



**UNIVERSIDAD NACIONAL
“SANTIAGO ANTUNEZ DE MAYOLO”**

ESCUELA DE POSTGRADO

**APLICACIÓN DE TÉCNICAS DE MULTICRITERIO PARA
EL ESTABLECIMIENTO DE PUNTOS ÓPTIMOS DEL
RECOJO DE BASURA EN LA CIUDAD DE HUARAZ**

Tesis para optar el grado de Maestro
en Ciencias e Ingeniería
Mención en Computación e Informática

JORGE WILSON LEIVA GONZALES

Asesor: **Dr. JESUS EDILBERTO ESPINOLA GONZALES**

Huaraz – Ancash – Perú

2009

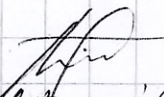
Nº. Registro: T0177

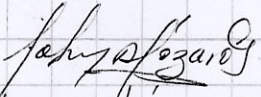


ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS.

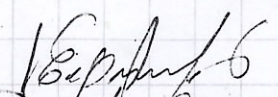
En la ciudad de Huaraz, siendo las 12:35 pm del día 29 de setiembre del año dos mil nueve, en los ambientes del auditorio de la Escuela de postgrado, reunidos los miembros del Jurado designado mediante la Resolución de Consejo de la Escuela de Postgrado N° 070-2009-UNASAM-EPG, Presidido Mg. Julio Arturo Henostroza Torres, Secretario Mg. Johnny Antonio Lázaro González, Vocal Dr. Jesús Edilberto Espinola González, para evaluar la sustentación de la tesis titulada "Aplicaciones de Técnicas de multicriterio para el establecimiento de puntos óptimos del recojo de basura en la ciudad de Huaraz", perteneciente al Bachiller Jorge Wilson Leiva González para lo cual el Presidente del Jurado invitó al Bachiller a dar inicio con su sustentación en forma pública, en un tiempo de 30 minutos, concluida el acto de la sustentación tesis se procede a la ronda de preguntas por parte de los señores del Jurado: Mg. Johnny Antonio Lázaro González; Dr. Jesús Edilberto Espinola González; Mg. Julio Arturo Henostroza Torres dándose por concluido esta etapa de la sustentación. Luego el presidente del Jurado invita al público presente a retirarse del auditorio para que el jurado evaluador delibere sobre el resultado luego de la deliberación el jurado señala como resultado: APROBADO con nota de DIECISIETE (17). Declarando ^{CON MENCIÓN} APTO para que se le conceda el grado de Maestría en Ciencias e Ingeniería con mención en Computación e Informática.

Se dió por concluida el acto de sustentación. siendo las 13:30 pm del mismo día, pasando a firmar en señal de conformidad los miembros del Jurado.


 Mag. Julio Arturo Henostroza Torres
 Presidente


 Mg. Johnny A. Lázaro González



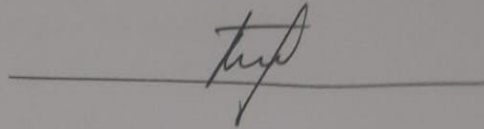

 Jesús Espinola González



MIEMBROS DEL JURADO

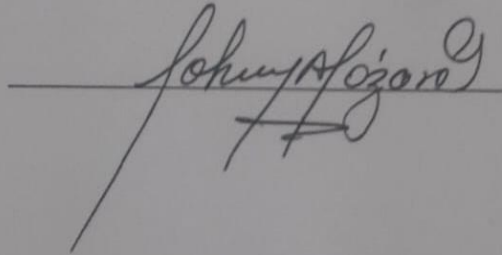
Magister Julio Arturo Henostroza Torres

Presidente

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Julio', is written over a horizontal line.

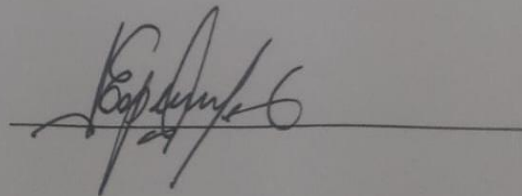
Magister Johny Antonio Lázaro González

Secretario

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Johny Antonio Lázaro González', is written over a horizontal line.

Doctor Jesús Edilberto Espinola González

Vocal

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Jesús Edilberto Espinola González', is written over a horizontal line.

ASESOR

Doctor Jesús Edilberto Espinola González

AGRADECIMIENTO

- Al Dr. JESUS ESPINOLA GONZALES por su valioso aporte en mi formación post profesional como docente, asesor y por su constante orientación en el desarrollo de la tesis.
- A la Universidad “Santiago Antúnez de Mayolo”, y en forma muy especial a la Escuela de Postgrado por brindarme la oportunidad de actualizarme y formarme profesionalmente.
- Al Gobierno Provincial de Huaraz por la facilitación de la información solicitada durante la realización del presente trabajo.

A Dios por ser la fuente de toda sabiduría,
y por abrir a la humanidad las puertas del conocimiento
que él mismo escribió con el lenguaje de las matemáticas.

A mi padre Andrés Leiva Blas, y a mi madre Leonor
Gonzales Vda. de Leiva, quiénes supieron darme amor,
cariño y comprensión y sobre todo apoyo incondicional
para ser profesional.

INDICE

	Página
Resumen	
Abstract	
I. INTRODUCCIÓN	1 – 5
Objetivos	4
Hipótesis	5
Variables	5
II. MARCO TEÓRICO	6 – 40
2.1. Antecedentes	6 – 8
2.2. Contexto	9
2.3. Bases Teóricas	9 – 34
Historia	9 – 18
Concepto	18 – 19
Terminologías de análisis multicriterio	19 – 22
Programación Multiobjetivo	22 – 24
El Lenguaje de Programación: Mosel Xpress	24 – 26
Clasificación de técnicas multicriterio	26 – 27
Fundamentos matemáticos	27 – 34
2.4. Ingeniería de Software	34 – 39

2.5. Definición de Términos	39
III. MATERIALES Y MÉTODOS	41 – 67
3.1. Materiales	41
3.2. Métodos	42
3.3. Desarrollo del Sistema	42 - 44
3.4. Análisis de la Situación Actual	44 – 48
3.5. Modelo Matemático	48 – 54
3.6. Pictograma	55
3.7. Modelado del Servicio	56 – 67
IV. RESULTADOS	68 - 73
V. DISCUSIÓN	74 - 76
VI. CONCLUSIONES	77
VII. RECOMENDACIONES	78
VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	79 – 82
ANEXOS	83

RESUMEN

La presente tesis propone la localización de los puntos óptimos para el recojo de la basura en la ciudad de Huaraz, utilizando la metodología y fundamentos matemáticos del análisis multicriterio de localización.

Se ha realizado el análisis de la situación actual del recojo de la basura mediante la determinación de los veintiocho puntos críticos en base a la acumulación de basura y la determinación de los nueve contenedores ubicados empíricamente en la ciudad de Huaraz.

Seguido del modelamiento matemático se ha obtenido la ubicación óptima de un contenedor óptimo para el recojo de la basura, así como la determinación de un punto óptimo de los veintiocho puntos críticos dispuestos por el Gobierno Provincial de Huaraz, los cuales serán sectorizados para una mejor toma de decisiones utilizando para ello el lenguaje de programación Mosel Xpress, con ayuda de la técnica de multicriterio de localización.

Palabras clave: Análisis multicriterio de localización, optimización, puntos óptimos.

ABSTRACT

The present thesis proposes the localization of the optimal points to collect trash in Huaraz city, using mathematical methodologies and fundamentals of the multi criteria analyzes of location.

It has been realized the analyzes of the actual situation of collecting trash by means of determination of twenty eight critical points in base to the accumulation trash and the determination of nine containers located empirically in Huaraz city.

Consecutive of the mathematical modelling has been obtained the optimal located of a optimal container for collecting trash, as that is the determination of a optimal point from twenty eight critical points available of Government Province of Huaraz, which will be put in sector for the best decision making using for it the Mosel Xpress language programming with help of multi criteria analyzes of location.

Key Words: Multicriteria analysis of location, optimisation, optimal points.

I. INTRODUCCION

El recojo de la basura es un problema a nivel mundial, y la importancia de su recojo y manejo radica en el cuidado, conservación del medio ambiente, salud de la población y calidad de vida de la misma. El ser humano para vivir en salud requiere de un buen sistema de recojo de la basura que garantice un gasto adecuado y un servicio de calidad a la ciudadanía.

El sistema actual de recojo de basura en la ciudad de Huaraz es empírica y tradicional, también denominado por barrido, es decir, la unidad recogedora de basura tiene que pasar por todas las calles recogiendo la basura localizada en el frontis de cada casa en cada calle.

La ciudad de Huaraz, en los últimos años ha crecido considerablemente en cuanto a su densidad poblacional, debido al atractivo turístico de la ciudad, a su buen clima y además al desarrollo de la actividad minera, beneficiando trabajo directo a un promedio de 10 000 trabajadores y a unos 20 000 indirectamente, a esto se suma la tasa de alta de nacimiento, según el INEI, 3.3%. Estas situaciones han permitido que la población aumente y por consiguiente también la producción diaria de basura.

La actual metodología de recojo de basura tiene regularmente dos frecuencias: lunes, miércoles y viernes y la otra es martes, jueves y sábado (ver anexo 4).

Pero carece de una teoría y practica científica en los procesos del recojo de basura, en cuanto a la carencia teórica, no se aplica un fundamento matemático en el recorrido y en la localización de los puntos óptimos de recojo de basura, esta situación permite que se recoja la basura usando recorridos empíricos, dando

como resultado gastos de combustible, mayor tiempo de recojo y demora en el servicio afectando su calidad.

Por otro lado no se maneja una estadística del volumen de basura por unidad de tiempo, esta realidad no permite conocer que cantidad de unidades de recojo de basura se debe poner en servicio.

El problema a resolver mediante la presente tesis es la practica inadecuada del recojo de basura dentro del ámbito que le corresponde a la Municipalidad Provincial de Huaraz. No se dispone de un sistema o modelo matemático computarizado que les reporte la información para la buena toma de decisiones en cuanto a la ubicación de los puntos óptimos para la colocación de contenedores de basura en la ciudad de Huaraz.

El Análisis Multicriterio es una técnica matemática moderna que permite tomar decisiones ante problemas en donde se tienen múltiples criterios para su solución y que muy bien podrían ser utilizados en la solución del problema planteado, y además tiene muy buenos antecedentes aplicados en otras latitudes.

Los términos: multicriterio, multiobjetivos, multiatributo se utilizan para describir problemas de decisión con más de una medida de efectividad, apareciendo indistintamente con un nombre u otro, no existiendo una definición universal de estos términos, se ha aceptado la definición de Tomador de Decisiones Múltiple Criterio, cuyas siglas en inglés es MCDM que de acuerdo a la definición de varios autores es el término bajo el cual se agrupan a todos los métodos que se basan en múltiple atributos u objetivos, por lo que se divide en dos vertientes: las decisiones multiatributos (MADM) las cuales se utilizan para seleccionar "la mejor alternativa" dentro de un conjunto explícito de ellas; y la optimización

multiobjetivo (MODM) se relacionan con aquellos problemas en que el conjunto de alternativas es grande y no predeterminadas, se utiliza para diseñar la mejor alternativa considerando la interacción con las restricciones, las mismas resuelven situaciones de diferente naturaleza y contenido.

Los problemas multicriterios definidos matemáticamente, indican que dado que el cumplimiento de un atributo provoca que una alternativa sea la mejor y la peor bajo el cumplimiento de otro de los atributos considerados (atributos en conflicto), se dice también que están definidos cuando se han establecido las alternativas y los atributos para su solución, entonces comienza el proceso de selección. Si las consecuencias de la selección de una determinada alternativa o curso de acción están definidas por el decisor a priori, se dice que el problema de decisión multicriterio está bajo certeza.

La tesis se justifica técnicamente por que existen los métodos teóricos y científicos y para ello existen métodos de solución tales como los algoritmos de multicriterio, específicamente aquellos que se refieren a la ubicación de puntos óptimos tales como el algoritmo de Weiszfeld que tuvo inspiración en el problema formulado por Fermat-Weber [08] , el algoritmo de Myopic que soluciona el problema P-mediano, entre otros. Además existen los medios computacionales para poder implementarlo, tales como el Visual.Net, el Mosel Xpress los cuales económicamente permitirá minimizar los tiempos de recojo de basura y minimizar los gastos en que incurre dicho recojo.

Por otro lado, la municipalidad debería estar en la capacidad de apoyar técnicamente facilitando el acceso a los datos y además costear los gastos del proyecto, así como financiar el desarrollo e implementación del software de

optimización basado en análisis multicriterio. En el aspecto legal, el presente estudio se adecuará y cumplirá todas las restricciones normativas prescritas por la municipalidad y normas internacionales del medio ambiente.

Con la presente tesis se pretende demostrar que el análisis multicriterio es aplicable a la localización de los puntos óptimos para el recojo de basura, la misma que constituye una potente herramienta matemática que nos ayuda a resolver este tipo de problemas. Las alternativas analizadas por los métodos de decisión multicriterio (MDM) pueden ser abundantes, cuando se definen por medio de un conjunto de soluciones factibles de carácter matemáticamente continuo (métodos multicriterio continuos) o finitas, con un número normalmente no muy elevado (métodos multicriterio discretos), como es el caso del presente trabajo.

OBJETIVOS:

Objetivo General:

Contribuir con un aporte profesional y científico de la localización de los puntos óptimos de recojo de basura en el Gobierno Provincial de Huaraz con criterios de costos mínimos de mantenimiento, operación y otros tipos de costos.

Objetivos Específicos:

- a) Elaborar el modelo matemático en cuanto a la ubicación de los puntos óptimos del recojo de basura
- b) Proponer un solución óptima del problema utilizando una técnica de multicriterio para la ubicación de contenedores para el recojo de la basura.

- c) Resolver el problema mediante el desarrollo de un programa computacional implementado con el lenguaje de programación Mosel Xpress.

HIPÓTESIS:

La ubicación de contenedores óptimos para el recojo de basura en el Gobierno Provincial de Huaraz se determina aplicando técnicas de multicriterio de localización, reduciendo los costos operativos e incrementando la frecuencia del recojo de la basura.

VARIABLES:

Variables Independientes:

- Los Puntos Críticos de acumulación de basura determinados por el Gobierno Provincial de Huaraz, en base a la mala costumbre de la población.
- Los contenedores de recojo de basura ubicados empíricamente por el Gobierno Provincial de Huaraz.

Variables Dependientes:

- Los puntos óptimos de recojo de basura en cada sector.
- Los contenedores óptimos para el recojo de basura.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES

Dada la importancia del recojo y el tratamiento de la basura, existen a nivel mundial y nacional, estudios de investigación en cuanto al recojo, transporte y tratamiento de la basura. Por el contrario, la presente investigación no ha encontrado estudios en el contexto local.

Los problemas de localización, presentes en la existencia humana desde sus orígenes entraron en la ciencia como problemas matemáticos: durante años, hombres de ciencia como Fermat, Torricelli, Silvester, o Steiner propusieron ingeniosos (y en algunos casos falaces) métodos algebraicos, geométricos o mecánicos para resolver estos problemas.

Racero M. J. Pérez A. E. en un trabajo titulado Optimización del Sistema de Rutas de Recolección de Residuos Sólidos Domiciliarios, sin usar análisis multicriterio, presentado en el X Congreso de Ingeniería en la Universidad de Valencia, proponen una optimización simulada de las rutas para el recojo de la basura en la ciudad de Valencia, concluyendo que es necesario mejorar el estudio con metodologías modernas.

El grupo de investigación del Departamento de Expresión Gráfica del Centro Universitario de Mérida, España: Ardila Pérez, F.J.; Ballell Caballero, J.A.; Castillo Martínez, A. y otros, realizaron un proyecto piloto para la optimización en el recojo de los residuos sólidos urbanos en Extremadura a partir de la gestión de un Sistema de Información Geográfica. Para ello se necesitaba en primer lugar una cartografía base y una serie de información,

sobre situación de eco puntos y rutas de recorrido, recopilada desde diferentes fuentes. Los resultados permitieron la mejora de los procesos de recojo de residuos sólidos.

En Polonia, Jacek Zak, Andrzej Jaszkiwicz y Adam Redmer de la Facultad de Ciencias de la Computación y Gerencia, de la Universidad de Poznan, han realizado estudios de asignación de vehículos para resolver problemas de compañías de transporte de pasajeros con rutas dadas, utilizando el análisis multicriterio, con muy buenos resultados.

En Chile, Moreira-Muñoz S. y Moreno Meynard P. (2002), desarrollan una metodología científica para lograr la planificación de una faena forestal en los bosques de Lengua. El objetivo general es encontrar la secuencia de cosecha que permita al propietario maximizar su beneficio, bajo un cierto escenario. Esto se traduce en la decisión de cuándo, dónde, cómo y cuánto intervenir, para satisfacer a niveles aceptables los objetivos de manejo de un bosque o patrimonio. Para ello se usaron la Evaluación Multicriterio en la definición de las variables críticas que determinan decisiones de manejo, y en una segunda etapa, el programa Network2000, que utiliza un algoritmo heurístico asociado a un problema de redes, para abordar la planificación cuando no se cuenta con una infraestructura vial adecuada ni el patrimonio tiene una edad de cosecha establecida.

Los principales resultados de este trabajo incluyen la determinación de variables de decisión, una zonificación del patrimonio según objetivos, la selección de la ruta óptima desde cada nodo de origen hasta el destino final, los costos variables de transporte correspondientes a cada origen, los costos

variables fijos y totales para cada unidad de oferta, el costo promedio y el volumen que pasará por cada segmento de camino anualmente, el año de habilitación de los caminos y los beneficios totales del plan de cosecha.

En España, Santos Peñate, Suárez-Vega y Dorta González, de la Universidad de las Palmas de Gran Canaria (2001), desarrollaron *Un Modelo de decisión Multicriterio para la localización de centros de tratamiento de residuos*, en este trabajo se plantea un problema relacionado con el recojo, transporte y tratamiento de residuos. Se considera centros generadores de residuos y centros de tratamientos, y se contempla la instalación de nuevas plantas de tratamiento en ciertas localizaciones seleccionadas en un conjunto de lugares candidatos. Para escoger estas localizaciones, se atiende a criterios económicos, riesgo y equidad. A diferencia de otros trabajos sobre gestión de residuos especiales, no deseados o nocivos, en este caso se consideran algunos centros generadores que son también centros de tratamiento; esta situación puede observarse, por ejemplo, en la gestión de los residuos sanitarios especiales. Se formula un modelo de programación por metas y se muestra una aplicación.

De la información mostrada se puede ver que los trabajos de investigación referidos a la localización de puntos óptimos en cuanto a contenedores de recojo de basura es bastante escasa, por lo que amerita aún más el presente trabajo de investigación de manera aplicada, y que mejor en nuestra ciudad de Huaraz.

2.2. CONTEXTO

El entorno o contexto del presente trabajo de investigación es la ciudad de Huaraz sin contar con el distrito de Independencia, ya que depende de la Gobierno Distrital del mismo nombre. El desarrollo exitoso del presente trabajo de investigación permitirá en un futuro implementar el estudio en otras ciudades de nuestra región.

Huaraz, se ubica en el continente latinoamericano, en el Perú, en uno de sus más bellos departamentos denominado Ancash, esta ciudad está ubicada en el los paralelos 9° 31' 36.5'' latitud Sur, y 77° 31' 34.3'' longitud Oeste, es la capital del departamento de Ancash, lugar en donde podemos encontrar el nevado tropical mas alto del mundo, ruinas incaicas y pre incaicas majestuosas e impresionantes como su cultura.

Su extensión territorial aproximada es de 3 492.91 Km². que representa el 6.95% del total departamental, cuenta con un total de 12 distritos y con una población aproximada de 136 807 habitantes y tiene una extensión de 35 826 kilómetros cuadrados y su población es de 682 954 habitantes.

(Censo 2007).

2.3.BASES TEÓRICAS

Análisis Multicriterio

A. Historia

La modelización multicriterio de las decisiones o la preconizada por B. Roy y adoptada por Vincke (1989) citado por (Barba-Romero, S. y col., 1997): *Ayuda Multicriterio a la Decisión*, son expresiones beneficiosas

para los que comienzan aplicando este nuevo proceso de tomar una decisión donde intervienen de manera natural más de un objetivo.

Romero C. (1993), plantea que el análisis de problemas decisionales con criterios múltiples constituye quizás el área de desarrollo más activo en los últimos años en el campo de las ciencias de la decisión (Investigación Operativa, Gestión de Recursos, etc.).

En el Congreso de las Asociaciones Europeas de Investigación Operativa en 1975, el 3.5% de los trabajos presentados estaban dedicados a temas multicriterios. Este porcentaje en 1985 alcanzó el 14% mostrando un aumento considerable.

Esta revolución científica comenzó en el campo de las ciencias de la decisión con los trabajos de Koopmans (1951), Jun y Tucker (1951), Charnes, Cooper y Ferguson (1955) y Charnes y Cooper (1961), citado por (Romero, C., 1993). Sus ideas pioneras fueron desarrolladas por otros investigadores, culminando estos esfuerzos en la primera Conferencia Mundial sobre Toma de Decisiones Multicriterio (Multiple Criterial Decision Making), que se celebró en Estados Unidos en Octubre de 1972 en la Universidad de Carolina del Norte. Tal acontecimiento puede considerarse el nacimiento del paradigma multicriterio, así como el comienzo de un nuevo período de ciencia normal en el campo de la ciencia de las decisiones.

El proceso de tomar una decisión se puede describir de la siguiente forma "Planteado un problema se establece el conjunto de puntos factibles o

admisibles, en nuestro caso el correspondiente conjunto que nos determina las restricciones del problema. Después se le asocia a cada alternativa, criterio u objetivo un grado de deseabilidad. Posteriormente se busca, mediante cualquier técnica, una solución o un conjunto de posibles soluciones alternativas. Dichas soluciones posibles son aquellas que satisfacen las restricciones y los deseos de preferencias, las cuales se efectúan sobre los objetivos planteados."

Segui Pons, J. M. Ruiz Pérez, M. y otros. (2003) presenta el proyecto SIGTEBAL se propone mejorar el sistema de gestión y planificación de rutas de transporte escolar en Baleares. Para ello, en primer lugar se diagnostica el sistema de rutas de transporte utilizado actualmente por la administración autonómica de Baleares en los Institutos de Educación Secundaria (IES) de la isla de Mallorca. Posteriormente se proponen rutas de transporte escolar en función de distintos criterios y finalmente, se desarrolla una aplicación informática, con la funcionalidad de los sistemas de información geográfica (SIG), para gestionar y planificar las rutas adecuándolas a las demandas educativas existentes.

El proceso de tomar una decisión se puede describir de la siguiente forma (Caballero, R. 1997):

"Planteado un problema se establece el conjunto de puntos factibles o admisibles, en nuestro caso el correspondiente conjunto que nos determina las restricciones del problema. Después se le asocia a cada alternativa, criterio u objetivo un grado de deseabilidad. Posteriormente se busca, mediante cualquier técnica, una solución o un conjunto de posibles soluciones alternativas. Dichas soluciones posibles son aquellas que

satisfacen las restricciones y los deseos de preferencias, las cuales se efectúan sobre los objetivos planteados."

Una de las características principales de las metodologías multicriterio es la diversidad de factores que se logran integrar en el proceso de evaluación. La particularidad de cada metodología multicriterio está en la forma de transformar las mediciones y percepciones en una escala única, de modo de poder comparar los elementos y establecer ordenes de prioridad. Una de las metodologías multicriterio más utilizadas, con fundamentos matemáticos, es el Proceso Analítico Jerárquico (Analytic Hierarchy Process: AHP).

Los métodos de evaluación multicriterio provienen fundamentalmente del área de Investigación de Operaciones (I.O.). Desde esa disciplina se puede hacer la siguiente clasificación de los modelos multicriterio.

En los modelos multicriterio se aborda un problema distinto: optimizar un conjunto de funciones objetivo.

La "teoría de evaluación multicriterio" comprende en realidad un conjunto de teorías, modelos y herramientas de apoyo a la toma de decisiones, aplicable no sólo al análisis de inversiones sino a una amplia gama de problemas en la gestión tanto privada como pública tales como: análisis de posicionamiento de marcas en el mercado, medición de percepciones de clientes y selección de tecnologías.

El desarrollo de Metodologías de Análisis Multicriterio, a partir de los años 70 ha permitido ir dando respuestas satisfactorias al problema de

como considerar y combinar todas las variables de decisión al mismo tiempo, para tener un nivel satisfactorio de prioridades y desempeño para los agentes involucrados en un problema de decisión.

El AHP permite, a los que toman decisiones, representar la interacción simultánea de muchos factores en situaciones complejas y no estructuradas, identificando y estableciendo las prioridades, basándose en sus objetivos, conocimientos y experiencia sobre cada problema. Este marco organiza los sentimientos y los juicios intuitivos, así como la lógica, de manera que se puede representar una situación compleja de la forma en que se percibe. La capacidad de los tomadores de decisión y de los usuarios de comparar pares de cosas, de acuerdo, a ciertos criterios y de discriminar entre los dos miembros de un par (juzgando la intensidad de su preferencia), sintetiza los juicios llegando a una mejor comprensión de todo el sistema, estableciendo las relaciones entre los elementos de cada nivel de jerarquía. Estas relaciones representan el impacto relativo que los elementos de un nivel dado ejercen sobre cada elemento del nivel superior.

Arancibia y Otros (2003) exploran una metodología para seleccionar alternativas en la etapa de formulación de un proyecto, mediante la aplicación del Análisis Multicriterio, como parte de un proceso de apoyo a la toma de decisiones, con el objetivo de mejorar la selección de proyectos que postulan a fondos concursables para el deporte. El Análisis Multicriterio, desarrollado en la década de los 60, comprende una serie de metodologías que se caracterizan principalmente, por su capacidad de manejar problemas de toma de decisiones donde existen múltiples

objetivos, criterios, participantes y alternativas

Según Arancibia y Otros (2003) un proceso de decisión implica, necesariamente, la comparación entre las alternativas, el hecho de comparar elementos se traduce en la necesidad de realizar mediciones que permitan aplicar los criterios de comparación de modo de establecer preferencias entre ellos. Los elementos que participan en un proceso de decisión por lo general se miden en escalas diferentes (peso, distancia ó tiempo por ejemplo), por lo que se requiere transformar estas unidades en una unidad abstracta que sea válida para todas las escalas.

Una de las características principales de las metodologías multicriterio es la diversidad de factores que se logran integrar en el proceso de evaluación. La particularidad de cada metodología multicriterio está en la forma de transformar las mediciones y percepciones en una escala única, de modo de poder comparar los elementos y establecer ordenes de prioridad. Una de las metodologías multicriterio más utilizadas, con fundamentos matemáticos, es el Proceso Analítico Jerárquico (Analytic Hierarchy Process: AHP).

El problema clásico de I. O. es optimizar una función objetivo sujeto a un conjunto de restricciones. En los modelos multicriterio se aborda un problema distinto: optimizar un conjunto de funciones objetivo. La “teoría de evaluación multicriterio” comprende en realidad un conjunto de teorías, modelos y herramientas de apoyo a la toma de decisiones, aplicable no sólo al análisis de inversiones sino a una amplia gama de problemas en la gestión tanto privada como pública tales como: análisis de

posicionamiento de marcas en el mercado, medición de percepciones de clientes y selección de tecnologías.

Los modelos multicriterio permiten agregar afectos de un proyecto en una métrica común. Para ello se debe tener en cuenta los siguientes pasos:

1. Se deben definir los criterios (objetivos intermedios), y sus respectivas restricciones.
2. Definir tipos de variables: discretas o continuas.
3. Modelamiento de las preferencias. Existen básicamente dos alternativas: Optimizar por separado para cada objetivo y luego agregar los subconjuntos de soluciones ó asignar pesos a los distintos objetivos y encontrar una sola solución.
4. Definir si se usan modelos determinísticos (sin incertidumbre) ó aleatorios. En el último caso se aplica la teoría de preferencias sobre contingencias: programación dinámica, simulación, análisis probabilístico.
5. Si se opta por agregar objetivos se deben definir los métodos de agregación.

Se entiende por Técnicas de Decisión Multicriterio el conjunto de herramientas y procedimientos utilizados en la resolución de problemas de decisión, en los que intervienen diferentes criterios, generalmente en conflicto.

En esencia, la Decisión Multicriterio es una optimización con varias funciones objetivo simultáneas y un único agente decisor. Puede formularse matemáticamente de la siguiente manera:

$$\begin{array}{c} \mathbf{Max}F(\mathbf{x}) \\ \text{hasta}X \end{array}$$

Donde:

\mathbf{x} es el vector $[x_1, x_2, x_3, \dots, x_n]$ de las variables de decisión. El problema de decisión es el de asignar los “mejores”.

\mathbf{X} es la denominada región factible del problema (el conjunto de posibles valores que pueden tomar las variables)

$\mathbf{F}(\mathbf{x})$ es el vector $[f_1(x), f_2(x), \dots, f_p(x)]$ de las \mathbf{p} funciones objetivo que recogen los criterios u objetivos simultáneos del problema.

CLASIFICACION DE LAS TECNICAS MULTICRITERIO

Fijándose en el flujo de información existente entre dos de los actores más destacados del proceso de toma de decisiones, el analista y el decisor (Moreno-Jiménez, 1989), las técnicas multicriterio pueden clasificarse en:

1. Técnicas sin información a priori (generadoras): Son aquellas en las que el flujo de información va desde el analista al decisor. Entre estas técnicas destacan: el método de ponderaciones, el de la ε -restricción y el simple multicriterio.
2. Técnicas con información a priori: El flujo de información es en el sentido contrario, del decisor al analista.
3. Dentro de este grupo de técnicas se suele hacer otra distinción, según el número de alternativas que tenga el problema: finito o infinito. Si el conjunto de alternativas es infinito se suelen aplicar aproximaciones basadas en optimización, en las que se supone que los distintos objetivos

pueden ser expresados en un denominador común mediante intercambios. Destacan en este apartado los métodos de Programación por Compromiso o Programación por Metas. Si el conjunto de alternativas es discreto, hacemos la siguiente diferenciación:

- Métodos de Agregación: En este tipo de Métodos se modelizan las preferencias a través de una función valor:

Directos: Teoría de Utilidad Multiatributo (MAUT).

Jerárquicos: Proceso Analítico Jerárquico (AHP).

- Métodos basados en relaciones de orden: Se modelizan las preferencias a través de un sistema de relaciones binarias:

Métodos de Superación (MS).

4. Técnicas en las que el flujo de información es en los dos sentidos, dando lugar a las denominadas técnicas interactivas. Dentro de este conjunto de métodos, los más utilizados han sido: STEM y Método de Ziots-Wallenius.

En la actualidad, casi todos los métodos pueden considerarse dentro de este último grupo, bastando para ello que el decisor revise sus juicios dentro del proceso de toma de decisiones.

La ayuda a la decisión es la actividad de aquel que, apoyándose sobre modelos claramente explícitos pero no completamente formalizados, ayuda a obtener elementos de respuesta a las preguntas que se plantea un interviniente con un proceso de decisión, elementos que conducen a esclarecer la decisión y normalmente a recomendar, o simplemente

favorecer, un comportamiento que proporcione una coherencia entre la evolución del proceso de una parte, los objetivos y el sistema de valores al servicio de los cuales este interviniente se encuentra situado de otra parte.

B. Concepto

Los principios de estos métodos se derivan de la Teoría de Matrices, Teoría de Grafos, Teoría de la Medida, Investigación de Operaciones, Teoría de las Decisiones Colectivas, Teoría de localización Multicriterio, entre otras.

Según Eduardo Martínez (1988), los métodos de evaluación y decisión multicriterios comprenden la selección entre un conjunto de alternativas factibles, la optimización con varias funciones objetivos simultáneamente, un agente decisor y procedimientos de evaluación racionales y consistentes.

En la Decisión Multicriterio un elemento clasificador es el número de alternativas a tener en cuenta en la decisión, que puede ser finito o infinito. Dependiendo de esta situación existen diferentes métodos. Cuando el número de alternativas tiene un número infinito de valores posibles del problema se llama Decisión Multiobjetivo. Por el contrario cuando el número de alternativas es finito se denominan Decisión Multicriterio Discreta.

Para Martínez E. y Escudey M. (1998), los métodos de evaluación y decisión multicriterio comprenden la selección entre un conjunto de alternativas factibles, la optimización con varias funciones objetivo

simultaneas, un agente decisor y procedimientos de evaluación racionales y consistentes.

Los métodos de evaluación y decisión multicriterio sirven para hallar soluciones posibles, pero no necesariamente óptimas. En función de las preferencias del decisor y de objetivos predefinidos y usualmente conflictivos. El problema central de los métodos multicriterio consiste en:

- Seleccionar la(s) mejor(es) alternativa(s)
- Aceptar alternativas que parezcan buenas y rechazar las que parezcan malas.
- Generar una ordenación de las alternativas consideradas de la mejor a la peor. Para ello han surgido diferentes métodos y soluciones.

Los métodos multicriterio obtienen las mejores soluciones de un conjunto de funciones alternativas, o que en el mejor de los casos son satisfactorias.

C. Terminologías de análisis multicriterio

Actor: Un individuo o grupo de individuos es un actor de un proceso de decisión sí por un sistema de valores, bien sea a un primer nivel de las intenciones de este individuo o grupo de individuos o a un segundo nivel por la manera en que hace intervenir las de otros individuos, tiene una influencia directa o indirecta sobre la decisión. Es más, para que un grupo de individuos sea identificado como único y mismo actor, es necesario que, con relación al proceso, los sistemas de valores, los sistemas de información y las redes relacionales de los diversos miembros del grupo no puedan ser diferenciadas.

Decisor: individuo(s) que directa o indirectamente formula sus preferencias, necesarias para jerarquizar las alternativas disponibles. Toma la decisión final.

Es la persona a la que se dirige la ayuda a la decisión. Ocupa una posición central en el proceso. Identificarlo, es precisar los objetivos al servicio de los cuales esta situado. Designa en último término la entidad que aprecia lo “posible” y las finalidades, expresa las preferencias y se supone que las hace prevalecer en la evolución del proceso.

Interviniente: Es un persona que busca influenciar al decidor en una de las fases del proceso, en función de la naturaleza de sus valores y por tanto en función de su sistema de sus preferencias.

Analista: individuo(s) que recoge las preferencias del decisor mediante un modelo matemático con el que obtiene un conjunto de “soluciones” que ayudan a la toma de decisión.

Atributo: Se refiere a los valores con los que el centro decidor se enfrenta a un determinado problema decisional. Para que estos valores se conceptualicen como atributos es necesario que puedan medirse independientemente de los deseos del centro decidor y a su vez sean susceptibles de expresarse como una función de las correspondientes variables de decisión.

Acción: Es la representación de una eventual contribución a la decisión global, susceptible, a la vista del estado de evolución del proceso de decisión, de ser considerada de forma autónoma y de servir de punto de

aplicación de la ayuda a la decisión.

Objetivo: Los objetivos representan direcciones de mejora de los atributos que se está considerando. La mejora puede interpretarse en el sentido de tener más atributos mejores para el caso de maximización y menos del atributo mejor en el caso de minimización.

Nivel de Aspiración: Representa un nivel aceptable de logro para el correspondiente atributo. La combinación de un atributo con un nivel de aspiración genera una meta.

Criterio: Son los atributos, objetivos o metas que se consideran relevantes en un cierto problema decisional. Son medidas o reglas que guían la decisión.

Es el concepto más general, pues los criterios son todos los atributos, objetivos y metas que han sido considerados relevantes en el proceso de decisión.

Por ejemplo: El beneficio es un atributo, maximizar el beneficio es un objetivo y alcanzar un beneficio al menos igual a un determinado nivel de aspiración es una meta.

Meta: Es un atributo combinado con un nivel de aspiración. En un modelo matemático es un escalar t .

Si el objetivo es maximizar $f(x)$, y el nivel de aspiración es t , la meta será:

$$f(x) \geq t$$

Si el objetivo es minimizar $f(x)$, y el nivel de aspiración es t , la meta será:

$$f(x) \leq t$$

En general una meta se escribe como:

$$\text{NIVELDEASPIRACION} = \text{ATRIBUTOS} + \text{VARIABLESDEDESVIACION}$$

Matemáticamente:

$$f(x) + n - p = t$$

donde:

n: Variable de desviación negativa. Cuantifica la falta del logro de una meta.

p: Variable de desviación positiva. Cuantifica el exceso del logro de una meta.

Las metas y las restricciones se representan por desigualdades. La diferencia estriba pues, en el significado que se dé al término de la derecha de la desigualdad.

- Las restricciones del problema se deben cumplir si queremos que la solución sea factible (Restricciones duras).
- Las metas pueden cumplirse o no, permitiendo ciertas modificaciones en los niveles de aspiración (Restricciones blandas).

D. Programación Multiobjetivo

Constituye un enfoque multicriterio de gran potencialidad cuando el contexto decisional y está definido por una serie de objetivos a optimizar que deben satisfacer un determinado conjunto de restricciones. Como la optimización simultánea de todos los objetivos es usualmente imposible, el

enfoque multiobjetivo en vez de intentar determinar un no existente óptimo pretende establecer el conjunto de soluciones eficientes o Pareto óptimas.

Desde esta perspectiva, la estructura general de un programa multiobjetivo puede representarse matemáticamente de la siguiente manera:

$$EFFf(x)=[f_1(x),f_2(x),f_1(x),\dots,f_n(x)]$$

Sujeto a: $x \in f$

Donde:

EFF = Búsqueda de soluciones eficientes o Pareto óptimas.

$f_i(x)$ = Expresión matemática del atributo i-ésimo.

X = Vector de las variables de decisión

F = Conjunto de restricciones que definen el conjunto de soluciones posibles

La búsqueda de soluciones eficientes puede establecerse en un sentido maximizador (cuando mas del atributo mejor) o en un sentido minimizador (cuando menos del atributo mejor).

El propósito del enfoque multiobjetivo consiste en segregar del conjunto de soluciones posibles un conjunto propio del mismo cuyos elementos gocen de la condición de optimalidad paretiana. La programación multiobjetivo aborda tal tarea utilizando una información estrictamente técnica (restricciones, expresiones matemáticas de los atributos, etc.) sin

incorporar al análisis ninguna información sobre las preferencias del centro decisor. En este sentido la programación multiobjetivo consiste en desarrollar una serie de técnicas que permitan a partir de la estructura de ecuaciones generar el conjunto de soluciones eficientes o Pareto óptimas.

Los métodos más usados son: método de ponderaciones, el método de las restricciones y el simple multicriterio.

Para el presente trabajo de investigación, haremos uso de la técnica multicriterio de localización para puntos óptimos, el cual implica la determinación de la ubicación de contenedores óptimos para el recojo de basura en la ciudad de Huaraz.

E. El Lenguaje de Programación: Mosel Xpress

En cuanto al lenguaje de programación empleado es pertinente referirse al lenguaje Mosel Xpress. La Empresa Dash es quien desarrolla y ofrece Mosel Xpress, el software líder del mundo para modelar y optimizar. Mosel Xpress soluciona problemas de optimización de gran escala y permite mejorar la toma de decisiones, y permite encontrar resultados de los beneficios financieros en áreas tales como administración de cadenas de abastecimientos, operaciones, logísticas y administraciones de bienes y servicios, entre muchas otras.

Ha sido aplicado en sectores tan diversos como manufactura, procesamientos, distribución, ventas al por menor, transporte, finanzas e inversión.

Dash está completamente enfocado al software de optimización y trabaja

en sociedad cerrada con sus clientes y socios, capacitándolos para conseguir el mejor rendimiento o realización de Mosel XPress. Mosel XPress está incrustado en muchos productos y soluciones de software como componentes, liderando muchas aristas accesibles de optimización a un amplio rango de clientes y aplicaciones.

Mosel Xpress te permite formular tu problema. Encontrar un buen resultado mediante un motor solucionador disponible, y analiza la solución, usando un lenguaje de programación completamente funcional, específicamente diseñado para el propósito. Los programas Mosel son compiladores, los cuales los hacen rápidos y esconde la propiedad intelectual dentro y desde los usuarios. Ellos pueden correrlo interactivamente o incrustados dentro de una aplicación.

El Lenguaje Mosel contiene al optimizador Xpress, el cual es una sofisticada máquina de optimización multi-funcional disponible.

- El Algoritmo de Weiszfeld función de Weiszfeld es la aplicación definida como:

$$T(x) = \frac{\sum_{i=1}^m \frac{w_i}{\|x - a_i\|} \cdot a_i}{\sum_{j=1}^m \frac{w_j}{\|x - a_j\|}} \text{ si } x \neq a_1, \dots, a_n$$

Dentro de las aplicaciones a las cuales son utilizadas tenemos:

- Problemas de programación lineal

- Problemas de programación Entera Mixta
- Problemas de Programación Entera
- Problemas de Programación No Lineal.
- Problemas de Localización
- Problemas de Optimización Multicriterio

F. Clasificación de las técnicas multicriterio

Flujo de información: Analista decisor

También llamadas técnicas generadoras, pues su objetivo principal es generar o aproximar el conjunto de alternativas eficientes del problema.

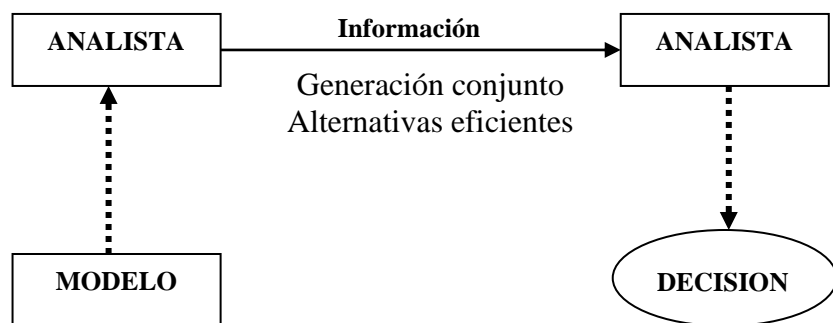


Gráfico N° 01. Flujo de Información Analista decisor

Fuente: Elaboración propia

Flujo de información: Decisor Analista

Denominadas Técnicas con Información a Priori, en referencia al momento en el que el decisor comunica su estructura de preferencias al analista.

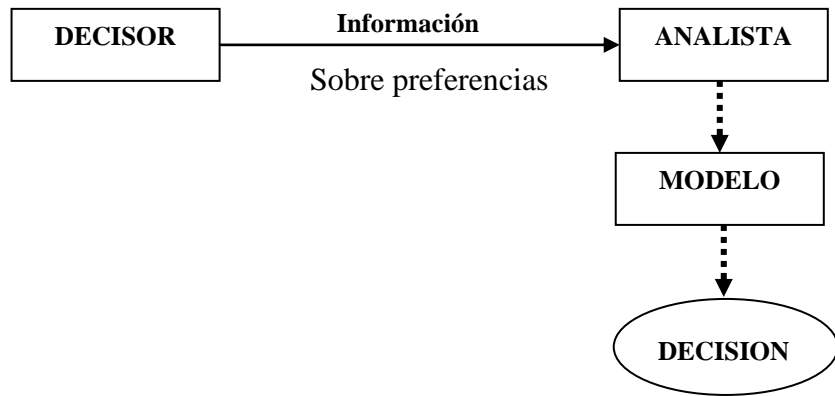


Gráfico N° 02. Flujo de Información Decisor Analista

Fuente: Elaboración propia

Flujo de información: Decisor Analista

Llamadas Técnicas interactivas, pues el intercambio de información analista-decisor es continuo.

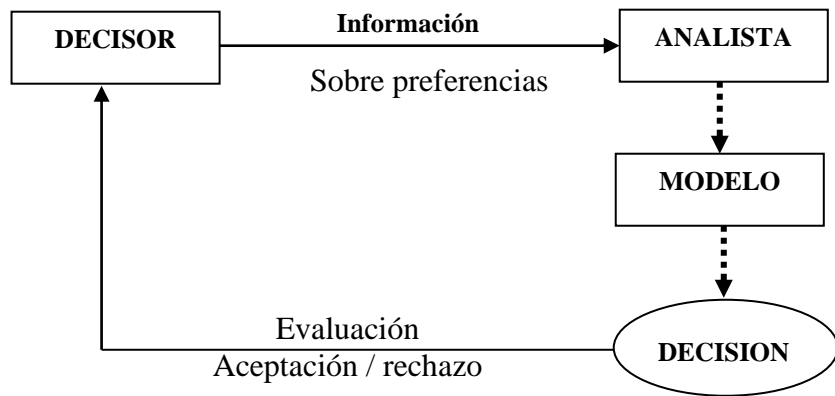


Gráfico N° 03. Flujo de Información Decisor Analista

Fuente: Elaboración propia

G. Fundamentos Matemáticos del Análisis Multicriterio

Un Problema de Programación Multiobjetivo o Multicriterio responde a la siguiente formulación:

$$\text{Max / Min } Z = [f_1(x), f_2(x), f_3(x), \dots, f_n(x)]$$

Sujeto a :

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^j C_i X_{i1} & \text{ --- } > \text{Re stricción..} f_1(x) \\ \sum_{k=1}^m C_k X_{k2} & \text{ --- } > \text{Re stricción..} f_2(x) \\ \cdot & \\ \cdot & \\ \cdot & \\ \sum_{m=1}^p C_m X_{mn} & \text{ --- } > \text{Re stricción..} f_n(x) \end{aligned}$$

Donde:

$x = (x_1, \dots, x_n)$ son las variables de decisión

X es el conjunto de oportunidades,

f_i son cada uno de los objetivos,

$f = (f_1, \dots, f_p)$ es la función vectorial objetivo,

$Z = f(x)$ es el espacio de objetivos o espacio imagen.

Si se supone que en el problema original todos los objetivos son del tipo de maximización, dicha consideración no plantea ninguna limitación, dado que si alguno de ellos fuera de mínimo tomaríamos la función opuesta del problema, así:

$$\text{Max } Z = [f_1(x), f_2(x), \dots, f_p(x)]$$

Sujeto a:

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^j C_i X_{i1} & \text{---} > \text{Restricción..} f_1(x) \\ \sum_{k=1}^m C_k X_{k2} & \text{---} > \text{Restricción..} f_2(x) \\ & \cdot & \\ & \cdot & \\ & \cdot & \\ \sum_{m=1}^q C_m X_{mp} & \text{---} > \text{Restricción..} f_p(x) \end{aligned}$$

Se generan "p" problemas que serian:

(Pi) Max $f_i(x)$

sujeto a las restricciones dadas.

Tras la solución obtendremos p puntos correspondientes a los máximos individuales de cada uno de ellos, denotándolos por:

$$x^*1, x^*2, \dots, x^*p$$

La evaluación de los puntos óptimos en sus correspondientes objetivos nos determinará un punto que se denomina punto ideal:

$$(f_1(x^*1), f_2(x^*2), \dots, f_p(x^*p))$$

Es evidente que si existiera un punto en el cual todas las funciones alcanzan su máximo, el problema estaría resuelto, pero esto es algo utópico, por tanto, tendremos que proceder a intentar buscar una solución para nuestro problema. Lo primero que se hace es construir la denominada Matriz de Pagos, en el cual evaluamos todas las funciones objetivo en los óptimos individuales obtenidos en cada uno de ellos. La diagonal principal de esta matriz de tamaño $p \times p$, corresponde al punto ideal, y las

correspondientes columnas nos indican el campo de variación de los objetivos en los puntos obtenidos. Estos intervalos se construyen tomando el valor máximo y mínimo de la correspondiente columna, así para cada objetivo determinamos:

$$[f_i\text{min}, f_i\text{max}]$$

Obtenida la matriz de pagos asociada a nuestro problema, nos planteamos de manera natural, con qué punto quedarnos; ahora bien cómo comparamos si los resultados que tenemos son vectores. De este hecho surge la necesidad de establecer un orden, es decir, una relación que nos establezca cuándo un vector es preferido a otro.

Dentro del espacio vectorial R^p y dado nuestro problema general de Programación Multiobjetivo:

$$\text{Max}Z = [f_1(x), f_2(x), \dots, f_p(x)]$$

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^j C_i X_{i1} & \text{---} > \text{Re stricción..} f_1(x) \\ \sum_{k=1}^m C_k X_{k2} & \text{---} > \text{Re stricción..} f_2(x) \\ & \cdot & \\ & \cdot & \\ & \cdot & \\ \sum_{m=1}^q C_m X_{mp} & \text{---} > \text{Re stricción..} f_p(x) \end{aligned}$$

Vamos a definir dos tipos de órdenes (la relación la vamos a establecer atendiendo al valor que tomen los objetivos en dichos puntos) (Caballero, R. 1997):

1. Orden de Pareto; Diremos que un punto x es preferido a x' si se verifica

que: $f_i(x) \geq f_i(x')$ $\forall i=1, \dots, p$ con al menos un j tal que $f_j(x) > f_j(x')$

2. Orden débil de Pareto: Diremos que un punto x es preferido a x' si se verifica que: $f_i(x) > f_i(x')$ $\forall i=1, \dots, p$

El orden de Pareto y el orden débil de Pareto son ordenes parciales y nos establecen que una combinación será preferida a otra siempre que en el primer caso mejore a todos los objetivos, mejorando a uno de ellos de forma estricta, y en el segundo, denominado débil, siempre que mejore todos los objetivos estrictamente.

Como hemos comentado anteriormente, en general, no existirá una combinación que sea a la vez solución de todos los objetivos. De esta forma el primer concepto que perdemos es el de óptimo tal y como se entiende en la programación monoobjetivo tradicional, y lo que buscaremos para solucionar nuestro problema serán las denominadas soluciones eficientes.

En general, en cualquier problema existirá más de una solución eficiente y evidentemente estas no serán comparables. Por tanto, el problema continúa, y nos planteamos dos cuestiones importantes: por un lado, ¿cómo resolver estos problemas? y, por otro, una vez resueltos ¿cómo realizar la elección entre soluciones no comparables?

En muchas situaciones de la vida real surge la necesidad de plasmar en un modelo, la información disponible sobre un problema real, con el fin de facilitar una comunicación fluida de las ideas aportadas por las personas implicadas en la resolución del mismo. En esta labor se destacan por su

importancia dos figuras específicas del dúo problema-modelo: el decisor y analista. (Caballero, R. 1997)

El analista o modelizador, que será la persona encargada de aplicar la técnica o técnicas adecuadas y posteriormente resolver el problema. No tiene poder para manipular el problema y sólo actúa con los datos del problema una vez planteado. Cuando lo resuelve será la persona encargada de proporcionar la información obtenida al centro decisor.

El decisor o centro decisor, que será la persona o las personas encargadas de tomar la elección final una vez que conozcan la información dada por el modelizador de las posibles combinaciones factibles para el problema.

En la resolución del problema debe haber un continuo intercambio de información crítica entre el decisor y analista, sobre los diferentes aspectos del modelo que haya que tener en consideración, hasta que se produzca un total acuerdo entre ambas partes, sobre todo desde el punto de vista del decisor. Una vez hechas las consideraciones oportunas, el analista calculará una o varias soluciones que presentará al decisor. El conjunto de acciones u opciones en el que se ha de obtener la solución al problema recibe el nombre de alternativas. El conjunto de todas las alternativas posibles constituyen un conjunto que recibe el nombre de espacio de decisión o también, conjunto de oportunidades.

A partir de esto, tenemos una situación en la que un decisor trata de encontrar la alternativa que más le satisfaga, dentro de las posibles, en base a unos determinados criterios u objetivos. Dada una alternativa

posible, conocida como alternativa eficiente, los valores correspondientes para cada uno de los criterios u objetivos con dicha alternativa, constituyen un vector, llamado vector criterio.

El conjunto de todos los vectores criterio que se obtienen a partir de todas las alternativas eficientes, recibe el nombre de espacio criterio.

La misión de la Toma de Decisiones Multicriterio es de encontrar la alternativa que más desea o prefiere el decisor (en el caso de que el decisor prefiera varias alternativas, bastaría con conseguir una de ellas, ya que al decisor le sería indiferente entre todas ellas). Lo ideal sería tener una alternativa que fuese más preferida o indiferente en cada uno de los criterios que cualquier otra alternativa posible, ya que en ese caso, la búsqueda sería esta. El problema va a estar en que los criterios están en conflicto, lo cual implica que cuando estamos mejorando uno de los criterios, al menos vamos a estar empeorando otro (u otros), haciendo imposible que exista dicha alternativa.

Parece lógico que la alternativa que más satisface al decisor va a estar entre las alternativas eficientes. Este hecho básico en el análisis de la Toma de Decisiones Multicriterio, responde a la representación de las preferencias de un decisor por un orden parcial de tipo paretiano, de ahí, que a las alternativas eficientes también se les conozca como óptimos de Pareto. Este concepto constituye un aspecto básico en todo el campo de la Toma de Decisiones Multicriterio.

La idea de dirigir sistemáticamente al decisor hacia el conjunto de

alternativas eficientes, puede parecer en determinadas ocasiones una mala idea, ya que puede dirigir rápidamente al decisor a razonar en términos de compensación: qué debo perder en un criterio para esperar ganar en otro; quizás es preferido que el decisor incremente progresivamente su satisfacción encontrándose con una sucesión de alternativas eventualmente no eficientes, hasta la última o últimas que son eficientes.

La mayoría de las técnicas de resolución de problemas de Toma de Decisiones Multicriterio tratan de, en algunos casos, encontrar una buena representación del conjunto de soluciones eficientes, y en otros, a partir de unos niveles de aspiración conseguir, en el caso que le sea posible, una alternativa eficiente que satisfaga dichos niveles (solución satisfactoria), y en el caso que no le sea posible, una alternativa eficiente que más ‘se acerque’ en alguna medida a dichos niveles (solución no satisfactoria).

Tasas de Intercambio

La tasa de intercambio o trade-off entre dos criterios, f_j y f_k , es la cantidad de logro de un criterio que debe sacrificarse para conseguir a cambio un incremento unitario en el otro criterio.

$$T_{jk} = \frac{f_j(x^1) - f_j(x^2)}{f_k(x^1) - f_k(x^2)}$$

2.4. INGENIERIA DE SOFTWARE

2.4.1. Rational Unified Process

Es un proceso unificado de ayuda y guía a los desarrolladores de software en la construcción aplicaciones de alta calidad, a bajo costo

y que satisface las necesidades de los usuarios. Es un marco de proceso genérico que involucra diferentes áreas de aplicaciones, tipos de organizaciones, niveles de competencia y tamaños de proyectos.

2.4.2. Unified Modeling Language

Es un lenguaje de propósito general para el modelado orientado a objetos que combina distintas notaciones tales como: Modelado Orientado a Objetos, Modelado de Datos y Modelado de Componentes.

“Es una notación que se produjo como resultado de la unificación de la técnica de modelado de objetos e ingeniería de software orientada a objetos. También ha sido influido por otras notaciones orientadas a objetos. Proporciona construcciones para un amplio rango de sistemas y actividades”¹

2.4.3. Power Builder y SQL Server

Power Builder 9.0 presenta una serie de posibilidades para tener acceso a los datos almacenados en una base de datos independientemente del formato en que se crearon.

Utiliza el control de datos para crear aplicaciones que presentan, modificar y actualizan información de muchos de los tipos existentes de base de datos, incluyendo Microsoft Access, Btrieve, dBASE; Microsoft FoxPro, Paradox. También puede utilizarlo para tener acceso a Microsoft Excel y archivos de texto

¹ Bruegge Brend y Dutoit Sllem H. “Ingeniería de Software Orientado a Objetos”. Editorial Prentice Hall. Primera Edición 2002. México. Pág. 24.

ASCII estancar como si fueran auténticas bases de datos. Además, el control de datos le permite tener acceso y manipular bases de datos remotas de Open Data Base Connectivity (ODBC, conectividad abierta de base de datos), como Microsoft SQL Server y Oracle.

Power Builder es un lenguaje de programación orientado al desarrollo de aplicaciones para el entorno Windows. Está basado en una filosofía de programación orientada a objetos para lo que incorpora una interfaz gráfica de usuario que facilita su manejo. De hecho, constituye un sistema de desarrollo diseñado especialmente para crear aplicaciones gráficas de un modo rápido y sencillo.

Power Builder proporciona herramientas de software que permiten crear ventanas y controles sin necesidad de escribir código alguno. También incluye un sistema de menús que permite realizar todas las tareas de edición, ejecución y mantenimiento de programas de una forma fácil y cómoda, por lo que se presenta efectivamente como un lenguaje ideal de programación bajo entorno Windows.

Microsoft SQL Server 2000 es un sistema de gestión de bases de datos relacionales (SGBDR) que aprovecha la sólida base establecida por su predecesor SQL Server.

Como la mejor base de datos para Windows NT, SQL Server

2000 es el SGBDR ideal para un amplio espectro de clientes corporativos y fabricantes independientes de software (ISV). Las necesidades y requisitos del cliente han dado lugar a innovaciones significativas en SQL Server versión 2000, entre las que se incluyen la facilidad de uso, escalabilidad y fiabilidad, y almacenamiento de datos

Entre las más importantes innovaciones de Microsoft SQL Server 2000 cabe citar:

- Primera base de datos que soporta la configuración automática y la auto-optimización.
- Primera base de datos con un servidor OLAP integrado.
- Primera base de datos con los servicios de transformación de datos (Data Transformation Services, DTS) integrados.
- El Data Warehousing Framework constituye el primer planteamiento de amplia cobertura, para la resolución de los problemas que plantea la utilización de metadatos.
- La primera base de datos que ofrece administración multiservidor para un gran número de servidores.
- Una gran variedad de opciones de duplicación de cualquier base de datos.
- La mejor integración con la familia Windows NT Server, Microsoft Office y BackOffice®.

- Acceso universal a los datos (Universal Data Access), la estrategia de Microsoft para permitir el acceso de alto rendimiento a una gran cantidad de fuentes de información.

2.4.4. Proceso Unificado de Desarrollo de Software

El Lenguaje Unificado de Modelado prescribe un conjunto de notaciones y diagramas estándar para modelar sistemas orientados a objetos, y describe la semántica esencial de lo que estos diagramas y símbolos significan. Mientras que ha habido muchas notaciones y métodos usados para el diseño orientado a objetos, ahora los modeladores sólo tienen que aprender una única notación.

UML es una consolidación de muchas de las notaciones y conceptos más usados orientados a objetos, y se puede usar para modelar distintos tipos de sistemas, sistemas de software, sistemas de hardware, y organizaciones del mundo real. UML ofrece nueve diagramas en los cuales modelar sistemas.

- Diagramas de Casos de Uso para modelar los procesos 'business'.
- Diagramas de Clases para modelar la estructura estática de las clases en el sistema.
- Diagramas de Objetos para modelar la estructura estática de los objetos en el sistema.
- Diagramas de Componentes para modelar componentes.

- Diagramas de Despliegue para modelar despliegues.
- Diagramas de Actividad para modelar el comportamiento de los Casos de Uso, objetos u operaciones.
- Diagramas de Estado para modelar el comportamiento de los objetos en el sistema.

Diagramas de Colaboración para modelar interacciones entre objetos.

Diagramas de Secuencia para modelar el paso de mensajes entre objetos.

2.4.5. Requerimientos

Describe lo que el sistema debe hacer y permite a los diseñadores y a los clientes o usuarios poder interactuar. Se representa con el diagrama de caso de uso.

2.5. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS:

BASURA

Es todo residuo sólido que resulta de los desechos domésticos de cada persona. Estos residuos pueden ser orgánicos (residuos de comida) e inorgánicos (papel, vidrio, plásticos, etc.). Los muebles y animales muertos son aceptados como basura, por lo que la persona tiene que darle otro tratamiento. Los residuos peligrosos tales como residuos de hospitales, aceites quemados, etc., son excluidos de la recolección de basura.

CONTENEDOR

Es un recipiente de metal o de plástico grueso que sirve para almacenar temporalmente la basura. Existen en el mercado en diferentes capacidades y colores.

CARRO RECOLECTOR DE BASURA

Es el móvil que recorre las rutas de recojo de basura, en ella operan un chofer, un campanillero, dos operarios que recogen la basura y alcanzan a un tercer operario que está ubicado en la tolva del carro recolector de basura.

III. MATERIALES Y METODOS

3.1. MATERIALES

Los materiales utilizados son los siguientes:

3.1.1. Documentos Escritos

- Libros de especialización
- Tesis de maestría
- Tesis de doctorados
- Revistas científicas

3.1.2. Hardware

- Computadora Pentium IV monousuario
- Computadora Pentium IV con acceso a Internet.
- Scanner
- Impresora Laser Hp 1020.

3.1.3. Software

- Sistema operativo Windows XP.
- Microsoft Word 2007
- Microsoft Excel 2007
- Microsoft Power Point 2007
- Adobe Acrobat 6.0.
- Mosel Xpress 2008

- Auto Cad 2008
- Sql Server 9.0.
- Software buscadores y meta buscadores

3.2. MÉTODOS

- Investigación
- Análisis
- Diseño
- Síntesis
- Implementación

3.3. DESARROLLO DEL SISTEMA

3.3.1. Objetivo

Desarrollar un modelo matemático y de Ingeniería de Software utilizando el método de análisis multicriterio de localización que maneje base de datos de las variables en estudio para poder obtener información o reporte de datos que permitan obtener un criterio optimo de la localización de los puntos de recojo de basura en la ciudad de Huaraz.

Esta especificación tiene como objetivo analizar y documentar las necesidades funcionales que deberán ser soportadas por el sistema a modelar. Para ello, se identificarán los requisitos que ha de satisfacer el nuevo sistema mediante investigación, el estudio de los problemas de las unidades afectadas y sus necesidades actuales.

Además de identificar los requisitos se deberán establecer prioridades, lo cual proporciona un punto de referencia para validar el sistema final que compruebe que se ajusta a las necesidades del usuario.

La especificación debe definir en forma clara, precisa, completa y verificable todas las funcionalidades y restricciones del sistema que se desea construir.

3.3.2. Alcance

El sistema manejará base de datos de variables de estudio y realizar mantenimiento de ésta, con estos datos, el sistema modelado podrá aplicarle los fundamentos matemático computacionales del análisis multicriterio y reportar las funciones objetivos optimizadas correspondiente a la matriz de decisiones.

El sistema modelado tendrá un sentido de optimización constante. Es decir que buscará de un universo de puntos críticos definidos a partir de ciertos criterios poblacionales, la solución que represente a la ubicación óptima del contenedor para el recojo de basura en la ciudad de Huaraz.

Los beneficios son:

- Respuesta rápida y oportuna por cada función objetivo
- Cantidad minimizada de gastos.
- Disponibilidad de las unidades para el recojo de basura.

- Red de puntos óptimos para la localización de contenedores de basura.

3.4. ANALISIS DE LA SITUACION ACTUAL

3.4.1. Área de recojo de basura

Está bajo la responsabilidad del Gerente de Operaciones, cuya función es administrar y supervisar la buena prestación de los servicios del recojo de basura y su respectivo tratamiento, es decir que estos sean tratados de manera tal que no contamine el medio ambiente y que los gastos sean lo mas adecuado posible.

Sus funciones más importantes son:

- Hacer cumplir las políticas generales del servicio de recojo de basura.
- Contratar con empresas que puedan prestar los servicios del recojo de la basura.
- Asignar los recursos de manera adecuada a los diversos sectores, función que en la actualidad no se está cumpliendo.
- Supervisar los procesos del recojo de basura.
- Verificar los pagos del servicio.
- Minimizar los egresos que implican prestar un buen servicio del recojo de la basura.
- Maximizar la buena prestación de servicios.

- Controlar el tratamiento de la basura e función de impacto ambiental
- Controlar los ingresos por este servicio.
- Conservar el medio ambiente y buen tratamiento de la basura

3.4.2. Sistema de Recolección de basura

Actualmente, el Gobierno Provincial de Huaraz dispone de tres vehículos recolectores con un chofer y tres personas que se dedican directamente al recojo de la basura y un personal al tocado de la sirena para que la población pueda sacar su basura en el instante en que pasa el camión recolector de basura.

Cualquier vecino de la ciudad de Huaraz tiene la responsabilidad de recoger su basura y almacenarla en el recipiente que crea conveniente y esperar a que pase el carro recolector en las frecuencias de tres veces por semana en horarios establecidos.

3.4.3. Características técnicas de los vehículos

VEHÍCULO N° 01

N°	CARACTERISTICAS	VALOR
01	Marca	
02	Placa	
03	Capacidad volumétrica	15 m ³
04	N° operarios	05
05	Tipo de combustible	Petróleo
06	Consumo de combustible	40 gal/semana
07	Turno de trabajo	02
08	N° de viajes por turno	
09	Frecuencia de recolección	03/semana
10	Costo de mantenimiento	
10	Tiempo promedio de vida útil	20 años

VEHÍCULO N° 02

N°	CARACTERISTICAS	VALOR
01	Marca	
02	Placa	
03	Capacidad volumétrica	15 m ³
04	N° operarios	05
05	Tipo de combustible	Petróleo
06	Consumo de combustible	40 gal/semana
07	Turno de trabajo	02
08	N° de viajes por turno	
09	Frecuencia de recolección	03/semana
10	Costo de mantenimiento	
11	Tiempo promedio de vida útil	20 años

VEHÍCULO N° 03

N°	CARACTERISTICAS	VALOR
01	Marca	
02	Placa	
03	Capacidad volumétrica	15 m ³
04	N° operarios	05
05	Tipo de combustible	Petróleo
06	Consumo de combustible	40 gal/semana
07	Turno de trabajo	02
08	N° de viajes por turno	
09	Frecuencia de recolección	03/semana
10	Costo de mantenimiento	
11	Tiempo promedio de vida útil	20 años

3.4.4. Situación contractual de los operarios

CHOFER

N°	CARACTERISTICAS	VALOR
01	Horas de trabajo	8 horas/día
02	Condición Laboral	Estable
03	Licencia de conducir	A3
04	Sueldo Mensual	850 soles
05	Bonificaciones	12% sueldo
06	Sueldo horas extras	25% mas de sueldo
07	N° de días semanales	06 días/semana

OPERARIOS

N°	CARACTERISTICAS	VALOR
01	Horas de trabajo	8 horas/día
02	Condición Laboral	Estable
03	Sueldo Mensual	550 soles
04	Bonificaciones	20% sueldo
05	Sueldo horas extras	25% mas de sueldo
06	N° de días semanales	06 días/semana

CAMPANERO

N°	CARACTERISTICAS	VALOR
01	Horas de trabajo	8 horas/día
02	Condición Laboral	Estable
03	Sueldo Mensual	850 soles
04	Bonificaciones	12% sueldo
05	Sueldo horas extras	15% mas de sueldo
06	N° de días semanales	06 días/semana

3.5. MODELO MATEMÁTICO

El presente estudio trata de aportar con un modelo matemático desde la perspectiva del análisis multicriterio de localización, lo cual permite optimizar una serie de funciones objetivos, entre ellas la localización de puntos en donde se van a ubicar los contenedores de basura.

Matemáticamente se expresa de la siguiente manera:

$$\text{Min}H_i = f(Z_i)$$

Donde las funciones objetivos son:

N°	SIMBOLO	NOMBRE DE LA VARIABLE
1	Z ₁	Número de contenedores por sector
2	Z ₂	Cantidad de basura no recogida
3	Z ₃	Tiempo de recojo de basura
4	Z ₄	Costo de contenedores
5	Z ₅	Costo de Mantenimiento
6	Z ₆	Costo de Operación

TABLA N° 01. Nombre de funciones objetivo.

3.5.1. Número de contenedores por sector

Los contenedores se ubicarán en determinados puntos de cada sector en función de la capacidad de dicho contenedor y la producción promedio de basura por cada sector. La población promedio por cada sector resulta del producto de población familiar promedio multiplicado por número de casas promedio en cada sector.

Los nombres de las variables a usar son:

N°	SIMBOLO	NOMBRE DE LA VARIABLE
1	PPBM _i	Producción promedio de basura en el sector i.
2	PPM _i	Población promedio en el sector i.
3	PFP _i	Población familiar promedio
4	NCP _i	Número de casas promedio en el sector i.
5	ND _i	Número de días acumulados de basura en la frecuencia i.
6	CC _i	Capacidad del contenedor i
7	Z ₁	Función objetivo Número de contenedores.
8	X _i	Cantidad de contenedores en cada sector i.

TABLA N° 02. Nombres de variables número de contenedores.

Matemáticamente la producción promedio de basura en una manzana i está dada por:

$$PPBM_i = 1.2 \times ND \times PPM_i$$

Donde 1.2 kilogramos es el promedio de producción de basura por cada habitante. Es una constante para toda Latinoamérica.

La población promedio en el sector i esta dada por:

$$PPM_i = PFP_i \times NCP_i$$

La función objetivo y sus respectivas restricciones están dadas por:

$$Min Z_1 = \sum_{i=1}^n CC_i \times X_i$$

Sujeto a:

$$2 \times NC \times PPB_i \leq CC_i \quad \text{Restricción de Capacidad de contenedor}$$

$$NC \leq 10 \quad \text{Restricción de número de sectores}$$

$$X_i \geq 0 \quad \text{Restricción de no negatividad}$$

ND = frecuencia semanal de recolección de basura.

REGLAS BÁSICAS PARA EL ESTABLECIMIENTO DE PUNTOS OPTIMOS DEL RECOJO DE BASURA

- La localización de puntos busca minimizar el tiempo de recojo de basura
- La localización de puntos busca maximizar numero de personas atendidas
- Cada vehículo debe tener una ruta establecida y no pueden duplicarse.
- Respetar el sentido de la circulación, en general las reglas de tránsito.

- Ubicar los contenedores en espacios de fácil acceso para su atención y recojo.

3.5.2. Cantidad de basura no recogida

Cuando no se dispone de un contenedor de basura, muchas veces la basura se debe almacenar en casa hasta que pase la nueva frecuencia del recojo de la misma, esto incrementa la posibilidad de amenazas de enfermedades y molestias a la población con la presencia de la basura en casa. El objetivo debe ser minimizar la cantidad de basura no recogida o desperdiciada en el área de estudio. Los usuarios podrían usar los contenedores de recojo de basura para almacenarlos antes del periodo de recojo.

N°	SIMBOLO	NOMBRE DE LA VARIABLE
1	AE_i	Amenazas de enfermedades en las casas cercanas al contenedor i.
2	M_i	Molestias en las casas cercanas al contenedor i.
3	P_i	Ponderación de variables
4	Z_2	Función objetivo: Cantidad de basura no recogida.
5	X_i	Cantidad de basura no recogida en el sector i.

TABLA N° 03. Nombres de variables cantidad de basura no recogida.

La función objetivo y sus respectivas restricciones están dadas por:

$$Max Z_2 = - \sum_{i=1}^n X_i$$

Sujeto a :

$$X_i \leq 0.001 \quad \text{Amenazas menor a 1\%}$$

$$P_i \times AE_i \leq 0.01 \quad \text{Molestias menor a 1\%}$$

$$P_i \times M_i \leq 0.01 \quad \text{Restricción de no negatividad}$$

$$X_i \geq 0$$

3.5.3. Tiempo del recojo de basura

Está compuesta por el tiempo de cargar el contenedor, descargar el contenedor y volver a colocar el contenedor en su sitio.

N°	SIMBOLO	NOMBRE DE LA VARIABLE
1	TR _i	Tiempo de recojo del contenedor i.
2	TD _i	Tiempo de Descarga del contenedor i.
3	TC _i	Tiempo de colocación del contenedor i.
4	Z ₃	Función objetivo Tiempo de recojo de basura.

TABLA N° 04. Nombres de variables tiempo del recojo de basura.

La función objetivo y sus respectivas restricciones están dadas por:

$$\text{Min}Z_3 = \sum_{i=1}^3 T_i$$

Sujeto a:

$$T_1 \leq 3$$

$$T_2 \leq 2$$

$$T_3 \leq 1$$

$$T_i \geq 0$$

3.5.4. Costo de contenedores

Es necesario minimizar el costo a invertir en la compra de todos los contenedores de acuerdo a su capacidad de almacenamiento.

N°	SIMBOLO	NOMBRE DE LA VARIABLE
1	PC _i	Precio del contenedor i.
2	Q _i	Cantidad de contenedor de capacidad i.
3	CDD _i	Cantidad total del dinero disponible a invertir en contenedores i.
4	Z ₄	Función objetivo Costo de Contenedores.

TABLA N° 05. Nombres de variables costo de contenedores.

La función objetivo y sus respectivas restricciones están dadas por:

$$MinZ_4 = \sum_{i=1}^5 PC_i x Q_i$$

Sujeto a:

$$PC_i x Q_i \leq CDD_i$$

$$PC_i \geq 0$$

$$Q_i \geq 0$$

$$CDD_i \geq 0$$

3.5.5. Costo de mantenimiento

Son costos en que se han de incurrir en los diversos tipos de mantenimiento que se dan al vehículo recolector de basura.

Nº	SIMBOLO	NOMBRE DE LA VARIABLE
1	CM _i	Costo de mantenimiento i.
2	Q _i	Cantidad de contenedor de capacidad i.
3	CMT	Costo de mantenimiento total
4	CDM _i	Cantidad total del dinero disponible a invertir en mantenimiento i.
5	Z ₅	Función objetivo Costo de Contenedores.

TABLA N° 06. Nombres de variables costo de mantenimiento.

La función objetivo y sus respectivas restricciones están dadas por:

$$MinZ_5 = \sum_{i=1}^n CM_i$$

Sujeto a:

$$CM_1 + CM_2 + CM_3 + CM_4 + CM_5 \leq CMT$$

$$CDM_1 + CDM_2 + CDM_3 + CDM_4 + M_5 \leq CMT$$

$$M_1 \leq CDM_1$$

$$M_2 \leq CDM_2$$

$$M_3 \leq CDM_3$$

$$M_4 \leq CDM_4$$

$$M_5 \leq CDM_5$$

$$M_i, CDM_i, CMT \geq 0$$

3.5.6. Costo de operaciones

Son costos en que se han de incurrir en el chofer, operarios y campanilleros.

N°	SIMBOLO	NOMBRE DE LA VARIABLE
1	PCH_i	Pago a chofer i.
2	PO_i	Pago al operario i.
3	PC_i	Pago al campanillero i
4	Z_6	Función objetivo Costo de Operaciones.

TABLA N° 07. Nombres de variables costo de operaciones.

La función objetivo y sus respectivas restricciones están dadas por:

$$MinZ_6 = \sum_{i=1}^n PCH_i + \sum_{j=1}^m PO_j + \sum_{k=1}^r PC_i$$

Sujeto a:

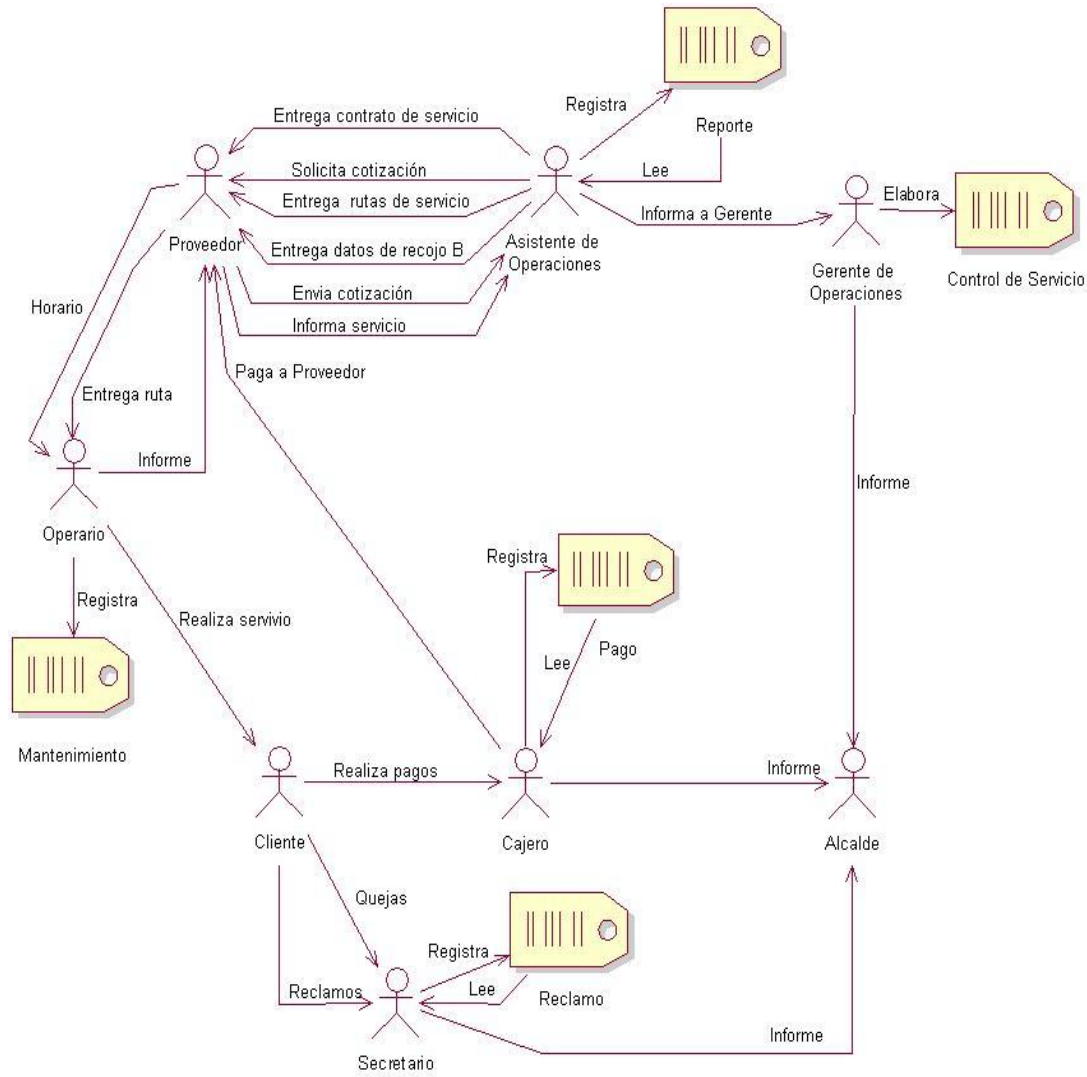
$$\sum_{i=1}^n PCH_i \leq PTCH$$

$$\sum_{j=1}^m PO_i \leq PTPO$$

$$\sum_{k=1}^r PCP_i \leq PTCP$$

$$PCH_i, PO_i, PCP_i \geq 0$$

3.6. PICTOGRAMA



3.7. MODELADO DEL SERVICIO

Lista de Actores del Servicio

ACTOR	DESCRIPCION
Asistente de Operaciones	Persona que solicita al sistema saber el actual mapa de red optima de recojo de basura. Actúa directamente con el usuario del sistema.

Lista de Trabajadores del Servicio

TRABAJADOR	DESCRIPCION
Gerente de operaciones	Persona que administra el servicio de recojo de basura aceptándolo o rechazándolo.
Sistema actual de pagos de la municipalidad	Software que se encarga de registrar y dar mantenimiento a la base de datos de control de pagos de los operarios, chóferes y campaneros.

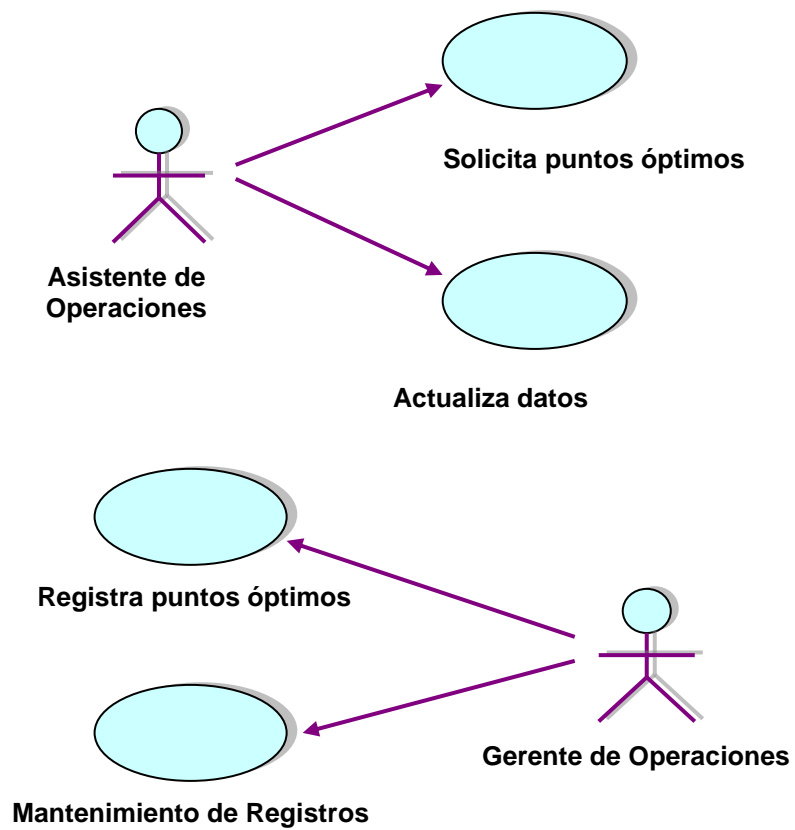
Lista de Casos de Uso del Servicio

CASO DE USO	DESCRIPCION
Registrar nuevos puntos	Registra nuevos puntos. Se registra cuando varía los puntos debido al crecimiento poblacional, expansión de la ciudad o cualquier otro factor.
Mantenimiento de puntos	Actualiza el registro de los puntos óptimos. Permite modificar, eliminar, grabar y borrar los puntos de la red de puntos óptimos debido a las variaciones del sistema.

Lista de Entidades del Servicio

ENTIDAD	DESCRIPCION
Área de Servicios	Entidad que operacionaliza o ejecuta los procesos del servicio de recojo de basura del Gobierno Provincial de Huaraz.
Gerencia de Servicios	Entidad que administra y hace cumplir las políticas del servicio de recojo de basura tomadas en sesión de alcaldía.

DIAGRAMA DE CASO DE USO



3.7.1. Actividades a Automatizar

Tabla N° 11. Actividades a Automatizar

ACTIVIDAD	DESCRIPCION
Generar puntos óptimos	Ingresa y determina la localización de los puntos óptimos dentro del mapa de recojo de la basura
Reporte de puntos óptimos	Reporta los puntos óptimos para el recojo de basura en cada sector
Calculo de costos de mantenimiento	Calcula los costos de mantenimiento de las unidades de recojo de basura.
Calculo de costos de operaciones	Calcula los costos de operaciones de los diversos elementos que intervienen en la recojo de la basura.
Búsqueda de registros	Proceso de búsqueda de registros que contengan puntos óptimos por fecha y por unidad de recojo de basura.

Fuente: Elaboración Propia.

3.7.2. Requerimientos

A. Lista de Requerimientos Funcionales

- Optimización del recojo de basura por cada sector
- Cálculos de costos de mantenimiento
- Calculo de costos de operaciones
- Reporte de registros de los puntos óptimos
- Ingreso de datos y restricciones

B. Lista de Requerimientos No Funcionales

Hardware:

- 01 servidor Pentium IV de 3.0 Giga Hertz con disco duro de 120 Gigabytes y memoria RAM de 512 MB.
- 02 computadoras Pentium IV de 2.8 Giga Hertz con disco duro de 80 Gigabytes y memoria RAM de 512 MB.

Software:

- Sistema operativo Windows 2007
- Software del Lenguaje de Programación Visual .Net
- Software del Lenguaje de Programación Mosel Xpress
- Software de Modelado Rational Rose 2003.

Interfaces:

- Pantalla principal estándar fácil de entender y usar, de entorno gráfico, con barras de menús, barra de herramientas y menús emergentes, colores estándar seleccionados por los usuarios.
- Formularios estándar con colores predeterminados que den una buena presentación y no permitan el cansancio, y que permitan una secuencialidad lógica de uso.
- Formulario con Fácil ingreso de la Función Objetivo y las restricciones.
- Facilidad de impresión de los resultados en formato estándar.
- Menú de ayuda del usuario estándar y en idioma nativo

3.7.3. Modelado del sistema

Lista de Actores del Servicio

ACTOR	DESCRIPCION
Asistente de Operaciones	Persona que solicita al sistema saber el actual mapa de red optima de recojo de basura. Actúa directamente con el usuario del sistema.

Lista de Trabajadores del Servicio

TRABAJADOR	DESCRIPCION
Gerente de operaciones	Persona que administra el servicio de recojo de basura aceptándolo o rechazándolo.
Sistema actual de pagos de la municipalidad	Software que se encarga de registrar y dar mantenimiento a la base de datos de control de pagos de los operarios, chóferes y campaneros.

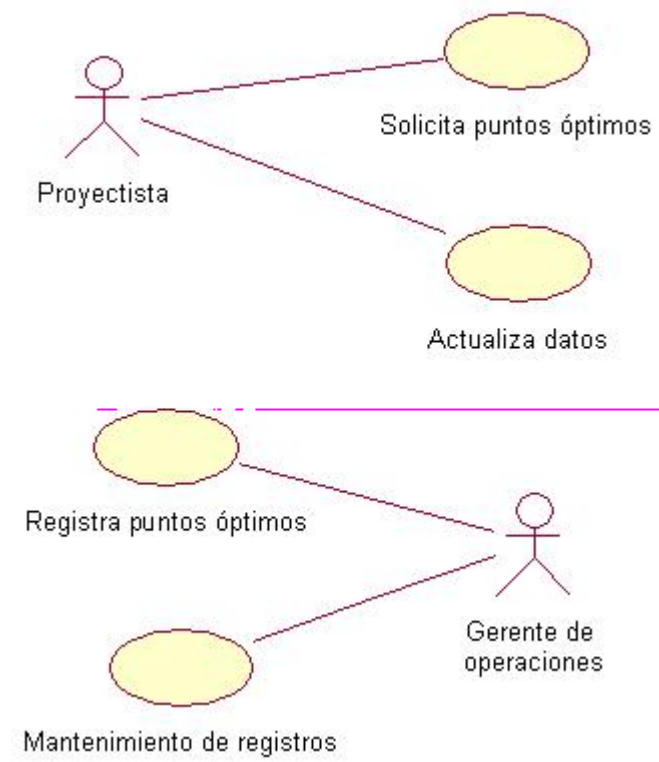
Lista de Casos de Uso del Servicio

CASO DE USO	DESCRIPCION
Registrar nuevos puntos	Registra nuevos puntos. Se registra cuando varía los puntos debido al crecimiento poblacional, expansión de la ciudad o cualquier otro factor.
Mantenimiento de puntos	Actualiza el registro los puntos óptimos. Permite modificar, eliminar, grabar y borrar los puntos de la red de puntos óptimos debido a las variaciones del sistema.

Lista de Entidades del Servicio

ENTIDAD	DESCRIPCION
Área de Servicios	Entidad que operacionaliza o ejecuta los procesos del servicio de recojo de basura del Gobierno Provincial de Huaraz.
Gerencia de Servicios	Entidad que administra y hace cumplir las políticas del servicio de recojo de basura tomadas en sesión de alcaldía.

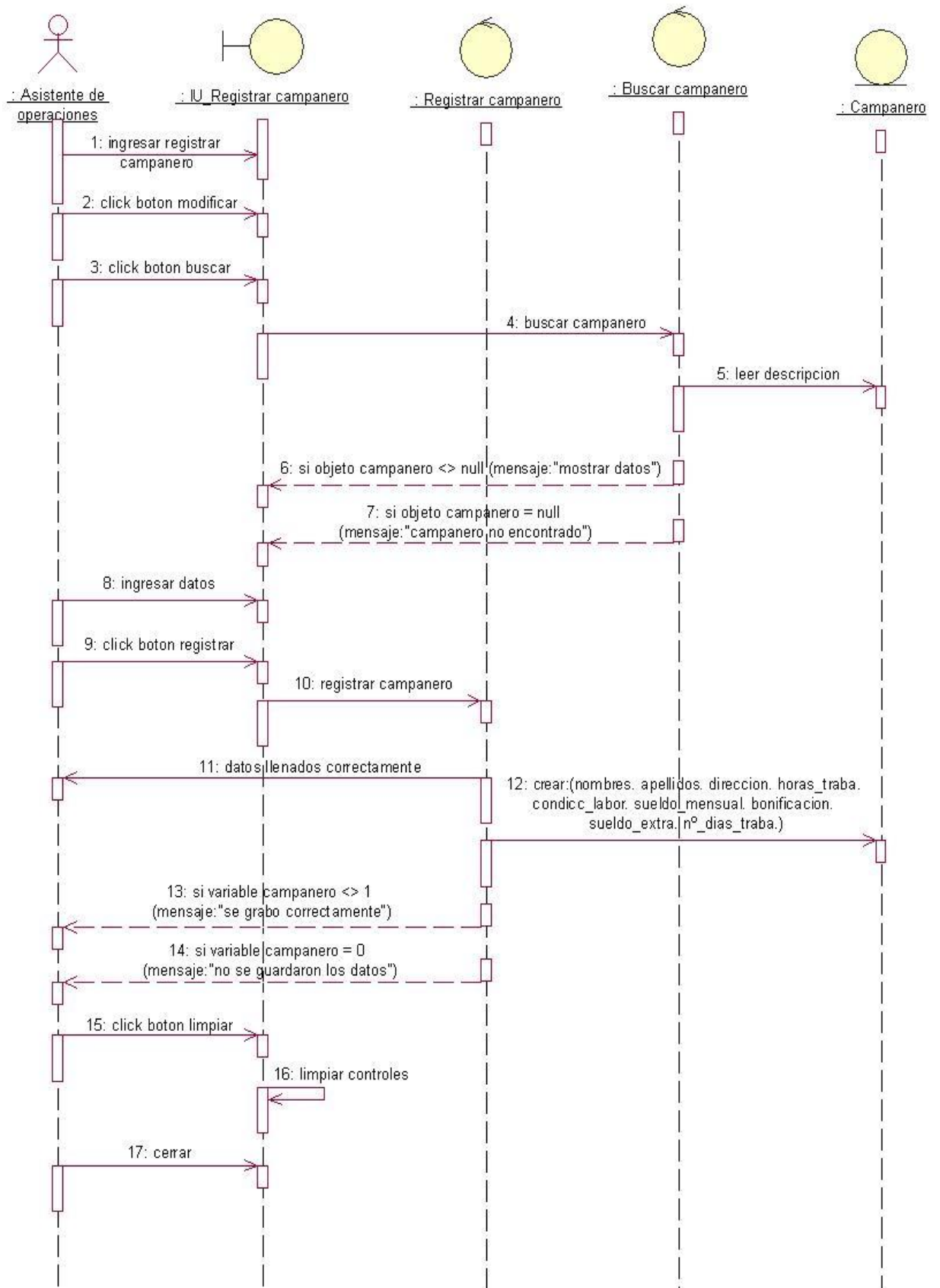
DIAGRAMA DE CASO DE USO DEL SISTEMA



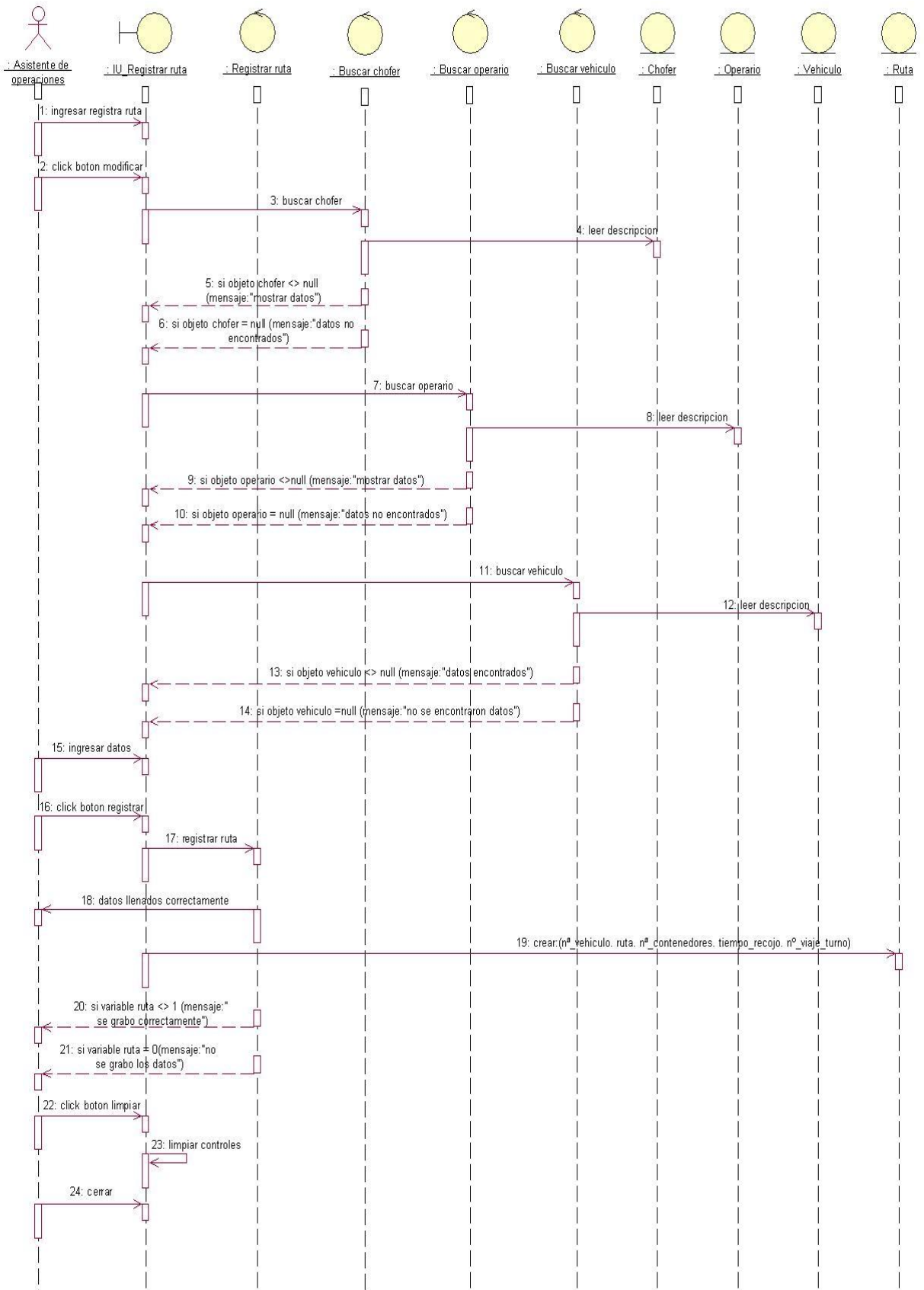
MATRIZ DE PRIORIZACIÓN DE CASO DE USO

N	Caso de uso	Rendimiento	Frecuencia (días)	Importancia	Urgencia	Prioridad
1	Registra Proveedor	2 minutos	1 Vez al mes	Importante	Urgente	8°
2	Registra Operario	2 minutos	1 Vez a la semana	Vital	Presión	4°
3	Registra Rutas	2 minutos	1 Vez al día	Vital	En espera	3°
4	Registra Cotización	3 minutos	Mismo instante	Importante	Presión	2°
5	Elabora Control de Servicios	2 minutos	Mensual	Vital	Urgente	7°
6	Actualiza Operarios	1 minuto	Mismo instante	Importante	Urgente	9°
7	Registra Pagos	2 minutos	Mismo instante	Importante	Urgente	5°
8	Registra Pago a Proveedor	3 minutos	Mismo instante	Vital	Presión	6°
9	Registra Cliente	1 minuto	Mismo instante	Vital	Urgente	1°
10	Registra Reclamos	5 minutos	Mismo instante	Importante	Presión	13°
11	Registrar Chofer	1 minuto	1 Vez al mes	Importante	Urgente	10°
12	Registrar Vehículo	10 minutos	1 Vez al mes	Importante	Urgente	12°
13	Registrar Campanero	1 minuto	1 Vez al mes	Importante	Urgente	11°

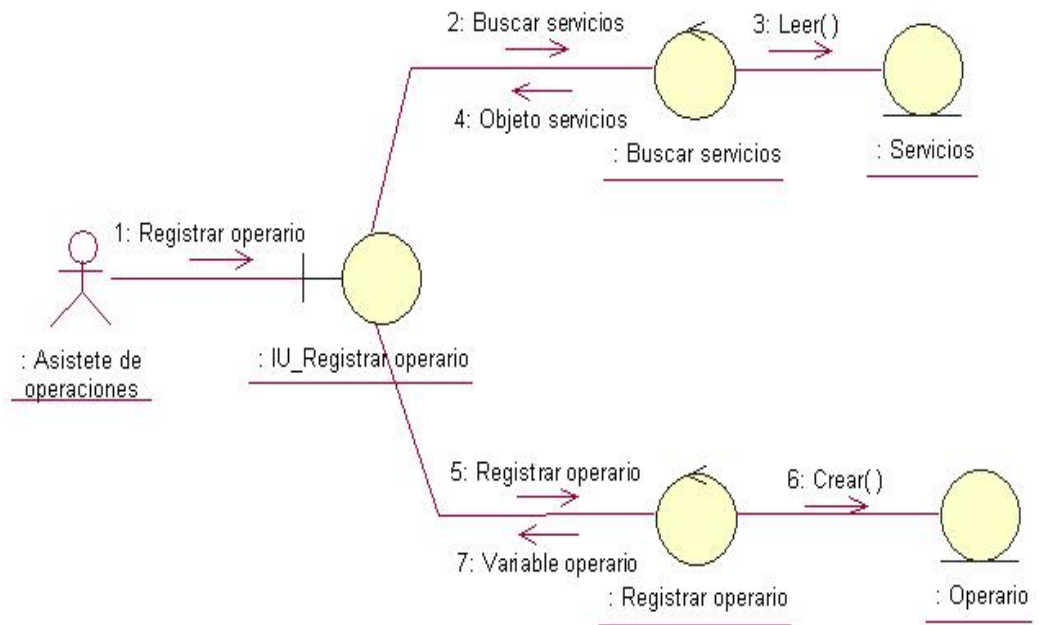
Registrar Campanero



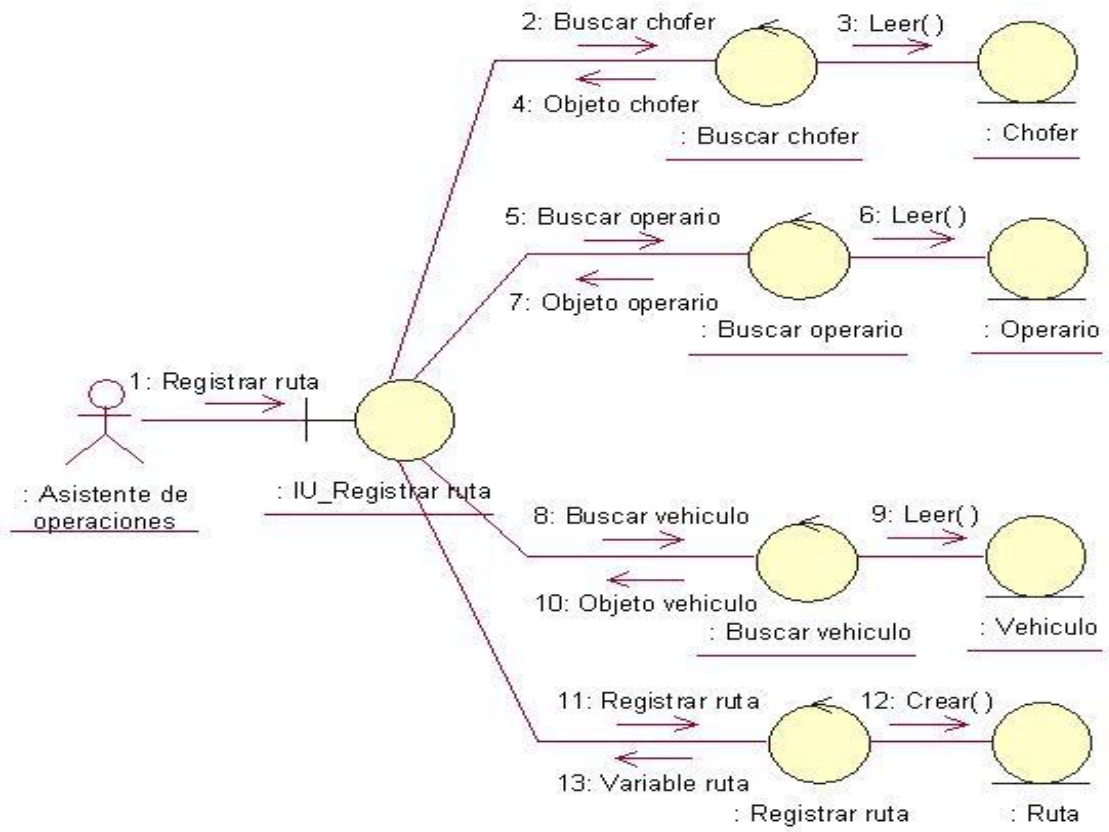
Registrar Ruta



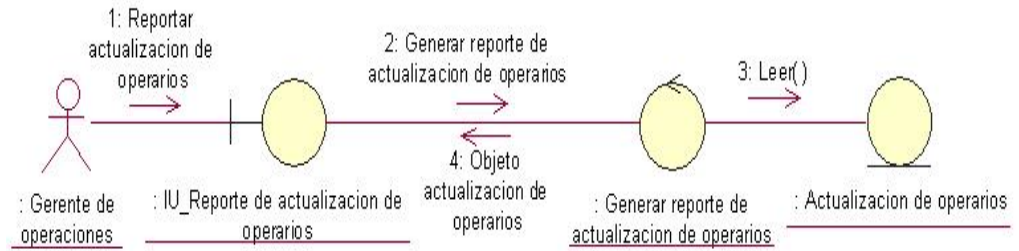
Registrar Operario



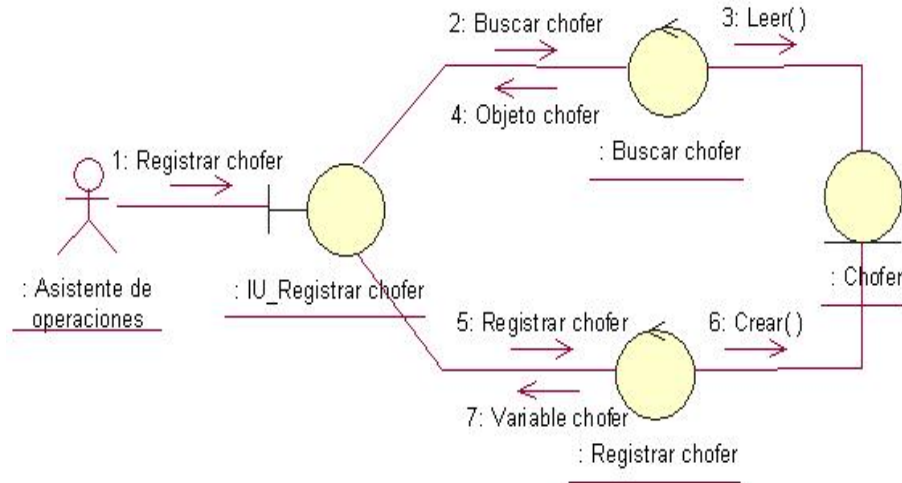
Registrar ruta



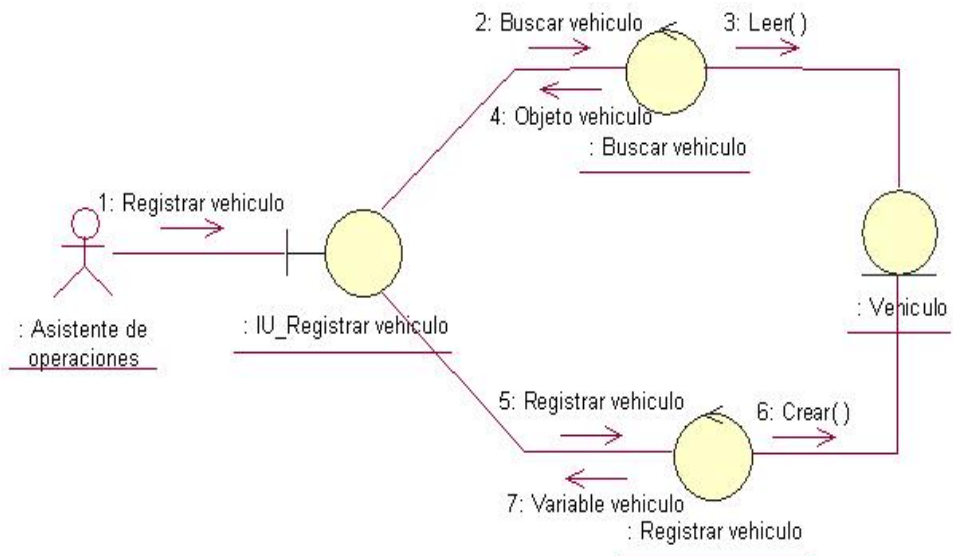
Reporte de actualización de operarios



Registrar chofer



Registrar vehículo recolector



4.2. PROTOTIPO DEL SISTEMA AUTOMATIZADO DEL PROBLEMA DE RECOJO DE BASURA

Acceso al sistema



MENU PRINCIPAL



Opciones de menú



Búsqueda

The screenshot shows a window titled "Buscar Proveedor" with a search input field labeled "Proveedor:" and a table with columns "Id Proveedor", "Proveedor", and "Ruc". A scroll bar is visible below the table, and an "Aceptar" button is at the bottom right.

Id Proveedor	Proveedor	Ruc
--------------	-----------	-----

Registro de Proveedor

The screenshot shows a window titled "Registrar Proveedor" with three sections: "Buscar_Proveedor" (with a "Buscar" button and an input field), "Datos_Proveedor" (with input fields for "Id_proveedor:", "Proveedor:", and "RUC:"), and "Accion" (with buttons for "Nuevo", "Editar", "Grabar", and "Salir").

Menú Procesos



Menú de reportes



4.3. CODIFICACION DEL SISTEMA

La codificación del sistema ver en el anexo N° 02

V. DISCUSION

5.1. EL ANALISIS MULTICRITERIO FRENTE A OTROS METODOS DE OPTIMIZACION.

El análisis multicriterio de localización se diferencian de otras técnicas de optimización convencionales en los siguientes aspectos:

Se pueden aplicar a diferentes problemas de optimización, sobre todo cuando estos tienen muchas funciones objetivos.

- Se pueden aplicar a diferentes problemas de optimización, sobre todo cuando estos tienen muchas restricciones.
- No siempre se puede llegar a un óptimo general, sino que se selecciona el mejor óptimo que va satisfacer los óptimos locales de cada función objetivo.
- Para realizar la búsqueda de los valores óptimos busca primero en cada función, luego selecciona un óptimo general.
- Las funciones pueden ser lineales, no lineales y combinación de ambas.
- Los criterios de restricción están sujetos a la decisión del analista. Es el quien decide que función objetivo debe ponderar para que la optimización se incline hacia determinada función objetivo deseable.

5.2. APORTE DE LA INVESTIGACION

El aporte de la presente investigación radica en la propuesta de un modelo matemático basado en el análisis multicriterio de localización para la ubicación de contenedores para el recojo de basura en la ciudad de Huaraz

implementado en el lenguaje de programación Mosel Xpress y un modelo de ingeniería de software de optimización con un soporte de una base de datos y que puede ser implementado en el lenguaje Visual.Net, para un conjunto de puntos críticos que determinan a un conjunto de contenedores ubicados con criterios poblacionales en la ciudad de tal manera que se minimicen los costos de mantenimiento, de operaciones y el número de los contenedores de basura.

5.3. LA UBICACIÓN DE UN PUNTO ÓPTIMO EN BASE A LOS PUNTOS CRITICOS DETERMINADOS CON CRITERIOS POBLACIONALES

El resultado obtenido para tal caso es: $u = 14.2829$; $v = 12.8628$, el cual representa a una ubicación en la ciudad de Huaraz, en el sector de Belén localizado entre Jr. Augusto Soriano Infante y la Av. Gamarra.

Para tal resultado, según el trabajo de investigación recomienda la ubicación de un contenedor por el Gobierno Provincial de Huaraz, aunque considerando que dichos puntos fueron tomados con la misma necesidad de atención, pero la ubicación en el plano de la ciudad, permite sugerir que el lugar no resultaría beneficioso o satisfactorio para la población que vive en el entorno, por ello dando una mayor prioridad a los puntos críticos próximos del sector Villón Alto, llevaría a la determinación de la ubicación de un contenedor en la parque Fidel Olivas en el cual resultaría apropiado dado que en su alrededor existe mejor espacio y por tanto menor contaminación a la población vecina y también para el recojo por parte del vehículo recolector.

5.4. LA UBICACIÓN DE UN CONTENEDOR ÓPTIMO EN BASE A UN CONJUNTO DE CONTENEDORES DETERMINADOS CON CRITERIOS POBLACIONALES

El resultado obtenido para tal caso es: $u = 10.133$; $v = 18.8078$, que representa a una ubicación dentro de la ciudad de Huaraz, en el sector Soledad Alta localizado entre la Plazuela la Soledad e Iglesia la Soledad y el Jr. Agustín Mejía.

Para tal resultado, según el trabajo de investigación recomienda la ubicación de un contenedor por el Gobierno Provincial de Huaraz, lugar en el cual resulta apropiado dado que en su alrededor se encuentra la plazuela la Soledad, lo que implicaría una relativa amplitud de espacio y por tanto menor contaminación a la población vecina y también para el recojo por parte del vehículo recolector.

VI. CONCLUSIONES

1. El trato informal, no sistematizado sin uso de herramientas tecnológicas para el recojo de basura en la ciudad de Huaraz, genera costos excesivos al Gobierno Provincial de Huaraz así como el malestar creciente en la población.
2. El modelo matemático basado en el análisis multicriterio de localización contribuye significativamente al estudio y logro de la optimización de varias funciones objetivos utilizadas en el recojo de la basura.
3. Para el modelado matemático de localización de contenedores óptimos en el recojo de basura se hizo uso del lenguaje de programación Mosel Xpress que permitió obtener resultados satisfactorios a la investigación.
4. El modelo matemático y de ingeniería propuesto contribuye a la localización de puntos óptimos para ubicar los contenedores de basura de manera tal que minimice los costos de mantenimiento, costos de contenedores y costo de operación y maximizar la cantidad de recojo de basura.

VII. RECOMENDACIONES

1. Utilizar lenguajes de programación que permita la graficación de los resultados, tales como el Visual.Net, ya que permite interactuar con el Mosel Xpress, utilizando bases de datos SQL Server.
2. La presente investigación sirve como referente para la implementación de un sistema informático definitivo para la localización de los puntos óptimos en donde se pueda ubicar los contenedores de basura minimizando los costos asociados al servicio, aplicando el análisis multicriterio de localización.
3. Esta investigación sienta bases en la teoría de localización multicriterio en cuanto a aplicaciones prácticas que servirá de modelo para ser aplicado en otras ciudades similares respecto del problema del recojo de basura.
4. Profundizar la presente investigación haciendo uso de nuevas tecnologías de acceso satelital para investigaciones más complejas en temas similares de localización.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

01. Arancibia S, Contreras E y otros. (2005). Evaluación multicriterio: Aplicación para la formulación de proyectos de infraestructura deportiva.
02. Ardila Pérez, F.J.; Ballell Caballero J.A.; Castillo Martínez, A y otros. (2002). Proyecto Piloto para la Optimización de la Recogida Selectiva de Residuos Sólidos Urbanos en Extremadura II. Expresión Gráfica del Centro Universitario de Mérida.
03. Barba-Romero, S. (1997), “Decisiones Multicriterio. Fundamentos Teóricos y Utilización Práctica”, “Colección de Economía”, Servicio de Publicaciones de la U.A.H., Alcalá de Henares.
04. Barba-Romero S. y Pérez, J., (1994), "La Decisión Multicriterio en el análisis y la gestión de los recursos naturales", en Análisis Económico y Gestión de los Recursos Naturales, Azqueta, D. y Ferreiro, A., Madrid, Ed. Alianza Editorial.
05. Barba-Romero, S. y Romero, J. Ch. (1997). Decisiones Multicriterio. Fundamentos Teóricos y Utilización Práctica. Colección de Economía. Universidad de Alcalá.
06. Caballero, R., Gómez, T., González, M., Muñoz, M. M., Rey, L., Ruiz, L.,(1997) Programación Matemática para Economistas. Universidad de Málaga.
07. Caballero, R., Luque, M., Molina, J., y Ruiz, F. (2002). Programación Multiobjetivo Interactiva. Series Monográficas. Toma de decisiones con

- criterios múltiples. Revista Electrónica de Comunicaciones y Trabajos de ASEPUMA Recta. Valencia. España.
08. Cañavate Bernal. (2001). Una Revisión Histórica de los Métodos Clásicos de Resolución del Problema de Fermat-Weber. Universidad de Murcia. España.
 09. Caloni N. (2003). Análisis Espacial de Evaluación Multicriterio en la Generación de Alternativas Viales para el Trazado de la Autopista Luján-Mercedes Buenos Aires Argentina.
 10. Carrizosa, E., Conde, E., Fernández, F.R., Puerto, J. (1995): "Multicriteria Analysis with Partial Information about the Weighting Coefficients". European Journal of Operations Research, Vol. 81, pp. 291-301.
 11. Fernández y Martín "Decisión multicriterio en la elección del emplazamiento de un Parque Temático" en "Actas VII Jornadas de ASEPUMA" (1999), Valencia, pág. 248.
 12. Jacek Zak, Andrzej Jaskiewicz, Adam Redmer. Multicriteria Optimisation Method for the Vehicle Assignment Problem in the Bus Transportation Company. Universidad de Poznan.
 13. Luque Gallego, M. (200). Toma de Decisiones multicriterio con Métodos interactivos. Implementación Computacional y Aplicación a la Economía de la salud. Málaga.
 14. Martinez E. y Escudey M. (1998). Evaluación y decisión Multicriterio Reflexiones y Experiencias. Editorial Universidad de Santiago/UNESCO.

Chile.

15. Mella S, 2003. Análisis Multicriterio para Priorización de Proyectos en Chiledeportes”. Memoria para optar al título de Ingeniero Civil Industrial de la Universidad de Chile. Santiago, Chile.
16. Mendez M. (2003). Análisis Multicriterio Discreto para la Formulación y Priorización de Proyectos de Infraestructura Educativa”. Memoria para optar al título de Ingeniero Civil Industrial de la Universidad de Chile. Santiago, Chile.
17. Mónica Bocco, Silvina Sayago y Enzo Tártara. (2001). Modelos Multicriterio: Una Aplicación a la Selección de Alternativas Productivas. Argentina. Universidad de Córdoba.
18. Moreira-Muñoz S. y Moreno Meynard P. (2004). Evaluación Multicriterio y Algoritmos Heurísticos como Herramientas de Planificación en Bosque Primario de la Patagonia. Instituto Forestal de Chile.
19. Racero M. J. Perez A. E. (2002). Optimización del sistema de rutas de recolección de residuos sólidos domiciliarios. X Congreso de Ingeniería en la Universidad de Valencia. España.
20. Romero C. (2003). Análisis de las Decisiones Multicriterio. Editorial ISDEFE. España.
21. Romero, C. (1993), “Teoría de la Decisión Multicriterio: Conceptos, Técnicas y Aplicaciones”, “Alianza Universidad Textos”, Alianza Editorial S. A., Madrid.

22. Romero, C. 1993. La teoría de la decisión multicriterio: conceptos, técnicas y aplicaciones. p.195 Ed. Alianza, Madrid, España.
23. Romero, C. (1997). Teoría de la decisión multicriterio: Conceptos, técnicas y aplicaciones. Alianza editorial, S.A. Madrid.
24. Roy, B.; Vincke, PH. (1981): "Multicriteria analysis: survey and new directions". EJOR 8. North Holland.
25. Seguí Pons, J. M., Ruiz Pérez, M., Guaita Mas, F., Escalas, F., Bauxà, A. (2003): "La planificación de rutas de transporte escolar a través de un SIG: El proyecto SIGTEBAL", GeoFocus (Artículos), nº 3, p. 58-76.
26. Triantaphyllou E. 2000. Multi-Criteria Decision Making Methods: A Comparative Study. Kluwer Academic Publishers. Louisiana State University U. S. A.
27. Villablanca I. (2001). Análisis Multicriterio aplicado al Proyecto Vial La Playa Orrego Abajo, V Región". Memoria la Universidad Diego Portales. Santiago, Chile.

ANEXOS

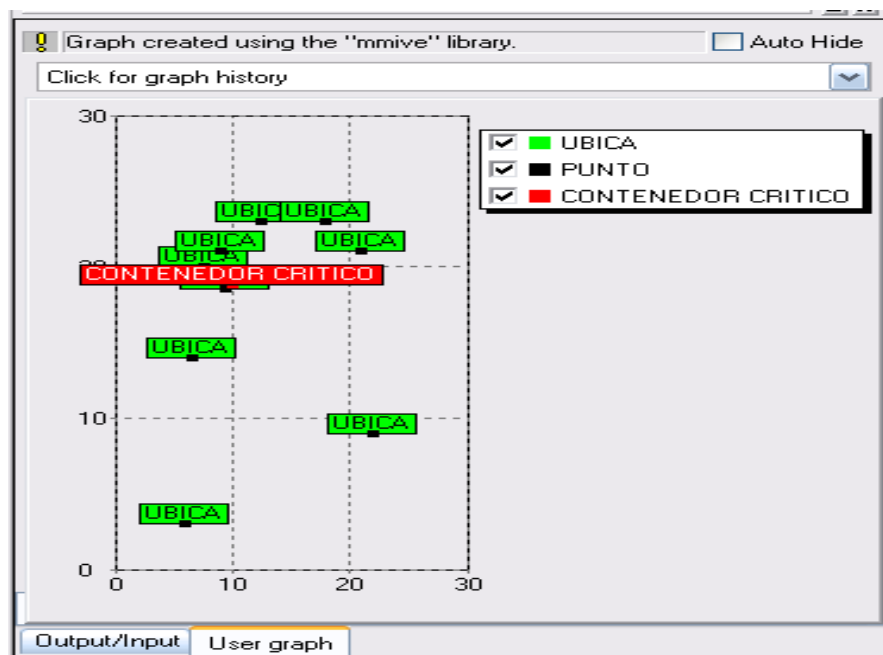
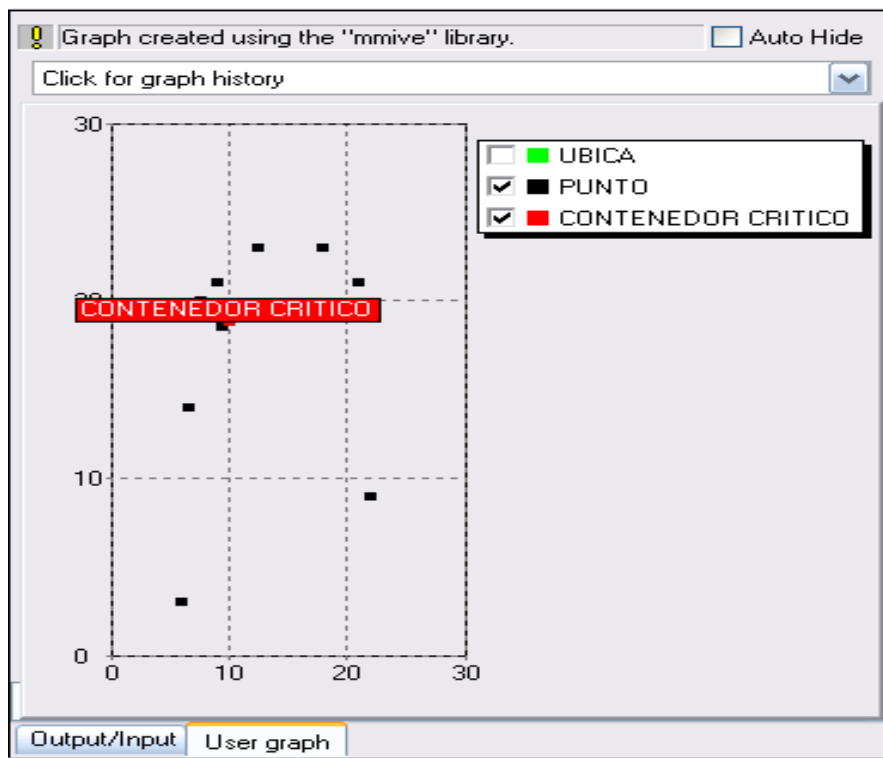
ANEXO N° 01

CUESTIONARIO

1. ¿Cuántos carros recolectores de basura existe en el Gobierno Provincial de Huaraz? Cuántos operativos y no operativos.
2. ¿Cuál es la frecuencia de servicio de un carro recolector de basura?
3. ¿Cree usted que se puede mejorar el servicio de recojo de basura?
4. ¿Cuál es el costo de mantenimiento actual de los vehículos recolectores de basura?
5. ¿Cree usted que se pueden mejorar o minimizar los diversos costos en que incurre el Gobierno Provincial de Huaraz por este servicio?
6. ¿Es la ruta adecuada por donde circula y recoge la basura cada carro?
7. ¿Considera usted óptima el proceso actual de recojo de basura?
8. ¿Cree usted que es mejor colocar contenedores en lugares estratégicos para recoger la basura?
9. Describa usted el proceso actual de recojo de la basura
10. ¿Considera usted que sería mejor sistematizar científicamente los procesos del recojo de la basura?
11. ¿Cuántas toneladas en promedio de basura se recoge cada carro por frecuencia y día?
12. ¿Qué tiempo le toma a un carro por cada frecuencia de recojo de basura?

ANEXO N° 02

REPORTE GRÁFICO DE LA UBICACION DEL CONTENEDOR ÓPTIMO MEDIANTE EL SOFTWARE MOSEL XPRESS PARA UN CONJUNTO DE 9 CONTENEDORES



ITERACIONES PARA LA DETERMINACION DEL PUNTO ÓPTIMO

CORRESPONDIENTE AL CONTENEDOR PARA EL RECOJO DE

BASURA

u =10.4729	v =13.6828
u =10.803	v =17.0931
u =10.689	v =18.3735
u =10.4738	v =18.7457
u =10.3433	v =18.8341
u =10.2696	v =18.8476
u =10.2253	v =18.8425
u =10.197	v =18.8345
u =10.178	v =18.8275
u =10.1649	v =18.8221
u =10.1557	v =18.8181
u =10.1492	v =18.8152
u =10.1446	v =18.8131
u =10.1413	v =18.8116
u =10.139	v =18.8105
u =10.1373	v =18.8098
u =10.1361	v =18.8092
u =10.1352	v =18.8088
u =10.1346	v =18.8085
u =10.1342	v =18.8083
u =10.1338	v =18.8082
u =10.1336	v =18.8081
u =10.1334	v =18.808
u =10.1333	v =18.8079
u =10.1332	v =18.8079
u =10.1332	v =18.8079
u =10.1331	v =18.8078
u =10.1331	v =18.8078
u =10.1331	v =18.8078
u =10.133	v =18.8078
u =10.133	v =18.8078
u =10.133	v =18.8078

$$\mathbf{u =10.133 \quad v =18.8078}$$

Establecimiento del punto óptimo para la ubicación de un nuevo contenedor de recojo de basura

**CODIFICACIÓN PARA LA UBICACION DEL CONTENEDOR ÓPTIMO
 MEDIANTE EL SOFTWARE MOSEL XPRESS PARA 9
 CONTENEDORES**

USO DEL SOFTWARE MOSEL XPRESS

(!*****
 PROBLEMAS DE APLICACION MOSEL

=====

ARCHIVO DE LOCALIZACION DE UN CONTENEDOR
 ~~~~~

CARACTERISTICA: PROBLEMA DE LOCALIZACION

DESCRIPCION: Dado un conjunto de CONTENEDORES (lugares donde se deposita la basura de manera informal ubicados en la ciudad de Huaraz, se encontrará un nuevo lugar de características apropiadas para la ubicación de un nuevo contenedor, el cual tendrá una posición de distancia mínima respecto del conjunto de los contenedores.

Además cada uno de los contenedores dispondrá de una prioridad en particular en algún momento.

2009 Mose*l* XPress

\*\*\*\*\*

```

model "CONTENEDOR CRITICO"
uses "mmxprs","mmive"      ! Uso del Optimizador Xpress
function Euclidean(a,b,c,d:real):real
β:=0.00001
    euclidean:=sqrt(((a-c)*(a-c))+((b-d)*(b-d))+β)
    returned:= euclidean
end-function

function Condicional(a,b,c,d,prioridad:real):real
condicional:=prioridad/Euclidean(a,b,c,d)
returned:= condicional
end-function
PC:=50
declarations
    
```

```

X:array(1..PC) of real
Y:array(1..PC) of real
condicional,β,s1,s2,s3,a,b,u,v,ERROR:real
UBICA:integer
LUGAR:integer
CONJUNTO:integer
CONTENEDOR:integer
w:array(1..PC)of real
end-declarations
writeln("UBICACION DE UN CONTENEDOR CRITICO EN LA CIUDAD DE
HUARAZ ")
writeln ("")

writeln("DIGA EL NUMERO DE PUNTOS CRITICOS PC <= 50:")
readln(PC)
writeln("AHORA LA UBICACION DE CADA PUNTO CRITICO")
writeln("")
forall(i in 1..PC)do
  writeln("LA PRIMERA COORDENADA DEL PUNTO CRÍTICO ",i)
  fflush
  readln(X(i))
  writeln("LA SEGUNDA COORDENADA DEL PUNTO CRITICO ",i)
  fflush
  readln(Y(i))
end-do
writeln("")
writeln("Y LA PRIORIDAD DE LOS PUNTOS CRITICOS")
writeln("")
forall(j in 1..PC)do
  writeln("LA PRIORIDAD DEL PUNTO CRITICO ",j)
  fflush
  readln(w(j))
end-do
writeln("")
writeln("ELIJA UNA UBICACION ARBITRARIA")
writeln("")
writeln("LA PRIMERA COORDENADA DE LA UBICACION
ARBITRARIA:")
fflush
readln(a)
writeln("LA SEGUNDA COORDENADA DE LA UBICACION
ARBITRARIA:")
fflush
readln(b)
ERROR:=1
while(ERROR>0.00001) do
s1:=0
forall(i in 1..PC)do

```

```

s1:=s1+Condicional(a,b,X(i),Y(i),w(i))
end-do

s2:=0
forall(i in 1..PC)do
s2:=s2+(X(i)*Condicional(a,b,X(i),Y(i),w(i)))
end-do

s3:=0
forall(i in 1..PC)do
s3:=s3+(Y(i)*Condicional(a,b,X(i),Y(i),w(i)))
end-do

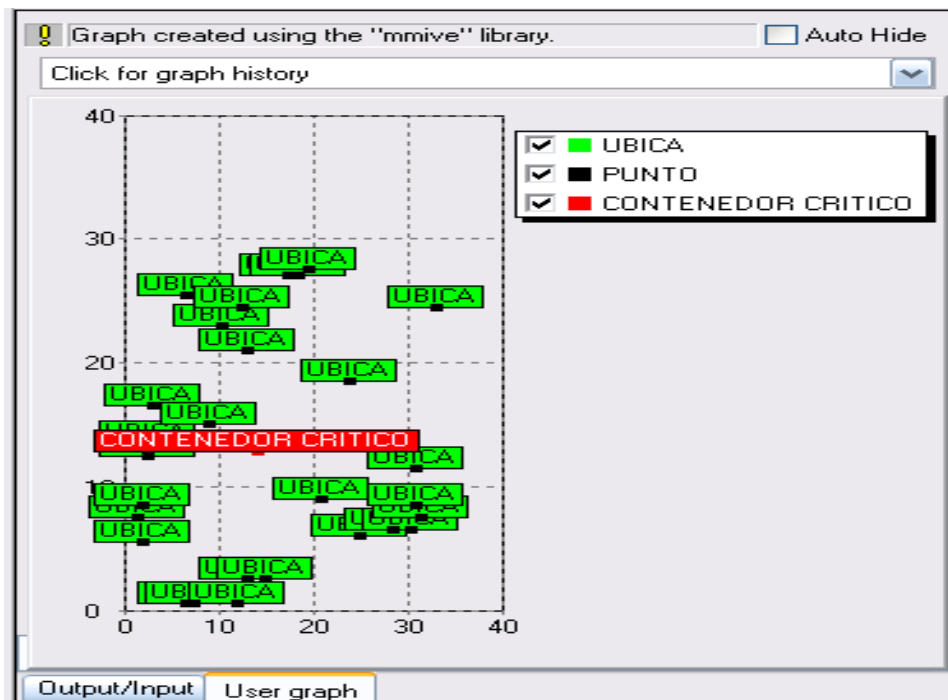
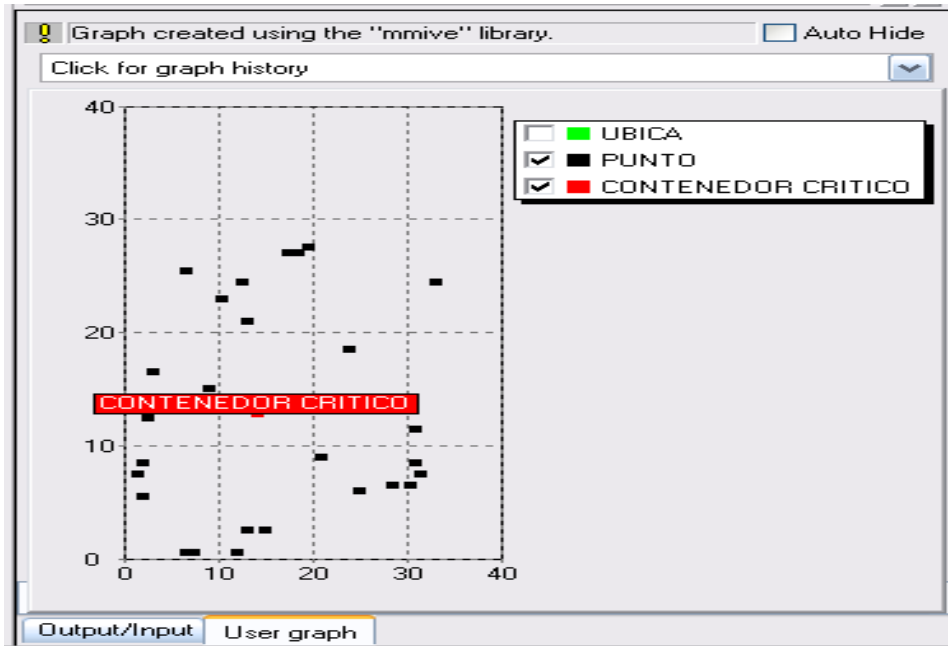
u:=s2/s1
v:=s3/s1

writeln("u =",u,"    v =",v)
ERROR:=abs(u-a)+abs(v-b)
a:=u
b:=v
end-do
LUGAR:=IVEaddplot("UBICA",IVE_GREEN)
CONJUNTO:=IVEaddplot("PUNTO",IVE_BLACK)
forall(i in 1..PC)do
IVEdrawpoint(CONJUNTO,X(i),Y(i))
IVEdrawlabel(LUGAR,X(i),Y(i),"UBICA")
end-do
CONTENEDOR:=IVEaddplot("CONTENEDOR CRITICO",IVE_RED)
IVEdrawpoint(CONTENEDOR,a,b)
IVEdrawlabel(CONTENEDOR,a,b,"CONTENEDOR CRITICO")
IVEzoom(0,0,30,30)

end-model

```

REPORTE GRÁFICO DE LA UBICACION DEL CONTENEDOR  
ÓPTIMO MEDIANTE EL SOFTWARE MOSEL XPRESS PARA UN  
CONJUNTO DE 28 PUNTOS CRITICOS



**ITERACIONES PARA LA DETERMINACION DEL PUNTO OPTIMO  
CORRESPONDIENTE A LOS 28 PUNTOS CRITICOS DEL RECOJO DE  
BASURA**

|            |            |
|------------|------------|
| u =10.6046 | v =9.4545  |
| u =12.49   | v =11.2568 |
| u =13.3964 | v =12.1389 |
| u =13.8403 | v =12.5445 |
| u =14.0607 | v =12.7254 |
| u =14.1707 | v =12.8047 |
| u =14.2259 | v =12.8389 |
| u =14.2538 | v =12.8533 |
| u =14.2679 | v =12.8593 |
| u =14.2752 | v =12.8616 |
| u =14.2789 | v =12.8625 |
| u =14.2808 | v =12.8628 |
| u =14.2818 | v =12.8629 |
| u =14.2823 | v =12.8629 |
| u =14.2826 | v =12.8629 |
| u =14.2828 | v =12.8628 |
| u =14.2828 | v =12.8628 |
| u =14.2829 | v =12.8628 |
| u =14.2829 | v =12.8628 |
| u =14.2829 | v =12.8628 |

$$\mathbf{u =14.2829 \quad v =12.8628}$$

Establecimiento del punto optimo para la ubicación de un nuevo contenedor de  
recojo de basura

**CODIFICACIÓN PARA LA UBICACION DEL CONTENEDOR ÓPTIMO  
MEDIANTE EL SOFTWARE MOSEL XPRESS PARA 28 PUNTOS  
CRÍTICOS**

USO DEL SOFTWARE MOSEL XPRESS

(!\*\*\*\*\*

PROBLEMAS DE APLICACION MOSEL

=====

ARCHIVO DE LOCALIZACION DE UN CONTENEDOR

.....

CARACTERISTICA: PROBLEMA DE LOCALIZACION

DESCRIPCION: Dado un conjunto de puntos críticos (lugares donde se deposita la basura determinados con criterios poblacionales ubicados en el mapa de la ciudad de Huaraz, se encontrará un nuevo lugar de características apropiadas para la ubicación de un nuevo contenedor, el cual tendrá una posición de distancia mínima respecto del conjunto de puntos críticos.

Además cada uno de los puntos críticos dispondrá de alguna prioridad en algún momento.

2009 Mosel XPress

\*\*\*\*\*

```
model "CONTENEDOR CRITICO"
  uses "mmxprs", "mmive"      ! Uso del Optimizador Xpress
  function Euclidean(a,b,c,d:real):real
    β:=0.00001
    euclidean:=sqrt(((a-c)*(a-c))+((b-d)*(b-d))+β)
    returned:= euclidean
  end-function

function Condicional(a,b,c,d,prioridad:real):real
  condicional:=prioridad/Euclidean(a,b,c,d)
  returned:= condicional
```

```

end-function
PC:=50
declarations
  X:array(1..PC) of real
  Y:array(1..PC) of real
  condicional,β,s1,s2,s3,a,b,u,v,ERROR:real
  UBICA:integer
  LUGAR:integer
  CONJUNTO:integer
  CONTENEDOR:integer
  w:array(1..PC)of real
end-declarations
writeln("UBICACION DE UN CONTENEDOR CRITICO EN LA CIUDAD DE
HUARAZ ")
writeln ("")

writeln("DIGA EL NUMERO DE PUNTOS CRITICOS PC <= 50:")
readln(PC)
writeln("AHORA LA UBICACION DE CADA PUNTO CRITICO")
writeln("")
forall(i in 1..PC)do
  writeln("LA PRIMERA COORDENADA DEL PUNTO CRÍTICO ",i)
  fflush
  readln(X(i))
  writeln("LA SEGUNDA COORDENADA DEL PUNTO CRITICO ",i)
  fflush
  readln(Y(i))
end-do
writeln("")
writeln("Y LA PRIORIDAD DE LOS PUNTOS CRITICOS")
writeln("")
forall(j in 1..PC)do
  writeln("LA PRIORIDAD DEL PUNTO CRITICO ",j)
  fflush
  readln(w(j))
end-do
writeln("")
writeln("ELIJA UNA UBICACION ARBITRARIA")
writeln("")
writeln("LA PRIMERA COORDENADA DE LA UBICACION
ARBITRARIA:")
fflush
readln(a)
writeln("LA SEGUNDA COORDENADA DE LA UBICACION
ARBITRARIA:")
fflush
readln(b)
ERROR:=1

```

```

while(ERROR>0.00001) do
s1:=0
forall(i in 1..PC)do
s1:=s1+Condicional(a,b,X(i),Y(i),w(i))
end-do

s2:=0
forall(i in 1..PC)do
s2:=s2+(X(i)*Condicional(a,b,X(i),Y(i),w(i)))
end-do

s3:=0
forall(i in 1..PC)do
s3:=s3+(Y(i)*Condicional(a,b,X(i),Y(i),w(i)))
end-do

u:=s2/s1
v:=s3/s1

writeln("u =",u,"    v =",v)
ERROR:=abs(u-a)+abs(v-b)
a:=u
b:=v
end-do
LUGAR:=IVEaddplot("UBICA",IVE_GREEN)
CONJUNTO:=IVEaddplot("PUNTO",IVE_BLACK)
forall(i in 1..PC)do
IVEdrawpoint(CONJUNTO,X(i),Y(i))
IVEdrawlabel(LUGAR,X(i),Y(i),"UBICA")
end-do
CONTENEDOR:=IVEaddplot("CONTENEDOR CRITICO",IVE_RED)
IVEdrawpoint(CONTENEDOR,a,b)
IVEdrawlabel(CONTENEDOR,a,b,"CONTENEDOR CRITICO")
IVEzoom(0,0,40,40)

end-model

```



### ANEXO N° 03

#### **CODIFICACIÓN BÁSICA DEL SISTEMA AUTOMATIZADO PARA EL PROBLEMA DE RECOJO DE BASURA**

##### **CODIGO EN EL (W\_CLAVE) DEL SISTEMA**

```
String usu[20]
i=1
select count(usuario) into :f from administrador;
for i=1 to f
    select usuario into :usu[i] from administrador where idadmi=:i;
    ddlb_1.additem(usu[i])
next
```

##### **CODIGO EN EL BOTON INGRESAR (cb\_1) DEL SISTEMA**

```
String cla,clav
cla=sle_1.text
select clave into :clav from administrador where clave=:cla;
if clav=cla then
    open(w_menu_principal)
    close(w_clave)
else
    messagebox("ATENCION","la clave es incorrecta")
    sle_1.text=""
    sle_1.setfocus( )
end if
```

##### **CODIGO EN EL BOTON REGISTRAR (CB\_1) DE LA VENTANA REGISTRAR CAMPANERO**

```
String nom,ape,dire,condicion
double sueldo,sueldoh
```

```

int horast,boni,diast

nom=sle_1.text
ape=sle_2.text
dire=sle_3.text
horast=Integer(sle_4.text)
if rb_1.checked=true then
    condicion="estable"
else
    condicion="inestable"
end if
sueldo=Double(sle_5.text)
boni=Integer(sle_6.text)
sueldoh=Double(sle_7.text)
diast=Integer(sle_8.text)

insert into
campanero(nombres,apellidos,direccion,horas_trabajo,condicion_laboral,sueldo_
mensual,bonificaciones,sueldo_horas_extras,n_dias_trabajados)
    values(:nom,:ape,:dire,:horast,:condicion,:sueldo,:boni,:sueldoh,:diast);
commit;

dw_1.retrieve()

```

**CODIGO EN EL BOTON LIMPIAR (CB\_2) DE LA VENTANA REGISTRAR CAMPANERO**

```

sle_1.text=""
sle_2.text=""
sle_3.text=""
sle_4.text=""
sle_5.text=""
rb_1.checked=false

```

```
rb_2.checked=false
sle_6.text=""
sle_7.text=""
sle_8.text=""
sle_1.setFocus()
```

### **CODIGO EN EL BOTON MODIFICAR (CB\_3) DE LA VENTANA REGISTRAR CAMPANERO**

```
open(w_modificar_campanero)
```

### **CODIGO EN EL BOTON REGISTRAR (CB\_1) DE LA VENTANA REGISTRAR CHOFER**

```
String nom,ape,dire,condicion,licencia
double sueldo,sueldoh
int horast,boni,diast
```

```
nom=sle_1.text
ape=sle_2.text
dire=sle_3.text
horast=Integer(sle_4.text)
if rb_1.checked=true then
    condicion="estable"
end if
if rb_2.checked=true then
    condicion="inestable"
end if
if cbx_1.checked=true then
    licencia="si"
end if
if cbx_2.checked=true then
```

```

        licencia="no"
    end if
    sueldo=Double(sle_5.text)
    boni=Integer(sle_6.text)
    sueldoh=Double(sle_7.text)
    diast=Integer(sle_8.text)

    insert into
    chofer(nombres,apellidos,direccion,horas_trabajo,condicion_laboral,licencia_con
    ducir,sueldo_mensual,bonificaciones,sueldo_horas_extras,n_dias_trabajados)
        values(:nom,:ape,:dire,:horast,:condicion,:licencia,:sueldo,:boni,:sueldoh,:
    diast);
    commit;

    dw_1.retrieve()

```

### **CODIGO EN EL BOTON LIMPIAR (CB\_2) DE LA VENTANA REGISTRAR CHOFER**

```

sle_1.text=""
sle_2.text=""
sle_3.text=""
sle_4.text=""
sle_5.text=""
rb_1.checked=false
rb_2.checked=false
cbx_1.checked=false
cbx_2.checked=false
sle_6.text=""
sle_7.text=""
sle_8.text=""

```

**CODIGO EN EL BOTON MODIFICAR (CB\_3) DE LA VENTANA REGISTRAR CHOFER**

```
open(w_modificar_chofer)
```

**CODIGO EN EL BOTON REGISTRAR (CB\_1) DE LA VENTANA REGISTRAR CLIENTE**

```
int n
```

```
String nom,ape,dire,recla,fecha
```

```
n=Integer(sle_1.text)
```

```
nom=sle_2.text
```

```
ape=sle_3.text
```

```
dire=sle_4.text
```

```
recla=sle_5.text
```

```
fecha=em_1.text
```

```
insert into cliente(idcliente,nombres,apellidos,direccion,reclamo,fecha)
```

```
values(:n,:nom,:ape,:dire,:recla,:fecha);
```

```
commit;
```

```
dw_1.retrieve()
```

**CODIGO EN EL BOTON LIMPIAR (CB\_2) DE LA VENTANA REGISTRAR CLIENTE**

```
sle_1.text=""
```

```
sle_2.text=""
```

```
sle_3.text=""
```

```
sle_4.text=""
```

```
sle_5.text=""
```

```
em_1.text=""
sle_1.setFocus()
```

**CODIGO EN EL BOTON MODIFICAR (CB\_3) DE LA VENTANA REGISTRAR CLIENTE**

```
open(w_modificar_cliente)
```

**CODIGO EN EL BOTON REGISTRAR (CB\_1) DE LA VENTANA REGISTRAR COTIZACION**

```
int n
```

```
Double monto
```

```
String detalle
```

```
date fecha
```

```
n=Integer(sle_1.text)
```

```
fecha=Date(em_1.text)
```

```
monto=Double(sle_2.text)
```

```
detalle=sle_3.text
```

```
insert into cotizacion(idcotizacion,fecha_cotizacion,monto,detalle)
```

```
values(:n,:fecha,:monto,:detalle);
```

```
commit;
```

```
dw_1.retrieve()
```

**CODIGO EN EL BOTON LIMPIAR (CB\_2) DE LA VENTANA REGISTRAR COTIZACION**

```
sle_1.text=""
em_1.text=""
sle_2.text=""
sle_3.text=""
sle_1.setFocus()
```

### **CODIGO EN EL BOTON MODIFICAR (CB\_3) DE LA VENTANA REGISTRAR COTIZACION**

```
open(w_modificar_cotizacion)
```

### **CODIGO EN EL BOTON REGISTRAR (CB\_1) DE LA VENTANA REGISTRAR OPERARIO**

```
String nom,ape,dire,condicion
double sueldo,sueldoh
int horast,boni,diast
```

```
nom=sle_1.text
ape=sle_2.text
dire=sle_3.text
horast=Integer(sle_4.text)
if rb_1.checked=true then
    condicion="estable"
else
    condicion="inestable"
end if
sueldo=Double(sle_5.text)
boni=Integer(sle_6.text)
sueldoh=Double(sle_7.text)
diast=Integer(sle_8.text)
```

```
insert into
operarios(nombres,apellidos,direccion,horas_trabajo,condicion_laboral,sueldo_me
nsual,bonificaciones,sueldo_horas_extras,n_dias_trabajados)
values(:nom,:ape,:dire,:horast,:condicion,:sueldo,:boni,:sueldoh,:diast);
commit;

dw_1.retrieve()
```

### **CODIGO EN EL BOTON LIMPIAR (CB\_2) DE LA VENTANA REGISTRAR OPERARIO**

```
sle_1.text=""
sle_2.text=""
sle_3.text=""
sle_4.text=""
sle_5.text=""
rb_1.checked=false
rb_2.checked=false
sle_6.text=""
sle_7.text=""
sle_8.text=""
sle_1.setfocus()
```

### **CODIGO EN EL BOTON MODIFICAR (CB\_3) DE LA VENTANA REGISTRAR OPERARIO**

```
open(w_modificar_operario)
```

### **CODIGO EN EL BOTON REGISTRAR (CB\_1) DE LA VENTANA REGISTRAR PAGO**

```
String nom,ape
date fecha
```



```
double sueldo,sueldot
int faltas,bonificaciones,descuentos
```

```
nom=sle_1.text
ape=sle_2.text
sueldo=Double(sle_3.text)
fecha=Date(em_1.text)
faltas=Integer(sle_4.text)
bonificaciones=Integer(sle_5.text)
descuentos=Integer(sle_6.text)
sueldot=Double(sle_7.text)
```

```
insert into
pago(nombres,apellidos,sueldo,fecha_pago,faltas,bonificaciones,descuentos,sueld
o_total)
        values(:nom,:ape,:sueldo,:fecha,:faltas,:bonificaciones,:descuentos,:sueldot
);
commit;

dw_1.retrieve()
```

### **CODIGO EN EL BOTON LIMPIAR (CB\_2) DE LA VENTANA REGISTRAR PAGO**

```
sle_1.text=""
sle_2.text=""
sle_3.text=""
em_1.text=""
sle_4.text=""
sle_5.text=""
sle_6.text=""
sle_7.text=""
sle_1.setFocus()
```

**CODIGO EN EL BOTON MODIFICAR (CB\_3) DE LA VENTANA REGISTRAR PAGO**

```
open(w_modificar_pago)
```

**CODIGO EN EL BOTON REGISTRAR (CB\_1) DE LA VENTANA REGISTRAR PROVEEDOR**

```
int n,ruc
```

```
String nom,ape,dire,entidad
```

```
n=Integer(sle_1.text)
```

```
nom=sle_2.text
```

```
ape=sle_3.text
```

```
dire=sle_4.text
```

```
entidad=sle_5.text
```

```
ruc=Integer(sle_6.text)
```

```
insert into proveedor(idproveedor,nombres,apellidos,direccion,entidad,ruc)
```

```
values(:n,:nom,:ape,:dire,:entidad,:ruc);
```

```
commit;
```

```
dw_1.retrieve()
```

**CODIGO EN EL BOTON LIMPIAR (CB\_2) DE LA VENTANA REGISTRAR PROVEEDOR**

```
sle_1.text=""
```

```
sle_2.text=""
```

```
sle_3.text=""
```

```
sle_4.text=""
```

```
sle_5.text=""
```

```
sle_6.text=""  
sle_1.setFocus( )
```

### **CODIGO EN EL BOTON MODIFICAR (CB\_3) DE LA VENTANA REGISTRAR PROVEEDOR**

```
open(w_modificar_proveedor)
```

### **CODIGO EN EL BOTON REGISTRAR (CB\_1) DE LA VENTANA REGISTRAR RUTAS**

```
String ruta,tiempo  
int contenedores,n
```

```
ruta=sle_1.text  
contenedores=Integer(sle_2.text)  
tiempo=sle_3.text  
n=Integer(sle_4.text)
```

```
insert into  
ruta(n_vehiculos,ruta,n_contenedores,tiempo_recojo,n_viajes_por_turno)  
values(:vehiculo,:ruta,:contenedores,:tiempo,:n);  
commit;
```

```
dw_1.retrieve()
```

### **CODIGO EN EL BOTON LIMPIAR (CB\_2) DE LA VENTANA REGISTRAR RUTAS**

```
ddlb_1.text=""  
sle_1.text=""  
sle_2.text=""
```

```
sle_3.text=""
sle_4.text=""
sle_1.setFocus()
```

### **CODIGO EN EL BOTON MODIFICAR (CB\_3) DE LA VENTANA REGISTRAR RUTAS**

```
open(w_modificar_rutas)
```

### **CODIGO EN EL BOTON REGISTRAR (CB\_1) DE LA VENTANA REGISTRAR VEHICULO**

```
String marca,tipo,frecuencia
int placa,capacidad,no,turno,tiempo
double costo,consumo
```

```
placa=Integer(sle_1.text)
marca=sle_2.text
capacidad=Integer(sle_3.text)
no=Integer(sle_4.text)
if rb_1.checked=true then
    tipo="Gasolina"
else
    tipo="gas"
end if
consumo=Double(sle_5.text)
turno=Integer(sle_6.text)
frecuencia=sle_7.text
costo=Double(sle_8.text)
tiempo=integer(sle_9.text)
```

```
insert into
vehiculo(placa,marca,capacidad_volumetrica,n_operarios,tipo_combustible,consumo,turno_trabajo,frecuencia_recoleccion,costo_mantenimiento,tiempo_vida)
values(:placa,:marca,:capacidad,:no,:tipo,:consumo,:turno,:frecuencia,:costo,:tiempo);
commit;
```

```
dw_1.retrieve()
```

### **CODIGO EN EL BOTON LIMPIAR (CB\_2) DE LA VENTANA REGISTRAR VEHICULO**

```
sle_1.text=""
sle_2.text=""
sle_3.text=""
sle_4.text=""
rb_1.checked=false
rb_2.checked=false
sle_5.text=""
sle_6.text=""
sle_7.text=""
sle_8.text=""
sle_9.text=""
sle_1.setFocus()
```

### **CODIGO EN EL BOTON MODIFICAR (CB\_3) DE LA VENTANA REGISTRAR VEHICULO**

```
open(w_modificar_vehiculo)
```

En las cuales estas ventanas solo utiliza una codificación para la búsqueda y eliminación de la búsqueda y la opción de actualización de lo modificado en la ventana utilizada.

Las cuales se usan los siguientes códigos para cada ventana de modificación

- **Para la búsqueda**

```
String busca
busca="nombres Like " + sle_1.text + "% "
dw_1.setfilter(busca)
dw_1.filter()
```

- **Para la modificación**

```
dw_1.update()
```

- **Para la eliminación**

```
String pro
int mensa

mensa=messagebox("ADVERTENCIA","Está seguro de eliminar a
",Question!,YesNo!)

if mensa=1 then
    dw_1.DeleteRow(0)
    dw_1.update()
end if
```

**ANEXO N° 04**

**CONJUNTO DE PLANOS DE LA CIUDAD DE HUARAZ**

**PLANO DE LAS RUTAS DE RECOLECCIÓN DE BASURA DE LA  
CIUDAD DE HUARAZ**



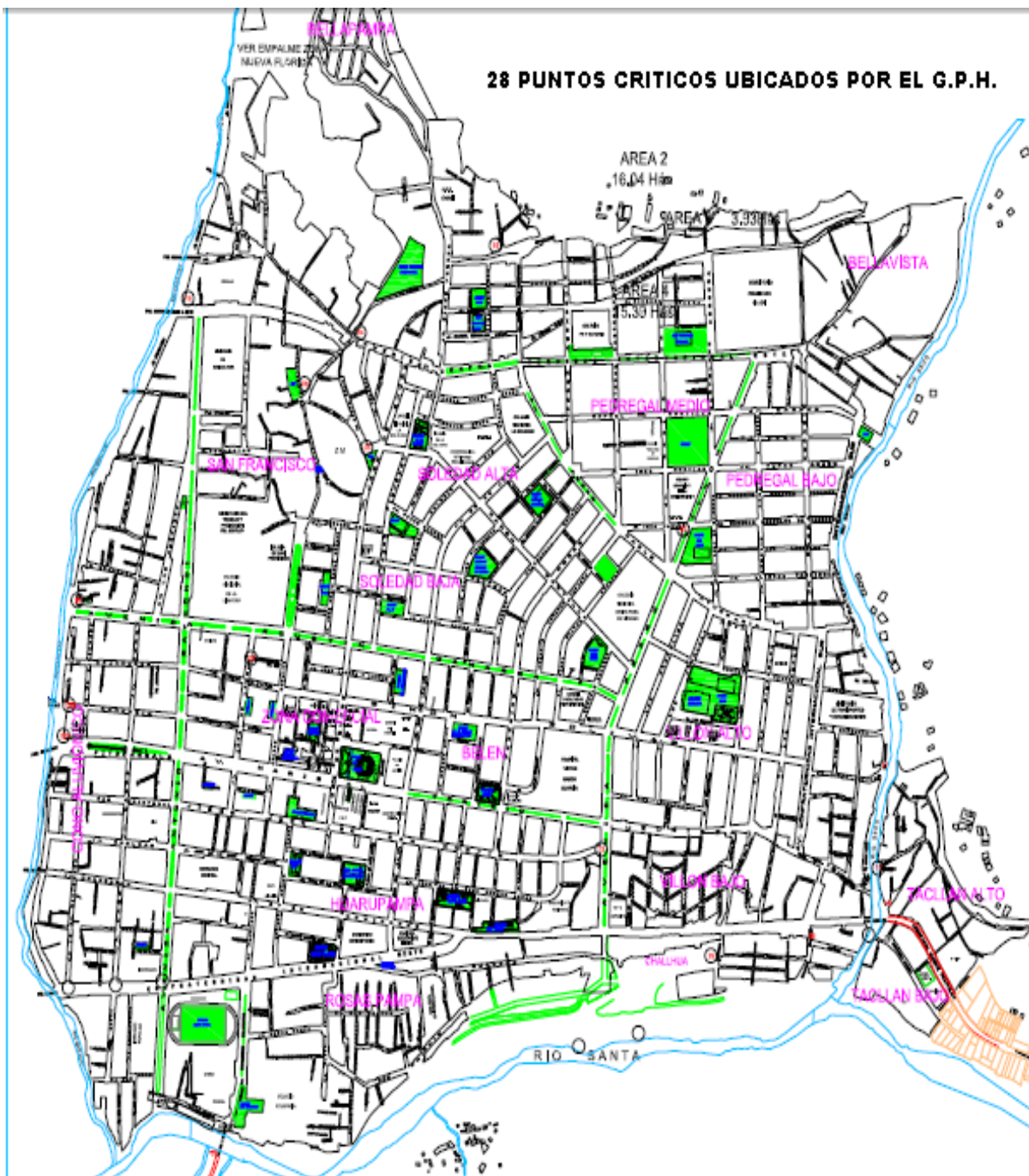
|                                                                              |                                                                                                               |                       |
|------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| <b>GOBIERNO PROVINCIAL DE HUARAZ</b><br><b>DIVISIÓN DE GESTIÓN AMBIENTAL</b> |                                                                                                               |                       |
| DPTO:<br>ANCASH<br><br>PROV:<br>HUARAZ<br><br>DISTR:<br>HUARAZ               | PLANO:<br><br><b>RUTAS DE RECOLECCION<br/>         DE RESIDUOS SOLIDOS</b><br><br><b>RUTAS DE RECOLECCION</b> |                       |
| REFERENCIAL:<br>BO. SAN ROSA SALAS - J. 2002/01                              | SOLICITADO POR LAS PROMOTORAS<br>DE LA FAMILIA DE CERCAS DEL<br>AMBIENTE - UNICAM                             | LAMPA Nº<br><b>01</b> |
| FECHA:<br>OCTUBRE-2007                                                       | REDACTADO POR:<br>MARILYN MORA, INGENIERA                                                                     |                       |

| LEYENDA |                                            |           |
|---------|--------------------------------------------|-----------|
|         | VEHICULO<br>XO-6700                        | L-M-V     |
|         | VEHICULO<br>XO-6700                        | M-J-S     |
|         | XO-6700                                    | JUEVES    |
|         | XO-6702<br>XO-7047<br>XO-6700              | POR TURNO |
|         | VEHICULO<br>XO-7047                        | L-M-V     |
|         | XO-7047                                    | L-M-V     |
|         | XO-7047                                    | M-J-S     |
|         | XO-7047                                    | JUEVES    |
|         | VEHICULO<br>XO-6702                        | L-M-V     |
|         | VEHICULO<br>XO-6702                        | M-J-S     |
|         | PUNTOS CRITICOS DE RECOLECCION DE RESIDUOS |           |
|         | CALLES TRABAJANDO                          |           |

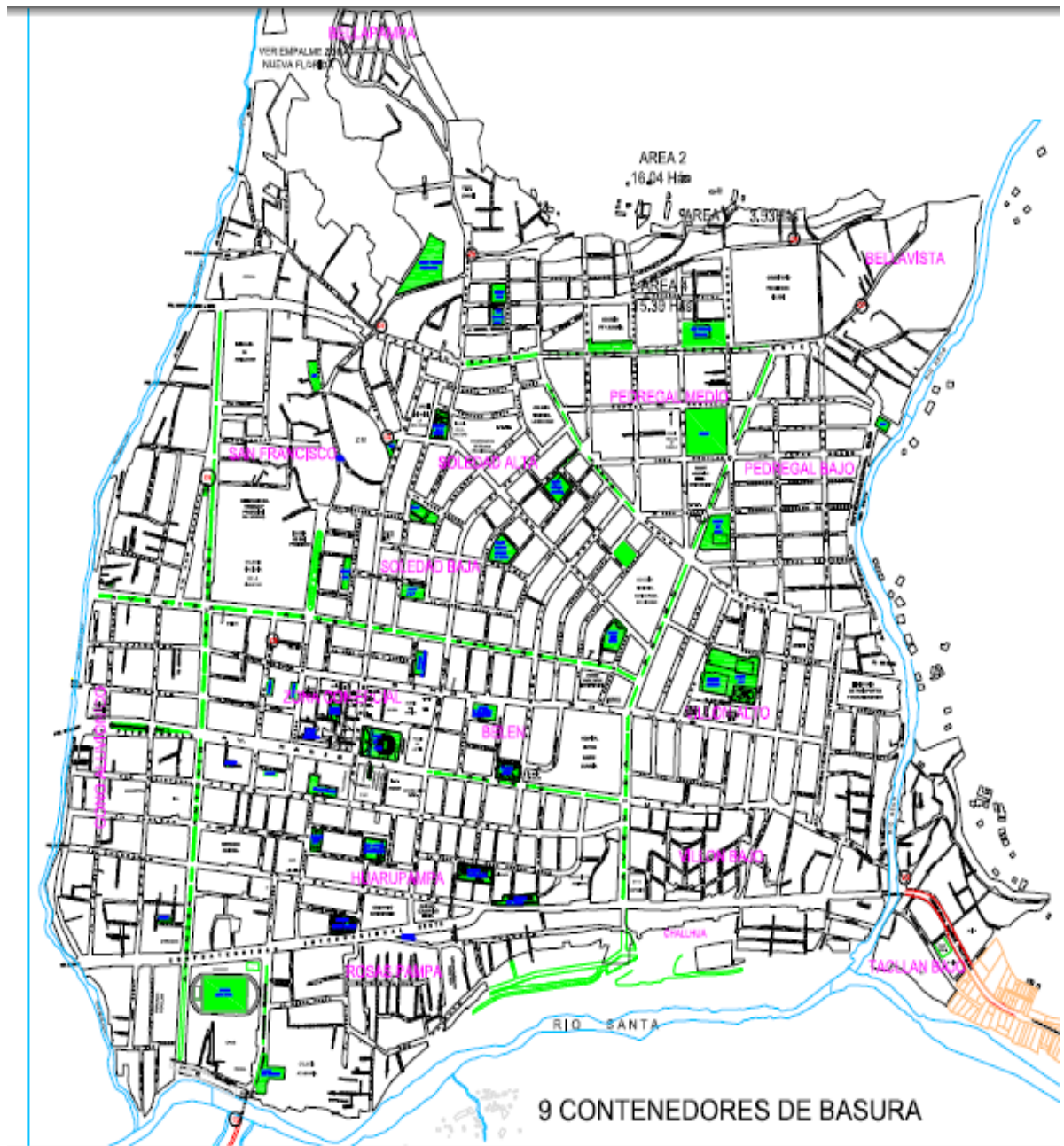


**PLANO DE LA UBICACIÓN DE LOS 28 PUNTOS CRITICOS DE  
ACUMULACIÓN DE BASURA DE LA CIUDAD DE HUARAZ**

28 PUNTOS CRITICOS UBICADOS POR EL G.P.H.



**PLANO DE LOS 9 CONTENEDORES DE RECOLECCIÓN DE BASURA  
DE LA CIUDAD DE HUARAZ**



**PLANO DE LA UBICACIÓN DE LOS CONTENEDORES ÓPTIMOS DE  
RECOLECCIÓN DE BASURA DE LA CIUDAD DE HUARAZ**



