usando *Expert Choice* versión 11 se obtuvo que los procesos de captación de aguas lluvias y digestión anaerobia son los más apropiados para ser implementados en el I.M.S.H .

4. RECOMENDACIONES

- Proponer un Plan de Manejo Ambiental (PMA) de acuerdo a las necesidades ambientales en las otras sedes (El Pílon y Quebrada Seca) e integrarlos a PMA de la sede principal con el fin de complementar el sistema de gestión ambiental y evaluar así la gestión por parte del comité ambiental mínimo una vez al año en la cual se asegure la mejora continua del mismo.
- Realizar seguimientos de consumo de agua y energía que permita obtener información comparativa y establecer otros indicadores ecológicos como indicadores de consumo de agua e Intensidad en el uso de la electricidad.
- Realizar un estudio posterior de ingeniería en detalle que inicie la implementación de la tecnología de digestión anaerobia la cual permitiría un aprovechamiento de los residuos orgánicos generados en el restaurante y la posibilidad de uso como laboratorio de prácticas ambientales y química debido a que no cuentan con uno en las instalaciones del colegio.

CITAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] DUARTE, C. CAMBIO GLOBAL.IMPACTO DE LA ACTIVIDAD HUMANA SOBRE LA TIERRA. CSIC. 2006.
- [2] REICHMANN. Cuidar la Tierra.Políticas agrarias y alimentarias sostenibles para entrar al siglo XXI. Icaria, Barcelona, 2003.
- [3] H. GIRARDET. Creating Sustainable Cities. de Green Books, Dartington, 1999.
- [4] DE CASTRO, M. La Tierra herida. ¿Qué mundo heredarán nuestros hijos?, Barcelona, 2005.
- [5] VILCHES, D. "Construyamos un futuro sostenible" Diálogos de supervivencia. Actas VII Jornades de la Curie, Valencia, España, 2003.
- [6] VOINEA, A. Analyzing then main changes in new consumer buying. International Journal of Economic Practices.2011. p. 14-19.
- [7] KRONENBERG, J. Marking Consumption Reasonable. Journal of Cleaner Production. 2007. p. 557-566.
- [8] UNESCO. The Un Decade for Education for Sustainable Development. Paris. 2007.
- [9] A. Barth M. Learning to change Universities From Within. Journal of Cleaner Production. 2014. Vol 62, p. 72-81.
- [10] U. G. Metric. Criteria & Indicator. National Geographic, Indonesia , 2011.
- [11] U. P. D. València. Reconocimiento Internacional, El indice GreenMetric de la Universidad de Indonesia sitúa a la UPV como tercera mejor universidad del mundo en Gestión de Residuos. noticias de la web. 2013.
- [12] HIDALGO, D. BARBEITOS, R. BARRAL, M. BENAYAS, J., *et al.* Estrategias De Sostenibilidad y Responsabilidad Social en las Universidades Españolas " Una Herramienta para su Evaluación. " Revista de currículum y fomración del profesorado. 2012. Vol.16, no 2, p. 60-74.
- [13] UNIANDES. Sostenibilidad. Bogotá , 2012.
- [14] Universidad Nacional. Desarrollo Sostenible y Gestión Ambiental. Bogotá .

- [15] Universidad Industrial de Santander (uis) . Proceso Gestión Ambiental. Bucaramanga, 2012.
- [16] MALDONADO, J. DEL NIÑO, T. Centro de Educación Y Capacitación para el Desarrollo Sostenibles. México, D.F., 2010.
- [17] BUENOS AIRES . Ciudad. Acciones y resultados. Buenos Aires , 2010.
- [18] FUNDACIÓN CELSIA. E.S.P. Eco-Escuelas. Medellín , 2014.
- [19] CASOS DE ÉXITO. Colegio Rochester. primer colegio en colombia y en América Latina en recibir la certificación internacional LEED, en su versión Gold. Bogotá , 2014.
- [20] Consejo Colombiano de Construcción Sostenible (CCCS). Escuela Preescolar para la primera Infancia Timayui en Santa Marta. Bogotá D.C., 2011.
- [21] Secretaria de salud y ambiente. Proyecto de educación Ambiental . Balance primer semestre 2013. Bucaramanga. 2013.
- [22] Identificación de las variables que afectan la práctica de educación ambiental establecida por la " CDMB". Bucaramanga. 2010-2012.
- [23] ARBOLEDA, J . Una propuesta para la identificación y evaluación de impactos ambientales. Crónica Forestal y Del Medio Ambiente. 1994. vol. 9. p. 71-81.
- [24] W. W. M. Rees. Our ecological foot print.. Reducing human impact on earth, New Society M, 1996.
- [25] N. LÓPEZ Á, R. LÓPEZ R Y J. TABOADA F. Impacto ambiental en centros de USC. de Coordinación de plan de desenvolvimiento sostenible de Universidad de Santiago de Compostela , Galicia , 2008.
- [26] INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS Y CERTIFICACIÓN (ICONTEC). Norma Técnica Colombiana GTC 24. Bogota, D.C., 2009.
- [27] ARBOLEDA, J. Una Propuesta para la Identificación y Evaluación de Impactos. Crónica Forestal Y Del Medio Ambiente. 1994.
- [28] LÓPEZ, A. BLANCO, D. Metodología para el Cálculo de la Huella ecológica en universidades. de Congreso Nacional del Medio Ambiente. Santiago de Compostela , 2007.
- [29] NUMES, L. CATARINO, A. RIBAU, T. CUESTA, E. Ecological Indicators. Elsevier. 2012. nº 32, p. 276-284.
- [30] SAKURAI, K. Metodo Sencillo Del Analisis de Residuos Solidos. 2000.
- [31] COLOMBO, S. ANGUS, A. MORRIS, J., *eta al.* Comparison of citizen and " EXPERT" preferences using an attribute-based approach to choice. Ecological Economics. 2009. vol. 68, p. 2834-2841.
- [32] BRUNET, R. Optimal Design of Sustainable Chemical Process, Deutschland (Germany) : Lambert Academic Publishing (LAP), 2014.

- [33] SAATY T. Practical Strategy. de Open Access Material (AHP), Pearson Education Limited. 2004, p. 2.
- [34] PRESTON, T. BOTERO, R. Biodigestor de bajo costo para la producción de combustibles y fertilizantes a partir de excretas. 1987, p. 3-20.
- [35] KIRAN, E. ANTOINE, P. TRZCINSKI, W., *et al.* Bioconversion Of Food Waste To Energy. Elsevier Ltd, p. 389-399, 2014.
- [36] AGENCY U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION. Compost-Free Bioreactor Treatment of Acid Rock Drainage Leviathan Mine, California. Innovative Technology Evaluation Report. 2006. vol. 009, nº 06, p. 10-90.
- [37] BRIZUELA, A. AGUIRRE, C. Energía no convencional-Solar y Eólica-para escuelas rurales en la Provincia de Entre Ríos. Redalyc.org. 2004 vol. XV, p. 179-201,.
- [38] GRUBER, S. HILBERT, J. SHEIMBERG, S. Estudio de caso preliminar de generación eléctrica de 1 MW con una planta de biogas de alta eficiencia. Argentina, 2010.
- [39] AGENCY U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION. Fact sheet in-vessel composting of biosolids. Biosolids Technology, pp. 1-10, 2002.
- [40] HARA, K. MINO, T. Environmental Assessment Of Sewage Sludge Recycling Options and Treatment Processes in Tokyo. 2008. vol. 28, p. 2645-2652.
- [41] PALACIO, N. Propuesta de un sistema de aprovechamiento de agua lluvia como alternativa para el ahorro de agua potable, en la institución educativa María Auxiliadora de Caldas, Antioquia. Redalyc.org. 2010. vol. 13, pp. 25-39.
- [42] ARANGO, N. FLÓREZ, J. Sistema de recolección, almacenamiento y conservación de aguas lluvias para el abastecimiento de agua potable a los habitantes del Pacífico Colombiano en zonas rurales de difícil acceso con ausencia o deficiencia del recurso. Santiago de Cali, 2012.
- [43] TELLO, P. MARTINEZ, E. DAZA, D. SOULIER, M., *et al.* Informe de la Evaluación Regional del Manejo de Residuos Sólidos Urbanos en SAMérica latina y el Caribe. IDB-MG, 2010.
- [44] WORLD WILDLIFE FUND FOR NATURE (WWF). Planeta Vivo Informe 2012. Biodiversidad, biocapacidad y Propuestas de futuro. Francia, 2012.
- [45] LAMBRECHTS, W. VAN LIEDEKERKE, L. Using ecological footprint analysis in higher education: Campus operations, policy development and educational purposes. Elsevier Science. 2014. vol. 4, p. 402-406.
- [46] MEDINA, P. BERMÚDEZ, D. La sostenibilidad ambiental Urbana en Colombia. Bitácora Urbano Territorial. 2010. vol. 17, nº 2, p. 73-93.

BIBLIOGRAFÍA

AGENCY U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION. Compost-Free Bioreactor Treatment of Acid Rock Drainage Leviathan Mine, California. Innovative Technology Evaluation Report. 2006. vol. 009, nº 06, p. 10-90.

ARANGO, N. FLÓREZ, J. Sistema de recolección, almacenamiento y conservación de aguas lluvias para el abastecimiento de agua potable a los habitantes del Pacífico Colombiano en zonas rurales de difícil acceso con ausencia o deficiencia del recurso. Santiago de Cali, 2012.

ARBOLEDA, J. Una propuesta para la identificación y evaluación de impactos ambientales. Crónica Forestal y Del Medio Ambiente. 1994. vol. 9. p. 71-81.

BRIZUELA, A. AGUIRRE, C. Energía no convencional-Solar y Eólica-para escuelas rurales en la Provincia de Entre Ríos. Redalyc.org. 2004 vol. XV, p. 179-201,.

COLOMBO, S. ANGUS, A. MORRIS, J., et al. Comparison of citizen and " EXPERT" preferences using an attribute-based approach to choice. En: Ecological Economics. 2009. vol. 68, p. 2834-2841.

HARA, K. MINO, T. Environmental Assessment Of Sewage Sludge Recycling Options and Treatment Processes in Tokyo. 2008. vol. 28, p. 2645-2652.

HIDALGO, D. BARBEITOS, R. BARRAL, M. BENAYAS, J., et al. Estrategias De Sostenibilidad y Responsabilidad Social en las Universidades Españolas " Una Herramienta para su Evaluación. " Revista de currículum y formación del profesorado. 2012. Vol.16, no 2, p. 60-74.

KIRAN, E. ANTOINE, P. TRZCINSKI, W., et al. Bioconversion Of Food Waste To Energy. Elsevier Ltd, p. 389-399, 2014.

LAMBRECHTS, W. VAN LIEDEKERKE, L. Using ecological footprint analysis in higher education: Campus operations, policy development and educational purposes. Elsevier Science. 2014. vol. 4, p. 402-406.

LÓPEZ, A. BLANCO, D. Metodología para el Cálculo de la Huella ecológica en universidades. de Congreso Nacional del Medio Ambiente. Santiago de Compostela, 2007.

MEDINA, P. BERMÚDEZ, D. La sostenibilidad ambiental Urbana en Colombia. Bitácora Urbano Territorial. 2010. vol. 17, nº 2, p. 73-93.

PALACIO, N. Propuesta de un sistema de aprovechamiento de agua lluvia como alternativa para el ahorro de agua potable, en la institución educativa María Auxiliadora de Caldas, Antioquia. Redalyc.org.2010. vol. 13, p. 25-39.

SAATY T. Practical Strategy. de Open Access Material (AHP), PearsonEducation Limited. 2004, p. 2.

VOINEA, A. Analyzing then main changes in new consumer buying. International Journal of Economic Practices.2011. p. 14-19.

ANEXOS

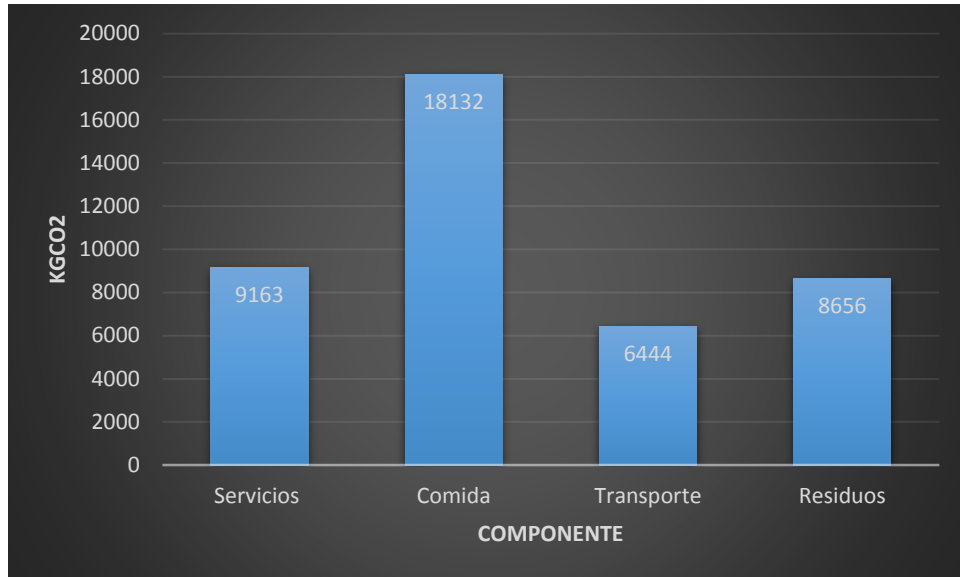
Anexo A. Tabla Kg de CO2 respecto a los patrones de generación y consumo

Servicios	Unidades	Consumo anual	KgCO2
Agua	KgCO2/m3	540	270
Energia electrica	KgCO2/KWh	9270	1625
Gas Propano	KgCO2/Kg	900	2687
total instalaciones			4581
Comida			
granos	KgCO2/kgcomida	450.4	138
carne de res		1121.6	13530
arroz		1125.2	1373
leche		440	321
carne de pollo		912	772
huevos		958.8	564
papa		1107.2	28
banana		352.4	25
Vegetales		2822.4	1383
total comida			
Transporte		Distancia	
Automovil			
Nivel de ocupacion (%)	Personas		
100	5	0	0
75	4	0	0
50	3	22800	2280
25	1 o 2	8000	1600
Moto			
		25200	1764
Bus			
		20000	800
Total Transporte			6444
Residuos			
Papel	KgCO2/kg	1428.2	2628
plastico	KgCO2/kg	848.96	913
residuos organicos	KgCO2/kg	3290	4902
residuos en general	KgCO2/kg	142.8	213
Total Residuo			8656

Anexo B. Factores de conversión Huella Ecológica (EF)

Servicios	Unidades	Factor	Fuente
Agua	KgCO ₂ /m ³	0.5	López Álvarez, et al. (2008)
Energía eléctrica	KgCO ₂ /KWh	0.175	http://www.carbonfootprint.com/factors.aspx
Gas Propano	KgCO ₂ /Kg	2.985	Bhoya, et al. (2014)
Comida			
granos	KgCO ₂ /kgcomida	0.307	Pathak, et al. (2010)
carne de res		12.0627	
arroz		1.22	
leche		0.729	
carne de pollo		0.846	
huevos		0.588	
papa		0.0249	
banana		0.071	
Vegetales		0.49	
Transporte			
Automovil			
Nivel de ocupación	Personas		
100	5	0.05	López Álvarez, et al., 2008.
75	4	0.07	
50	3	0.1	
25	1 o 2	0.2	
Moto		0.07	
Bus		0.04	
Residuos			
Papel	KgCO ₂ /kgresiduo	1.84	López Álvarez, et al. (2008)
plástico		1.08	Dan Gottlieb, et al. (2012.)
residuos orgánicos		1.49	Bhoya, et al. (2014)
residuos en general		1.49	

Anexo C. Gráfica Emisiones de CO2 asociadas a la Huella Ecológica



Anexo D. Especificaciones contenedores Instalación en el I.M.S.H.

Contenedor	Capacidad [L]	No. de Contenedores
Secundaria y Primaria	35	9
Prescolar	15	3

Anexo E. Diseño de los contenedores



Anexo F. Caracterización y Cuantificación de los Residuos Sólidos

La caracterización y cuantificación de los residuos sólidos generados en el I.M.S.H, se determinó utilizando el método del cuarteo propuesto por .el Dr. Kunitoshi Sakurai.

Materiales:

- Pala
- Guantes
- Tapabocas.
- Báscula o balanza.
- Bolsas de basura.
- Recipiente de volumen de conocido.

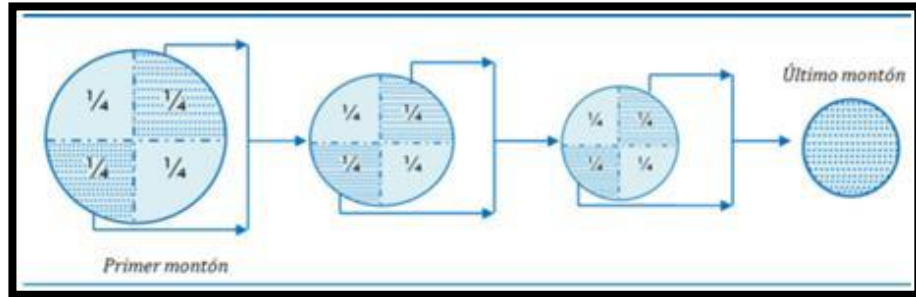
Procedimiento:

1. Para realizar el cuarteo, se toman los residuos sólidos resultados del muestreo realizado durante 8 días. Se debe descartar la muestra tomada el primer día de recojo, ya que la duración del almacenamiento para esa muestra no se conoce se considera una purga.
2. El contenido se vacía formando un montón o pila sobre un área plana horizontal aproximadamente 4m por 4m dependiendo de la cantidad de residuos recolectados.
3. Se rompen bolsas y se cortan cartones y maderas contenidas en la basura hasta conseguir un tamaño de 15 cm por 15 cm o menos.
4. El montón de residuos sólidos se traspalea hasta homogeneizarlos, se divide en Cuatro partes iguales A, B, C, D y se eliminan las partes opuestas A y C

o B y D, repitiendo esta operación hasta dejar un mínimo de 50 kg, para selección de subproductos.

5. De las partes eliminadas del primer cuarteo se toman 10 kg se clasifican de acuerdo a las siguientes características:
 - a. Orgánico.
 - b. Papel.
 - c. Cartón.
 - d. Plástico lamina.
 - e. Plástico duro.
 - f. Otros.

Anexo G. Método del cuarteo



6. Se calcula el porcentaje de cada componente teniendo en cuenta los datos del peso total de las muestras y el peso de cada componente.

Anexo H. Soporte fotográfico (Método cuarteo)



Anexo I. Formato Encuesta

Encuesta

¿Qué tipo de transporte utilizan los Profesores I.M.S.I?





Nombre: _____

1. ¿Qué tipo de transporte utiliza para llegar al colegio I.M.S.I?
 - a. Automóvil
 - b. Moto
 - c. Bus Público

2. ¿Qué distancia recorre diariamente ?(Aproximación en Km)

3. Si tiene carro particular ¿cuál es el nivel de ocupación del vehículo?
 - a. 5 personas
 - b. 4 personas
 - c. 3 personas
 - d. 1 o 2 personas






Anexo J. Recibo Servicio Acueducto Ruitoque S.A.

 NIT: 804.001.062-8		Carrera 25 No. 29-57 Local 2 La cava C.C. Cañaveral Tel: 6389432 - 6389424 - 6381017 / Fax 6381002 Floridablanca, Santander - Colombia Email: ruitoque-esp@ruitoquesp.com Web: www.ruitoquesp.com		Factura de Venta: A- 0429201 Fecha de Expedición: 08-Ago-2014																																															
DATOS DEL CLIENTE																																																			
Nombre: INSTITUTO MIGUEL SANCHEZ NIT: 003913 Niu: 2125003 Ruta: ACAA3-2125-1515 Dirección del servicio: MZ 25 L 3 ACAPULCO Dirección de correo: CRA 25 # 30-32 ALCALDIA DE GIRON			Municipio: 68307-GIRON Barrio: ACAPULCO Zona: ACAPULCO Teléfono:		Ciclo: 01 Uso: ESPECIAL Estrato: NO EXISTE																																														
INFORMACION DEL SERVICIO																																																			
Mes de Consumo: JULIO/2014 Atrasos: Período Facturado: 01-Jul-2014 a 31-Jul-2014 Tasa Mora: 2.14 Fecha último pago: 20-Ago-2014 Fecha suspensión: 25/08/2014 Valor último pago: \$			Medición Medidor: Número: 9011943 Marca: ELSTER Diámetro: 1/2" Lectura: Actual: 2.943 Anterior: 2.803 Consumo del Mes: 140 Areas Comunes: 0		Histórico de Consumos 																																														
Código para Pago Servicio Electrónico: 2125003																																																			
ACUEDUCTO		ALCANTARILLADO		ASEO																																															
Costo Medio de Referencia: 2.593,00		Costo Medio de Referencia: 0,00		Uso: ESPECIAL Estrato: PEQ PRODL																																															
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Concepto</th> <th>Valor</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>CARGO FIJO ACUEDUCTO</td><td>7,285</td></tr> <tr><td>Consumo BASICO (1-20)</td><td>51,860</td></tr> <tr><td>Consumo COMPL (21-40)</td><td>51,860</td></tr> <tr><td>Consumo SUNTU (41-140)</td><td>259,300</td></tr> <tr><td>INTERESES X MORA ACUEDUCTO</td><td>106</td></tr> <tr><td>AJUSTE DECENA FACTURA</td><td>-1</td></tr> <tr><td>SubTotal Mes:</td><td>0</td></tr> <tr><td>Saldo en mora:</td><td>0</td></tr> <tr><td>Total Acueducto:</td><td>0</td></tr> </tbody> </table>		Concepto	Valor	CARGO FIJO ACUEDUCTO	7,285	Consumo BASICO (1-20)	51,860	Consumo COMPL (21-40)	51,860	Consumo SUNTU (41-140)	259,300	INTERESES X MORA ACUEDUCTO	106	AJUSTE DECENA FACTURA	-1	SubTotal Mes:	0	Saldo en mora:	0	Total Acueducto:	0	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Concepto</th> <th>Valor</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>SubTotal Mes:</td><td>0</td></tr> <tr><td>Saldo en mora:</td><td>0</td></tr> <tr><td>Total Alcantarillado:</td><td>0</td></tr> </tbody> </table>		Concepto	Valor	SubTotal Mes:	0	Saldo en mora:	0	Total Alcantarillado:	0	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Concepto</th> <th>Valor</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>RECOLECCION</td><td>11,929</td></tr> <tr><td>DISPOSICION FINAL</td><td>3,361</td></tr> <tr><td>TRAMO EXCEDENTE</td><td>3,207</td></tr> <tr><td>COMERCIALIZACION</td><td>2,419</td></tr> <tr><td>INTERESES X MORA ASE</td><td>14</td></tr> <tr><td>SubTotal Mes:</td><td>0</td></tr> <tr><td>Saldo en mora:</td><td>0</td></tr> <tr><td>Total Aseo:</td><td>0</td></tr> </tbody> </table>		Concepto	Valor	RECOLECCION	11,929	DISPOSICION FINAL	3,361	TRAMO EXCEDENTE	3,207	COMERCIALIZACION	2,419	INTERESES X MORA ASE	14	SubTotal Mes:	0	Saldo en mora:	0	Total Aseo:	0
Concepto	Valor																																																		
CARGO FIJO ACUEDUCTO	7,285																																																		
Consumo BASICO (1-20)	51,860																																																		
Consumo COMPL (21-40)	51,860																																																		
Consumo SUNTU (41-140)	259,300																																																		
INTERESES X MORA ACUEDUCTO	106																																																		
AJUSTE DECENA FACTURA	-1																																																		
SubTotal Mes:	0																																																		
Saldo en mora:	0																																																		
Total Acueducto:	0																																																		
Concepto	Valor																																																		
SubTotal Mes:	0																																																		
Saldo en mora:	0																																																		
Total Alcantarillado:	0																																																		
Concepto	Valor																																																		
RECOLECCION	11,929																																																		
DISPOSICION FINAL	3,361																																																		
TRAMO EXCEDENTE	3,207																																																		
COMERCIALIZACION	2,419																																																		
INTERESES X MORA ASE	14																																																		
SubTotal Mes:	0																																																		
Saldo en mora:	0																																																		
Total Aseo:	0																																																		
FINANCIACIONES			RECAUDO OTROS PRODUCTOS Y SERVICIOS																																																
Fecha	Concepto	Vir Cuota	Cuota	Saldo	Convenio	Concepto	Cuota																																												
Pague Oportunamente hasta el día: 20-Ago-2014 El pago posterior a esta fecha causa intereses por mora por cada día de atraso.				Total a pagar esta factura: \$																																															
Código Suscriptor: 003913 Niu: 2125003 Factura No.: A- 0429201		Código Suscriptor: 003913 Niu: 2125003 Factura No.: A- 0429201		Código Suscriptor: 003913 Niu: 2125003 Factura No.: A- 0429201		Código Suscriptor: 003913 Niu: 2125003 Factura No.: A- 0429201																																													
Fecha pago Oportuno: 20-Ago-2014 Total a pagar: \$		Fecha pago Oportuno: 20-Ago-2014 Total a pagar: \$		Fecha pago Oportuno: 20-Ago-2014 Total a pagar: \$		Fecha pago Oportuno: 20-Ago-2014 Total a pagar: \$																																													
 (415)7709998014770(8020)0002125003(3900)0000391340(96)20140820				 (415)7709998014770(8020)0002125003(3900)0000391340(96)20140820																																															

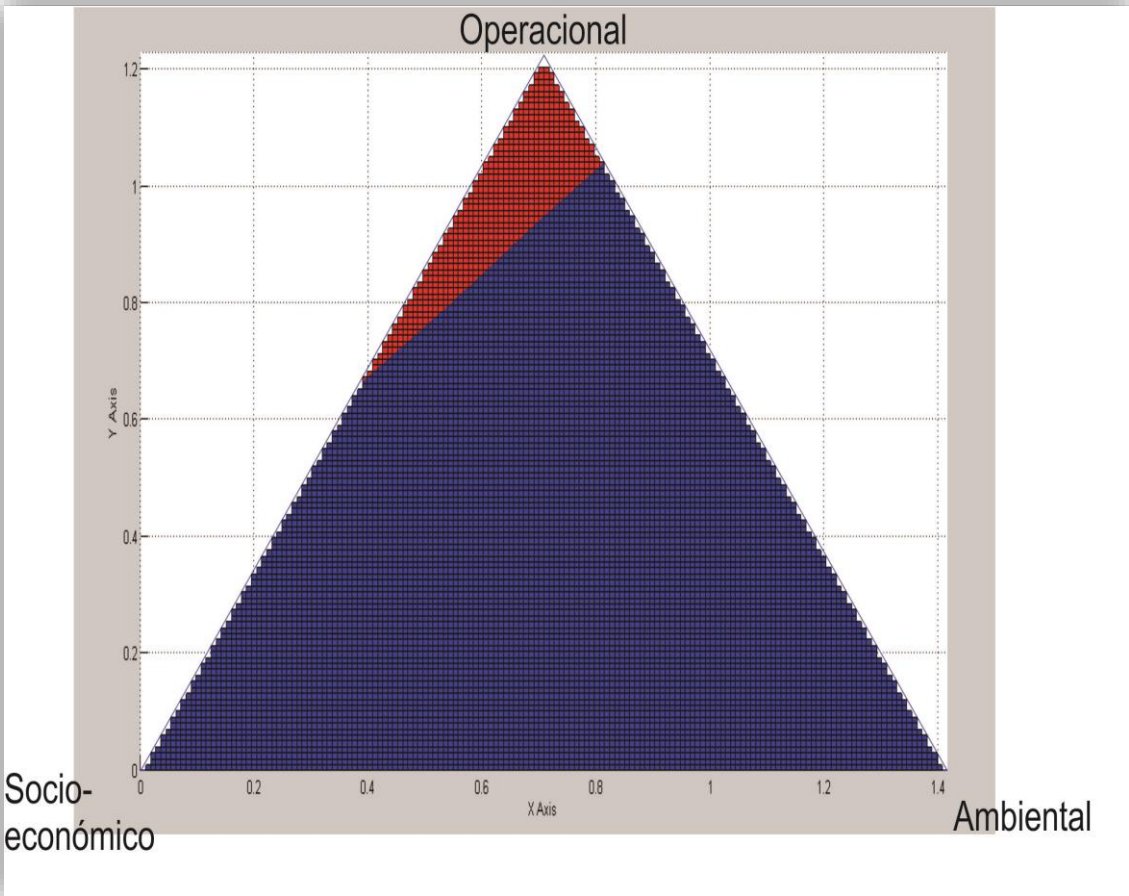
Anexo K. Separación en la fuente

Se realizó aplicando la Norma Técnica Colombiana para residuos institucionales [26]. En el Anexo K se puede observar el código de colores usado en los contenedores.

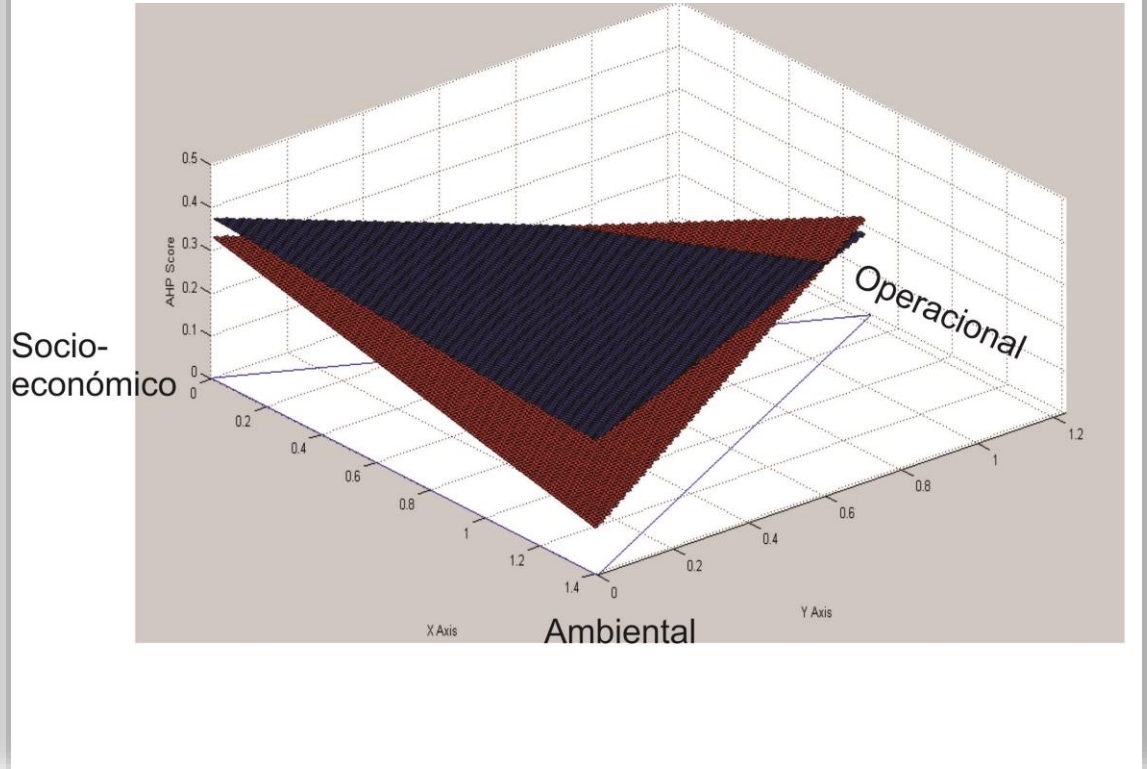
Código de colores para contenedores.

Tipo de Residuos	Color	Etiqueta
Papel y cartón		
Plástico		Rotular con: 
Ordinarios		Ordinarios

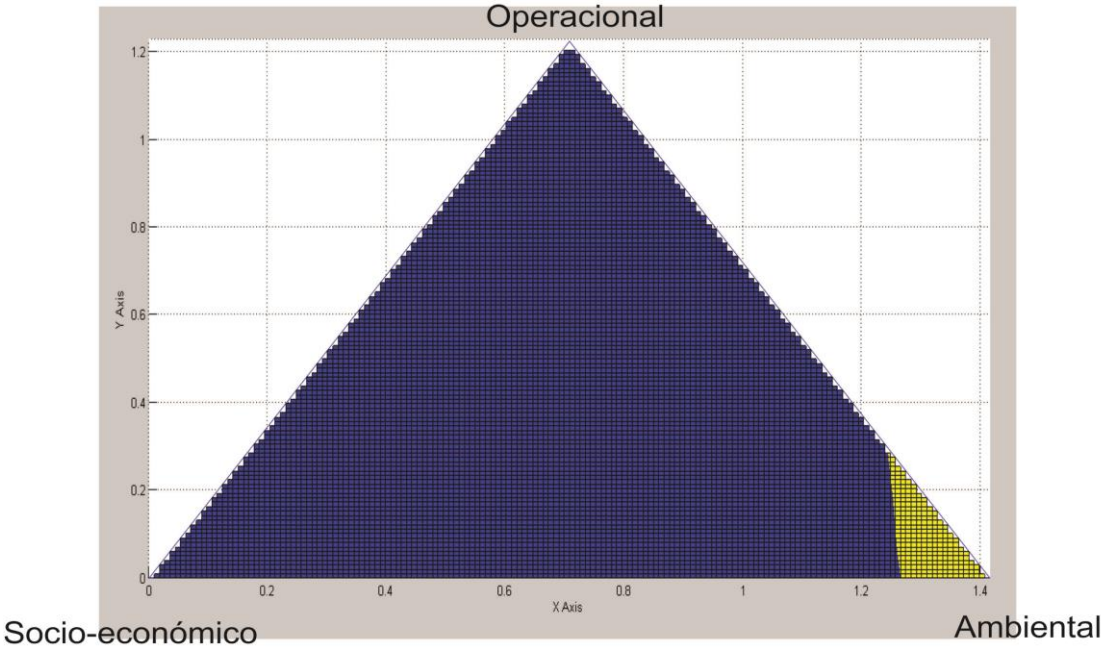
Anexo L. Gráfica resultados análisis de sensibilidad CALL (azul) vs C (rojo)



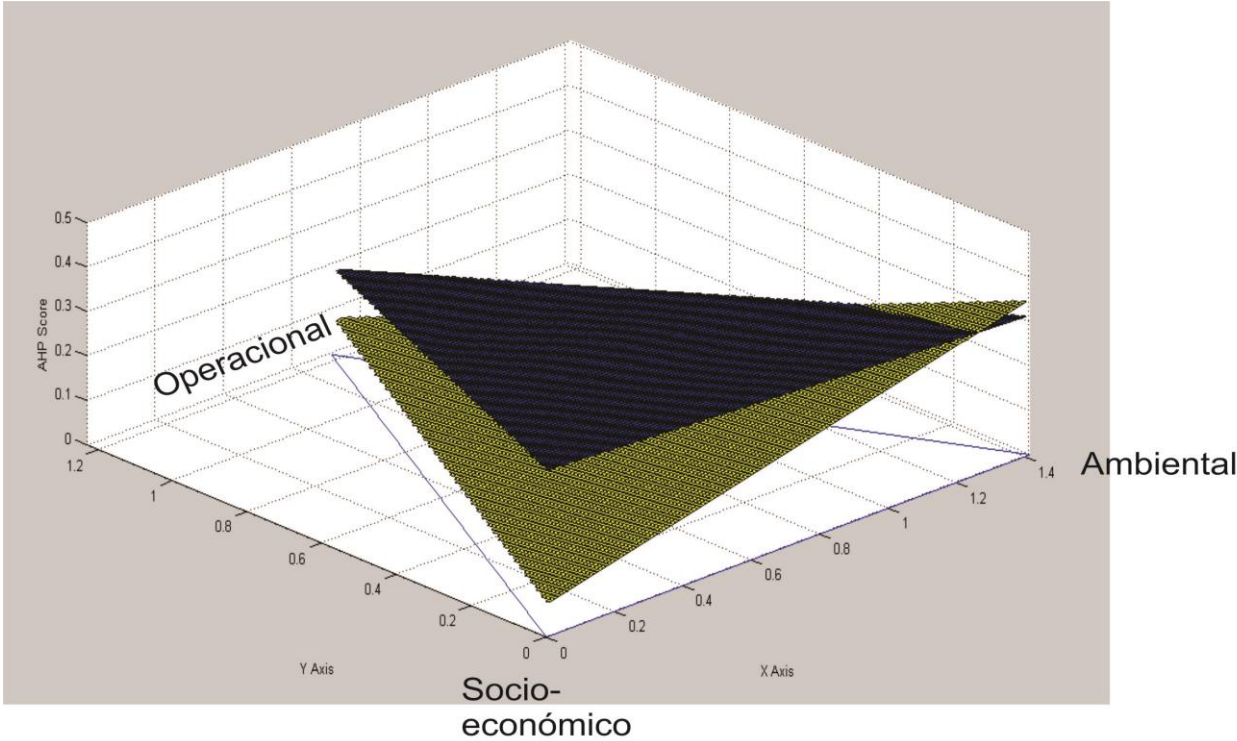
Anexo M. Gráfica de superficie resultados análisis de sensibilidad CALL vs C



Anexo N. Gráfica resultados análisis de sensibilidad confrontación CALL vs ENC



Anexo O. Gráfica de superficie resultados análisis de sensibilidad CALL vs ENC



Anexo P. Soporte fotográfico Fiesta Ecológica

Figura. Participación de la Policía Ambiental



Figura. Mascota Babilio PGIRS UIS



Figura. Participación de la comunidad educativa.



Figura. Eco invento Octavo grado.



