

TRABAJO DE GRADO

**ESTUDIO DE METODOLOGÍAS PARA LA TOMA DE
DECISIONES PARA EL APROVECHAMIENTO
ENERGÉTICO EN ZONAS RURALES NO
INTERCONECTADAS**

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BUCARAMANGA

ESTUDIO DE METODOLOGÍAS PARA LA TOMA DE DECISIONES PARA EL
APROVECHAMIENTO ENERGÉTICO EN ZONAS RURALES NO
INTERCONECTADAS

DANIELA GÓMEZ HERNÁNDEZ

TRABAJO DE GRADO

DIRECTOR

CESAR GIOVANNI ACEVEDO ARENAS

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BUCARAMANGA
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOMECÁNICAS
INGENIERÍA EN ENERGÍA
BUCARAMANGA

2017

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar a Dios por permitirme alcanzar cada cosa que me he propuesto , a la vida por darme tantas oportunidades y momentos de aprendizaje, a mis padres que son los promotores de toda mi vida y los seres a los que les debo lo que soy, por ser tan lindos y buenos conmigo; a mis profesores por compartirme su conocimiento, por brindarme su apoyo, por tolerar mi forma de ser, por convertirse en mis fieles consejeros y finalmente a mis compañeros por ser lo entes alentadores durante todo el ciclo de mi carrera.

RESUMEN

El propósito de este proyecto es el de comparar a través de múltiples criterios diferentes alternativas de solución para la energización de una zona rural o aislada que carezca de dicho servicio; por lo tanto, es necesario realizar una evaluación mediante una metodología o herramienta de apoyo que establezca la opción (alternativa) más acertada de acuerdo con los pesos asignados a los parámetros o criterios de acuerdo con el entorno económico, ambiental, técnico y social.

En este sentido es pertinente resaltar la propuesta de mejora de la metodología PIEC 2016-2020, ya que ésta cuenta con una serie de limitaciones a la hora de fomentar e implementar proyectos o planes de energización a zonas no interconectadas ya sean de índole rural o aislada. En referencia a lo anteriormente mencionado se pretende realizar un estudio integro donde se interrelacione los beneficios otorgados por dichos sistemas de energización para la comunidad, para lo cual se debe confrontar un listado de parámetros o criterios posteriormente indicados.

Se espera que los resultados obtenidos sean de utilidad para la evaluación de futuros proyectos o planes que presenten los entes territoriales y las empresas prestadoras del servicio eléctrico a los entes gubernamentales IPSE-UPME, con el fin de acceder a los fondos que promueven las diferentes alternativas de electrificación con energías renovables.

TABLA DE CONTENIDO

PLANTEAMIENTO Y JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA.....	11
OBJETIVOS	13
OBJETIVO GENERAL.....	13
OBJETIVOS ESPECIFICOS	13
INTRODUCCIÓN	14
1. MARCO TEÓRICO	15
1.1 FUENTES DE ENERGÍAS RENOVABLES EN COLOMBIA.....	15
1.1.1 INTEGRACIÓN DE LAS FNCER AL SISTEMA ENERGÉTICO NACIONAL	23
1.1.2 ESTRATEGÍA DE COLOMBIA AL PROMOVER LA INTEGRACIÓN DE LAS FNCER A SU SISTEMA ENERGÉTICO	24
1.2 PLAN INDICATIVO DE EXPANSIÓN DE LA COBERTURA DE ENERGÍA ELÉCTRICA-PIEC	25
1.2.1 METODOLOGIA PIEC	29
1.2.2 LINEAMIENTOS DE POLÍTICA PÚBLICA ORIENTADOS A LA COBERTURA	36
1.3 METODOLOGÍAS PARA LA TOMA DE DECISIONES.....	41
1.3.1 FUNDAMENTACIÓN DE LAS METODOLOGÍAS PARA LA TOMA DE DECISION	47
1.3.2 ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS METODOLOGÍAS	56
2. PROPUESTA DE METODOLOGÍA	59
3. CASO DE ESTUDIO Y APLICACIÓN DE METODOLOGÍA	63
4. ANÁLISIS COMPARATIVO METODOLOGÍA PIEC VS METODOLOGÍA PROPUESTA.....	91
5. CONCLUSIONES.....	100
6. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	101
7. ANEXOS.....	104
Anexo 1. Manual de usuario para la aplicación de metodología propuesta	104
Anexo 2. Código de la Herramienta GUIDE	112

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1. Potencia de radiación solar por región.....	16
Tabla 2. Densidad de potencia del viento por región	18
Tabla 3. Cuencas hídricas	20
Tabla 4. Potencial energético de la biomasa residual vegetal en Colombia	20
Tabla 5. Resultados últimos tres planes PIEC	35
Tabla 6. Cambios metodológicos de PIEC	35
Tabla 7. Meta intermedia y productos en tema de cobertura y confiabilidad del servicio de EE	37
Tabla 8. Metas del PND para el tema de FNCE y cobertura en ZNI	37
Tabla 9. Variantes MADM vs MODM	44
Tabla 10. Cuadro comparativo de generalidades de algunos tipos de métodos sin preferencias de MADM.....	56
Tabla 11. Cuadro comparativo de generalidades de algunos tipos de métodos con preferencias de MADM.....	57
Tabla 12. Escala fundamental de comparación de pares.....	58
Tabla 13. Ejemplo de matriz de comparaciones pareadas A [nxm].....	59
Tabla 14. Consumo diario de comunidad Masharrerrain.....	66
Tabla 15. Alternativas de solución seleccionadas	73
Tabla 16. Criterios establecidos.....	73
Tabla 17. Subcriterios.....	74
Tabla 18. Definición de los subcriterios usados para el proceso de TD	77
Tabla 19. Recopilación de datos obtenidos	78
Tabla 20. Datos normalizados	79
Tabla 21. Ejemplo de asignación de pesos según la escala de Saaty.....	81
Tabla 22. Comparación binaria entre alternativas según el número de familias a maximizar	81
Tabla 23. Comparación binaria entre alternativas según la aceptación social, a maximizar	81
Tabla 24. Comparación binaria entre alternativas según calificación del personal a maximizar	82
Tabla 25. Comparación binaria entre alternativas según la calidad de vida, a maximizar .	82
Tabla 26. Comparación binaria entre alternativas según el riesgo de conflictos, a minimizar	82
Tabla 27. Comparación binaria entre alternativas según la inversión inicial, a minimizar .	82
Tabla 28. Comparación binaria entre alternativas según el LCOE, a minimizar.....	83
Tabla 29. Comparación binaria entre alternativas según el costo del terreno, a minimizar	83
Tabla 30. Comparación binaria entre alternativas según el impacto ambiental, a minimizar	83
Tabla 31. Comparación binaria entre alternativas según emisiones de CO ₂ , a minimizar .	83

Tabla 32. Comparación binaria entre alternativas según la eficiencia global, a maximizar	84
Tabla 33. Comparación binaria entre alternativas según la dispersión del recurso, a minimizar	84
Tabla 34. Comparación binaria entre alternativas según el consumo de energía por familia, a maximizar	84
Tabla 35. Matriz de comparaciones de criterio i (fila) con respecto al j (columna).....	85
Tabla 36. Matriz normalizada de las comparaciones de los criterios	86
Tabla 37. Matriz nueva de las comparaciones de los criterios	86
Tabla 38. Matriz de subcriterios con la asignación de pesos.....	89
Tabla 39. Resultado de ranking de alternativas	90
Tabla 40. Comparación de las metodologías PIEC vs propuesta	91
Tabla 41. Regionalización utilizada en el estudio de costos de generación.....	93
Tabla 42. Consumo energético de la comunidad de Masharrerrain	97
Tabla 43. LCOE para las alternativas asignadas por el PIEC	99

LISTADO DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Atlas de radiación solar en Colombia.....	17
Ilustración 2. Mapa de densidad de energía eólica.....	19
Ilustración 3. Mapa de potencial hidroenergético unitario promedio multianual.....	21
Ilustración 4. Mapa de potencial de recursos de biomasa.....	22
Ilustración 5. Resultados PIEC 2013-2017, escenario de universalización de EE.....	25
Ilustración 6. Esquema de estrategias e instrumentos para la expansión de cobertura	28
Ilustración 7. Esquema General Metodología PIEC 2016-2020.....	30
Ilustración 8. Diagrama de clasificación de los tipos de fondos de inversión existentes....	31
Ilustración 9. Diagrama del proceso proyector FAER.....	32
Ilustración 10. Diagrama del proceso de proyectos FAZNI.....	33
Ilustración 11. Normatividad para crear el PRONE.....	34
Ilustración 12. Diagrama del Proceso Proyectos PRONE.....	34
Ilustración 13. Esquema de lineamientos de política, Decreto MME 1623 de 2015.....	39
Ilustración 14. Diagrama de taxonomía de la práctica del análisis de la decisión.....	43
Ilustración 15. Beneficios al realizar el proceso de análisis de decisión.....	45
Ilustración 16. Elementos claves para la toma de decisión correcta.....	46
Ilustración 17. Clasificación de los MCDM, Tipos y preferencias.....	48
Ilustración 18. Ordenación de métodos MADM de acuerdo con la información necesaria	49
Ilustración 19. Metodología propuesta.....	62
Ilustración 20. Ubicación de zona a energizar.....	63
Ilustración 21. Recurso de energía eólica en Masharrerraín.....	64
Ilustración 22. Recurso de energía solar en Masharrerraín.....	64
Ilustración 23. Curva de consumo diario para la comunidad de Masharrerrain.....	66
Ilustración 24. Ubicación de Masharrerraín.....	67
Ilustración 25. Carga eléctrica de la comunidad Masharrerrain.....	68
Ilustración 26. Generador Diesel.....	68
Ilustración 27. Sistema de almacenamiento y conversión de energía.....	69
Ilustración 28. Sistema de conversión de energía.....	69
Ilustración 29. Sistema eólico-aerogenerador.....	70
Ilustración 30. Sistema solar fotovoltaico.....	70
Ilustración 31. Recurso Solar en Masharrerrain.....	71
Ilustración 32. Recurso Eólico en Masharrerrain.....	71
Ilustración 33. Proceso de simulación.....	72
Ilustración 34. Resultados de simulación.....	72
Ilustración 35. Modelo para la toma de decisiones aplicada al caso de estudio.....	75
Ilustración 36. Forma de valoración.....	80
Ilustración 37. Regionalización de las ZNI.....	92
Ilustración 38. Esquema de análisis del costo de generación.....	96

LISTADO DE ABREVIATURAS

AHP: Proceso analítico jerárquico

ANP: Proceso analítico en red

AOM: Administración, Operación y Mantenimiento.

ASE: Área de servicio exclusiva

ASIC: Administrados del sistema de intercambios comerciales

BPIN: Banco de Programas y Proyectos de Inversión Nacional

CAE: Costo anuan equivalente

CREG: Comisión reguladora de energía y gas

CU: Costo unitario

DANE: Departamento Administrativo Nacional de Estadística

DNP: Departamento nacional de planeación

DM: Toma de decisiones “Decision Making”

ET: Entidades territoriales

ER: Energías renovables

FAER: Fondo de apoyo financiero para la energización de las zonas rurales no interconectadas

FAZNI: Fondo de apoyo financiero para la energización de las zonas no interconectadas

FENOGE: Fondo de energías no convencionales y gestión eficiente de la energía

FER: Fuentes de energía renovable

FNCER: Fuentes no convencionales de energías renovables

FOES: Fondo de Energía Social

ICEE: Índice de cobertura de energía eléctrica

IO: Investigación de operación

IPSE: Instituto de planificación y promoción de soluciones energéticas para las zonas no interconectadas.

MADM: Toma de decisión multiatributo

MCDM: Toma de decisión multicriterio

MODM: Toma de decisión multiobjetivo

MME: Ministerio de minas y energía.

OR: Operador de Red

PERS: Planes de energización rural sostenible

PIEC: Plan indicativo de expansión de cobertura

PND: Plan nacional de desarrollo

PRONE: Programa de normalización de redes eléctricas

P.U: Por unidad

RSOU: Residuos sólidos orgánicos urbanos

SEC: Sistema energético colombiano

SGR: Sistema general de regalías

SIN: Sistema Interconectado Nacional

STN: Sistema de Transmisión Nacional

STR: Sistema de Transmisión Regional

SDL: Sistema de Distribución Local

SSPD: Superintendencia de servicios públicos domiciliarios

UPME: Unidad de planeación minero-energética

VSS: Viviendas sin servicio

XM: Expertos en mercados

ZNI: Zonas no interconectadas

LISTADO DE TERMINOS

ALTERNATIVAS: Representan posibles soluciones al problema de decisión.

ATRIBUTOS: Son valores de las alternativas que pueden medirse de forma independiente y formularse en base a las variables de decisión consideradas, también se conoce como pesos.

CABECERA MUNICIPAL: Corresponde al área más densamente poblada del municipio y lugar donde funciona la sede de la Alcaldía Municipal. Su área geográfica está definida por un perímetro urbano, cuyos límites se establecen por “acuerdos” del Concejo Municipal.

CARGA: La potencia eléctrica requerida para el funcionamiento de uno o varios equipos eléctricos o la potencia que transporta un circuito.

CRITERIOS: Son los atributos, objetivos o metas considerados relevantes para un problema decisonal.

FACTOR DE DIVERSIDAD: Razón de la demanda máxima de un sistema a la carga instalada del mismo.

METAS: Representan acotaciones del concejo de objetivos al vincular un nivel de aspiración, esto es un nivel suficiente de logro, en relación con determinado atributo.

OBJETIVOS: Son direcciones de mejora de los atributos que buscan maximizarlos o minimizarlos y que se entienden como inalcanzables.

POBLACIÓN: “Conjunto de personas que habitan la tierra o cualquier división geográfica de ella”.

RESTO DEL MUNICIPIO: Corresponde al área que está por fuera del perímetro urbano de la cabecera municipal. Puede estar constituido por centros poblados y población dispersa. Para el caso de la presente metodología de cobertura se asimila a rural.

SUBCRITERIOS: Aparecen cuando el problema exige identificar distintos niveles de criterios para ser definido y adecuadamente.

SUSCRIPTOR: Persona natural o jurídica con la cual se ha celebrado un contrato de condiciones uniformes de servicios públicos. Para esta metodología se toma como suscriptor el NIU reportado por cada OR a la SSPD.

UNIDAD DE VIVIENDA: Es un espacio independiente y separado con áreas de uso exclusivo, habitado o destinado a ser habitado por una o más personas.

USUARIO DEL SERVICIO DE ENERGÍA ELÉCTRICA: Persona natural o jurídica que se beneficia con la prestación de un servicio público.

PLANTEAMIENTO Y JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

Actualmente en Latinoamérica existen aproximadamente veinticuatro millones de personas que carecen del servicio de energía eléctrica, así pues, el reto de energizar zonas rurales aisladas se ha convertido en el motivo fundamental para lograr el desarrollo de comunidades y contribuir al mejoramiento de la calidad de vida de los que habitan dichas zonas.

En Colombia, el suministro eléctrico depende del Sistema de Interconexión Nacional (SIN) compuesto de generadores, líneas y redes que cumplen con las condiciones de costos para centros de alta densidad poblacional y varios sistemas locales aislados en las Zonas No Interconectadas (ZNI), los cuales se encuentran próximos a redes de suministro eléctrico.

Por el contrario, aquellas regiones de población dispersa presentan la problemática de acceso a la energía eléctrica, ya que no existen estrategias eficientes para lograr dicho objetivo. La principal dificultad es el costo que involucra extender las redes locales hasta estos sitios remotos, de igual forma es de gran importancia reconocer que estas regiones rurales se afrontan a diversos obstáculos de aspecto técnico, económico, político, social, etc.

La UPME elabora un plan indicativo de expansión de cobertura de la energía eléctrica (PIEC) el cual establece una metodología general soportada en ARCGIS, que inicia con un proceso de cálculo de la cobertura, luego compara y elige la alternativa más económica y finalmente cuantifica la implementación para estimar la cobertura alcanzable con los recursos de los fondos FAZNI o FAER, según correspondan y las posibles inversiones de entes de orden privado.

Con respecto a lo anterior, es evidente que la alternativa de solución energética más económica es la implementación de generadores eléctricos diésel; y es ahí donde se encuentra una gran falencia de la metodología ya que se sobre estima el aspecto económico olvidando aquellos aspectos de igual o mayor importancia para la comunidad, como lo es: el aspecto ambiental, social y técnico.

Si bien es cierto que Colombia presenta un elevado potencial de recursos de fuentes de energía renovable, existe un bajo aprovechamiento del mismo; debido a barreras que impiden el desarrollo de las mismas.

La barrera fundamental es la falta de conocimiento, apoyo e información de tecnologías fuera a las convencionales que se encuentran bien establecidas en el SIN, una inadecuada evaluación en procesos de toma de decisión falta de fijación de diferentes criterios de índole social, ambiental y técnica, los cuales contribuyen al crecimiento y desarrollo de las comunidades rurales.

Por tanto se requiere promover la gestión energética actual para las ZNI, causando fuertes impactos positivos a las comunidades que habitan estas regiones olvidadas; dicha gestión debe estar basada en grandes proyectos de ampliación de cobertura del servicio de energía eléctrica, haciendo énfasis en la generación particular por medio del aprovechamiento del potencial existente en cada una de las regiones y así dejar en el pasado la implementación de tecnologías convencionales apoyadas en combustibles fósiles.

Los proyectos de energización a zonas no interconectadas ya sean rural o aislada deben tener presente factores de carácter social, económico, técnico y ambiental, reconociendo que hay criterios de mayor importancia para el desarrollo de una comunidad, como lo es calidad de vida, generación de empleo, elaboración de nuevas actividades, disminución de emisiones de gases de efecto invernadero, aprovechamiento de recursos renovables; con el fin de darle la misma importancia a otros aspectos que no tengan relación al ámbito económico.

En el país existen fondos de apoyo financiero cuyo principal objetivo es la ampliación de cobertura y la satisfacción de demanda de zonas no interconectadas especialmente zonas rurales y de difícil acceso; como lo son el Fondo de apoyo financiero para la energización zonas rurales interconectadas -FAER, Fondo de apoyo financiero para la energización de zonas no interconectadas-FAZNI, Fondo de energía social-FOES, Programa de Normalización de Redes Eléctricas – PRONE y Fondo de Energías No Convencionales y Gestión Eficiente de la Energía FENOGE. Lo anterior permite la participación de entidades territoriales y de gestores de planes, programas o proyectos de innovación e inversión en la implementación de sistemas que permitan el acceso al servicio eléctrico.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Estudiar diferentes metodologías para la toma de decisiones referentes a la expansión de cobertura de energía eléctrica en zonas rurales y zonas no interconectadas a fin de establecer bondades y desventajas en su implementación.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Revisar el estado del arte relacionado con las metodologías usadas para la evaluación del potencial energético y criterios para la toma de decisión.
- Definir los criterios a utilizar en el proceso de toma de decisión, donde se tiene que elegir el tipo de alternativa para aportar electrificación.
- Realizar análisis y validación de resultados obtenidos, a fin de establecer beneficios de su utilización.
- Proponer una metodología en particular para la evaluación del potencial energético, la cual puede incluir varias metodologías.
- Evaluar dicha metodología con un caso base.

INTRODUCCIÓN

A la hora de fomentar un desarrollo rural sostenible o la cobertura energética en zonas no interconectadas o la planeación energética regional, es necesario establecer la oferta energética disponible en la zona con el fin de destinar convenientemente los recursos financieros provenientes de fondos de apoyo como el FAER o el FAZNI.

Es evidente que la gran cantidad de recursos que posee Colombia en el ámbito de las energías renovables va a jugar un papel creciente e importante en un futuro cercano en términos de la diversificación de la canasta energética, por tal motivo es de carácter prioritario establecer los potenciales energéticos disponibles en las diferentes regiones del país.

Si bien es cierto que entidades como el IPSE y la UPME proponen indicadores para evaluar la viabilidad de proyectos renovables con fines de apoyo de los fondos, estos indicadores poseen algunas falencias de carácter técnico y metodológico, que impiden una decisión acertada en el largo plazo y durante todo el ciclo de vida de los proyectos.

Teniendo en cuenta las metodologías de investigación estudiadas frente a la evaluación de potencial energético, este proyecto pretende determinar el método más adecuado para aprovechar los diferentes recursos que puede ofrecer una zona determinada ya sea rural o no interconectada.

Para efectuar la elección y aplicación de la metodología a usar se estudiarán las ventajas, funciones y aspectos de diferentes tipos de metodologías investigadas, con el fin de utilizar la más adecuada y conveniente para la evaluación del potencial energético partiendo de los recursos que se tengan en la zona de estudio particular, elegida durante el avance en la investigación; y así llegar a determinar el mix energético renovable utilizable en la zona que se pretende energizar.

1. MARCO TEÓRICO

1.1 FUENTES DE ENERGÍAS RENOVABLES EN COLOMBIA

La energía eléctrica tiene gran influencia en el desarrollo de la sociedad, estamos acostumbrados hacer uso de la energía eléctrica en la mayoría de actividades que realizamos a diario, haciendo que esta se convierta en algo esencial debido a sus diversas aplicaciones en los hogares, en los centros de salud, educativos, en las industrias, en los sistemas de transporte, en fin, la energía mejora las condiciones de vida y por tal motivo dependemos y necesitamos de ella.

En Colombia la mayor parte de la generación de energía eléctrica en el Sistema Interconectado Nacional se deriva de la hidroelectricidad con 80% y el restante 20%, hace referencia a centrales térmicas, pequeñas centrales hidroeléctricas (PCHs), cogeneración en la agroindustria y un parque eólico. [1]

Lo anterior induce a mencionar los resultados del plan de expansión de cobertura 2013-2017, periodo en el cual se alcanzó una cobertura del 97,45%, lo cual indica que aproximadamente el 2,6% de la población nacional se convierten en marginados energéticos ya que son habitantes que se encuentran en zonas aisladas del sistema de interconexión nacional, además presentan difícil acceso y poca densidad poblacional, lo anterior junto con la carencia de conocimiento, las múltiples fallas en las estrategias políticas, la inversión inadecuada y otras problemáticas, hacen que el reto de llevar el servicio de energía eléctrica a todos los habitantes del país sea un proceso complejo.

Lo anterior quiere decir que las zonas rurales aisladas son las más afectadas, ya que por razones económicas y de acuerdo con las características representativas de dicha zona es muy difícil la conexión a las redes de distribución, por tal motivo se encuentran excluidas del proceso de electrificación mediante la extensión de la red eléctrico.

Actualmente el avance tecnológico es fundamental para lograr la energización de zonas rurales aisladas mediante alternativas con utilización de fuentes de energías renovables, en este sentido es importante precisar que Colombia es país privilegiado por su ubicación geográfica y con elevado potencial de recursos de fuentes de energías renovables.

Las FNCE debido al creciente consumo poblacional de energía, al incremento de la temperatura global que se ve reflejado en el cambio climático han obtenido gran importancia a nivel mundial, y en Colombia tendrán gran repercusión para las Zonas No Interconectadas, si se ejecutan de forma correcta los recursos económicos provenientes de los fondos ya anteriormente mencionados, estableciendo una metodología certera e incluyente, con nuevas alternativas y criterios de todo tipo de ámbito que influya directamente a la comunidad; para esto es necesario generar más incentivos que fortalezcan los estímulos de innovación e inversión por parte de las entidades gubernamentales o privadas en proyectos de energización a partir del aprovechamiento de recursos renovables; como lo es la Ley 1715 promulgada en el año 2014 con la cual se tiene como objetivo el desarrollo y uso de fuentes de energía no convencionales dentro del SEC.

Siguiendo con la temática, la unidad de planeación minero-energética ha estimado potenciales energéticos a nivel sectorial, por medio de estudios, seguimientos, monitoreos y caracterizaciones. Colombia tiene un potencial energético solar a lo largo de todo el territorio nacional, con un promedio diario multianual cercano a 4,5 kW/m. En las regiones costeras atlántica y pacífica, específicamente en la región noreste de la costa atlántica en la Guajira, de acuerdo con los resultados de la evaluación del recurso solar del país muestran un potencial solar promedio diario entre 5,0 y 6,0 kW/m, el mayor del país. Las regiones de la Orinoquia y Amazonia, que comprenden las planicies de los Llanos Orientales y zonas de las selvas colombianas, presentan una variación ascendente de la radiación solar en sentido suroeste-noreste, verificándose valores similares a los de La Guajira. [2]

REGIÓN	RADIACIÓN SOLAR
	[kWh/m ² /año]
<i>Guajira</i>	1.980-2.340
<i>Costa Atlántica</i>	1.260-2.340
<i>Orinoquía</i>	1.440-2.160
<i>Amazonía</i>	1.440-1.800
<i>Andina</i>	1.080-1.620
<i>Costa Pacífica</i>	1.080-1.440

Tabla 1. Potencia de radiación solar por región
FUENTE: 2005. UPME - IDEAM. Atlas de Radiación Solar de Colombia.

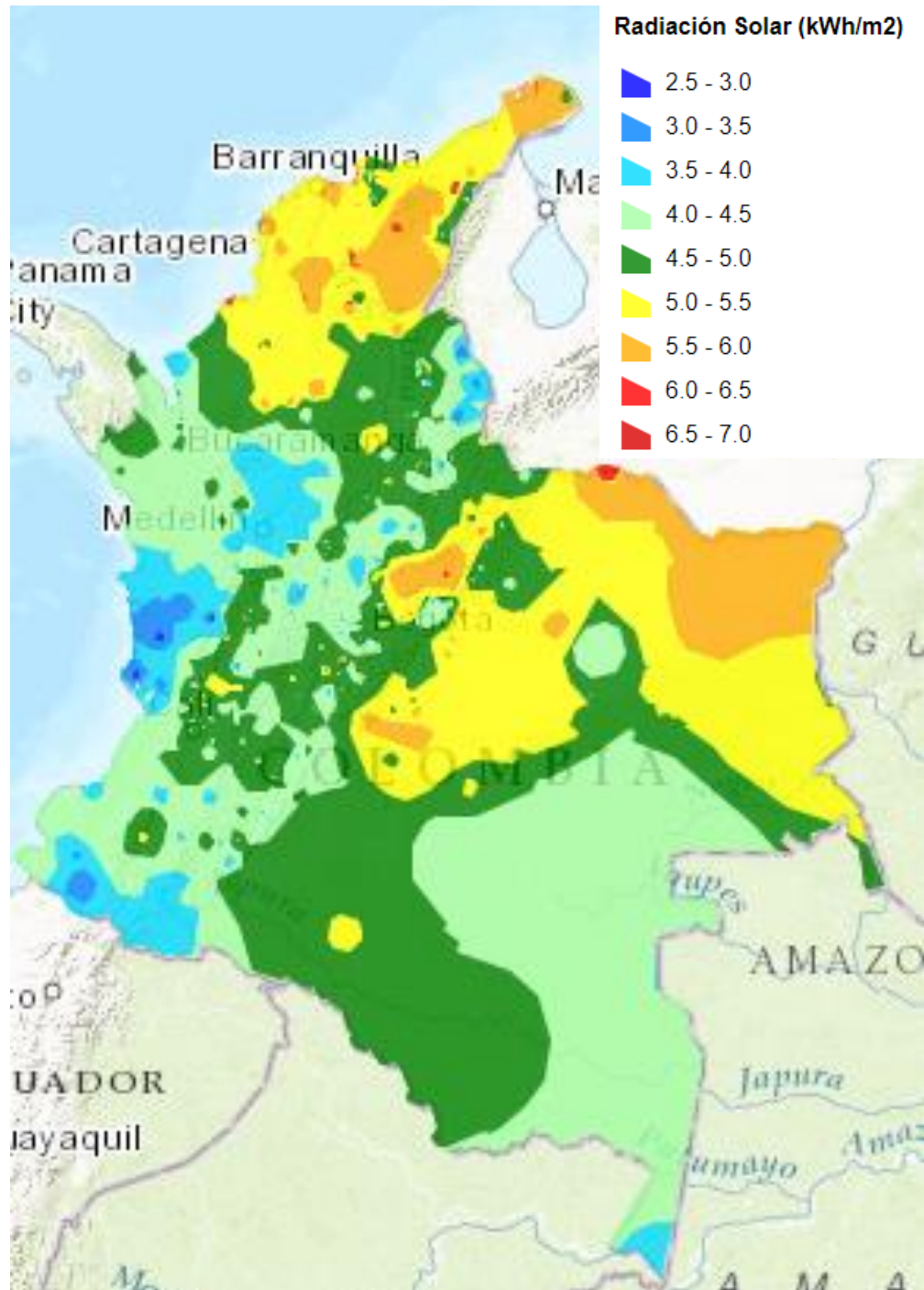


Ilustración 1. Atlas de radiación solar en Colombia

FUENTE: UPME-IDEAM

En cuanto al potencial eólico del país, las mayores disponibilidades de recurso eólico se encuentran en la costa Atlántica, donde los vientos aumentan en dirección a la península de La Guajira. Otras regiones con potencial del recurso se encuentran en el Bajo Magdalena y la cuenca del Cesar entre los departamentos de Bolívar, Atlántico y Norte de Santander, centro y sur del Cesar, en sectores del golfo de Urabá, Medio Magdalena y sur del Catatumbo a la altura de Norte de Santander y en los Llanos Orientales sobre Casanare, límites entre Boyacá y Cundinamarca, y límites entre Meta, Huila y Cundinamarca. La tabla siguiente muestra un resumen de densidad de potencia de viento en las regiones con mejor potencial en el país. [2]

REGIÓN	Densidad de potencia a 20m (W/m²)	Densidad de potencia a 50 m (W/m²)
<i>Guajira</i>	1.000-1.331	2.744-3.375
<i>San Andrés</i>	125-216	216-343
<i>Santanderes</i>	125-216	343-512
<i>Costa Atlántica</i>	216-512	729-1331
<i>Casanare y Llanos Orientales</i>	125-216	216-343
<i>Boyacá</i>	125-216	216-343
<i>Limites entre Tolima y zona cafetera</i>	216-512	512-729
<i>Golfo de Uraba</i>	125-216	343-512

Tabla 2. Densidad de potencia del viento por región

FUENTE: 2006.UPME-IDEAM

La ilustración 2, refleja el potencial eólico tomado a 50 metros sobre el nivel del mar, se puede resaltar la zona alta y media del departamento de la Guajira, enseguida en la ilustración 3, se muestra el potencial hidroenergético unitario promedio multianual. Haciendo un análisis al potencial de pequeñas centrales hidroeléctricas – PCH’s; la agencia ejecutiva de innovación y redes - INEA en 1997, a través de la Guía de Diseño de Pequeñas Centrales Hidroeléctricas, identificó un potencial de 25.000MW, con el 1% instalado mediante 200 PCH’s. A 2008 existían instalados 146 MW de aprovechamientos hidroenergético menores a 10 MW.

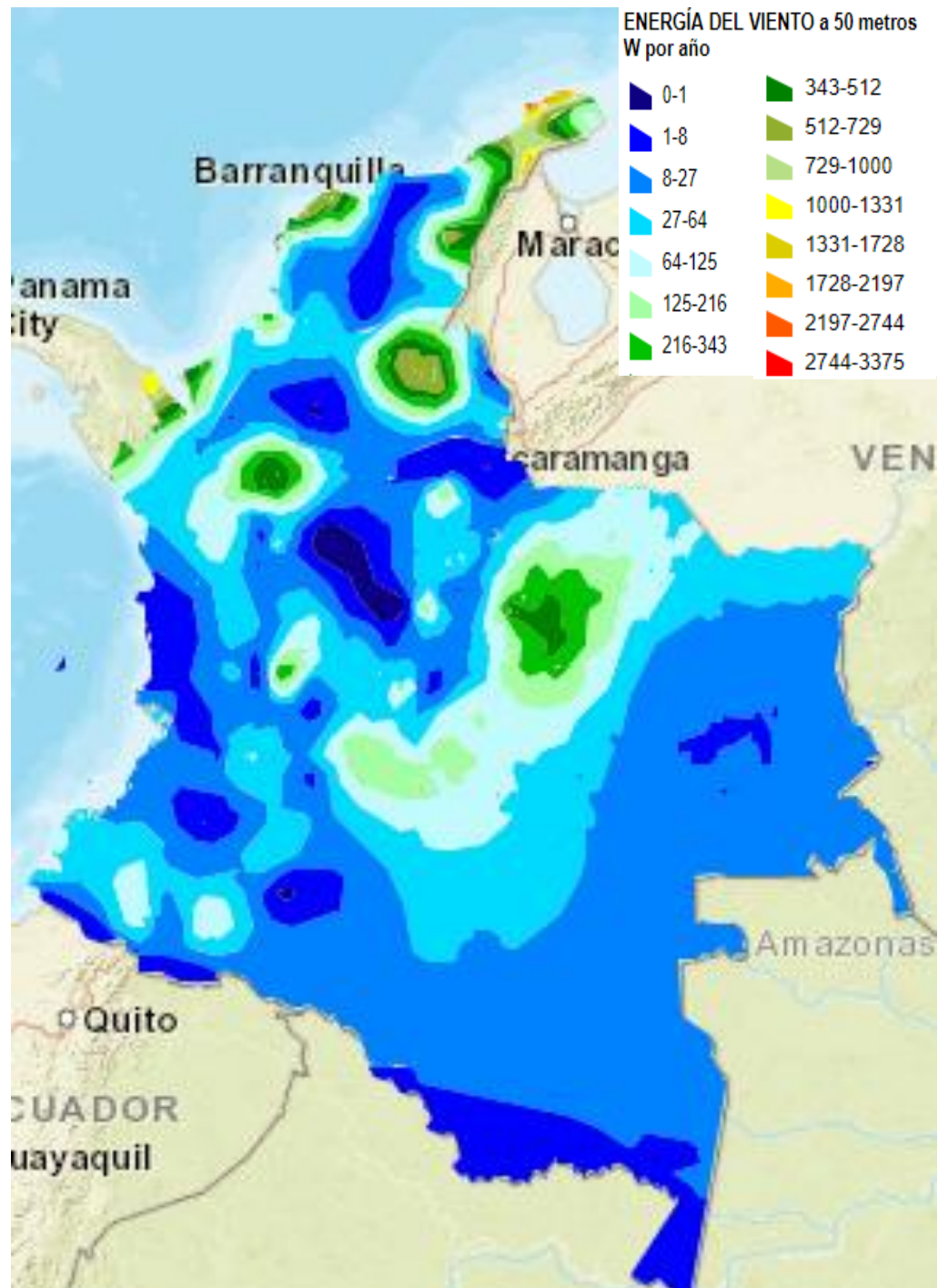


Ilustración 2. Mapa de densidad de energía eólica.

FUENTE: UPME-IDEAM

Adicionalmente Colombia tiene una precipitación media anual de 3.000 milímetros sobre el 25% del área total del territorio continental que equivale a 274.000 km. En la siguiente tabla se muestra las cuencas principales del país y el grado de participación de la oferta hídrica del país. [2]

CUENCA	Área cubierta del territorio nacional	Oferta Hídrica	Población
<i>Ríos Magdalena y Cauca</i>	25%	11%	70%
<i>Ríos Orinoco, Amazonas, Pacífico, Sinu, Atrato, Catatumbo y Sierra Nevada de Santa Marta</i>	75%	89%	30%

Tabla 3. Cuencas hídricas

FUENTE: 2007, UPME

Colombia se caracteriza por tener un gran potencial de biomasa a partir de residuos vegetales (tabla 1) y se tiene un estimado de residuo de poda mayores a 44815 ton/año correspondiente al 27% de los Residuos Sólidos Orgánicos Urbanos (RSOU), el potencial energético de los residuos de poda es mayor (78%) que el resto de RSOU. [3]

RESIDUO	Ton/año	Potencial energético (TJ/año)
<i>Plátano</i>	11.500.000	6.600
<i>Café</i>	5.050.000	49.100
<i>Caña de azúcar</i>	15.534.600	118.578
<i>Palma</i>	1.660.000	16.073
<i>Maíz</i>	1.940.000	20.800
<i>Arroz</i>	6.282.400	27.736
<i>Banano</i>	11.551.000	6.600

Tabla 4. Potencial energético de la biomasa residual vegetal en Colombia

FUENTE: Patiño Martínez PE Biomasa Residual Vegetal: Tecnologías de transformación y estado actual. Innovaciencia facultad cienc. exactas fis. naturales. 2014; 2(1): 45 - 52

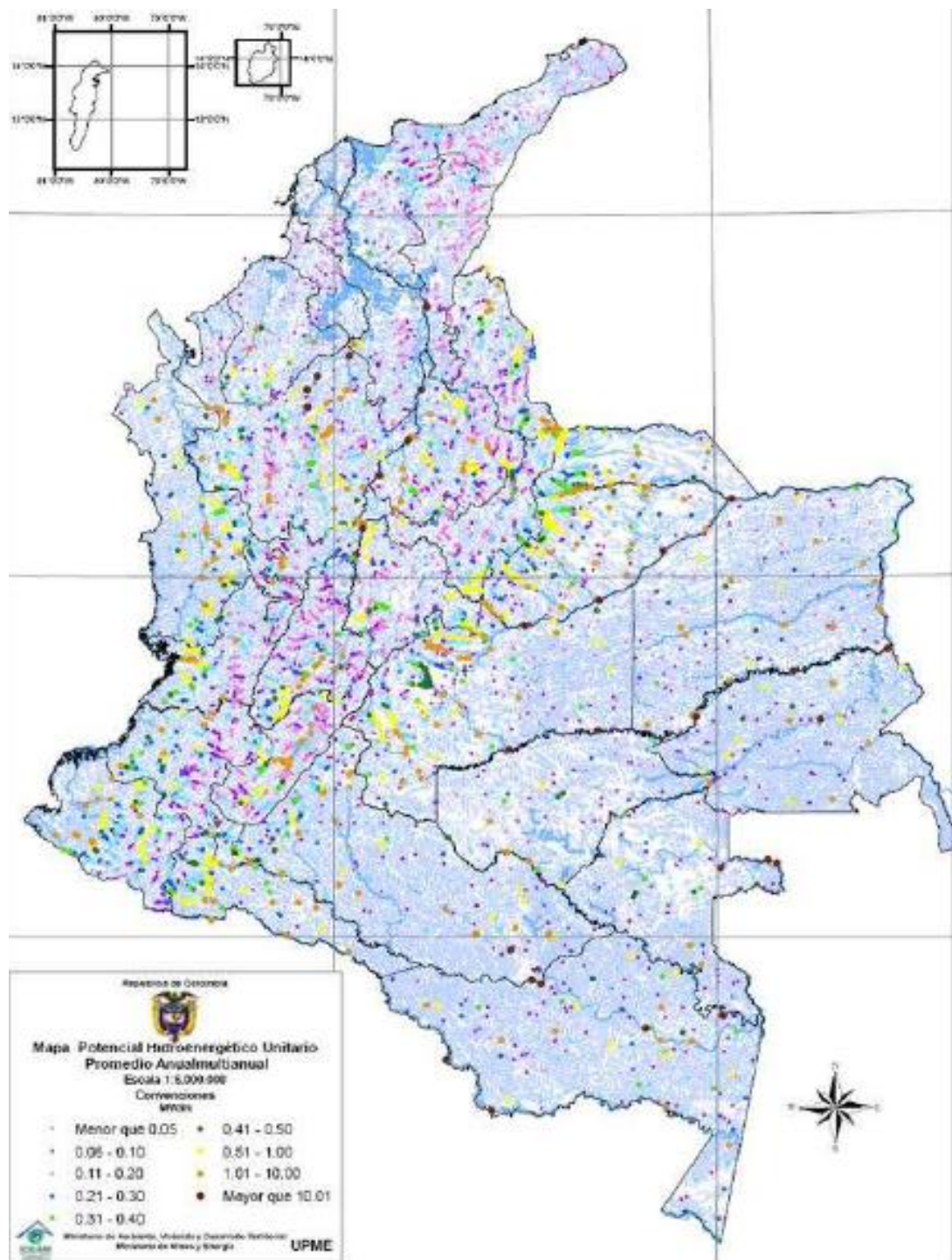


Ilustración 3. Mapa de potencial hidroenergético unitario promedio multianual.

FUENTE: MME



Ilustración 4. Mapa de potencial de recursos de biomasa

FUENTE: 2003-UPME

1.1.1 INTEGRACIÓN DE LAS FNCER AL SISTEMA ENERGÉTICO NACIONAL

Para lograr el propósito de llevar el servicio de energía eléctrica a zonas remotas y contribuir en la mejora de condiciones de vida de los habitantes pertenecientes a estas zonas, es necesario dar prioridad e importancia a las fuentes de energía alternativas y renovables, ya que de este modo se podrán evaluar sistemas independientes para energizar aprovechando los potenciales de recursos energéticos.

En cuanto al panorama mundial el 81% del total de la energía consumida proviene de fuentes fósiles conocidas como fuentes convencionales y tan solo un 19% de fuentes renovables o alternativas

Colombia es un país que goza de una matriz energética relativamente diversa en términos de la disponibilidad tanto de combustibles fósiles como de recursos renovables, pero dado que su consumo está basado en un 78% de recursos primarios de origen fósil, debe tenerse en cuenta que dicha demanda está prevista para ser cubierta por la oferta doméstica tan solo por el orden de 7 años más para el caso del petróleo y 15 años más para el caso del gas natural.

En el caso del gas natural, debe tenerse en cuenta que se pronostica la necesidad de iniciar importaciones a partir del año 2017 o 2018, momento en el que la demanda superará la oferta interna.

Colombia cuenta con cinco nichos de oportunidad en materia de FNCER establecidos por la UPME, y definidos con base en diferentes criterios como el potencial del recurso, la disminución de costos lograda gracias a los desarrollos tecnológicos de los últimos años, el interés por parte de actores locales en desarrollar proyectos, y la oportunidad para llevar soluciones sostenibles a zonas que son de especial interés para el Gobierno Nacional para extender la cobertura de la prestación del servicio de energía eléctrica; los cuales han sido identificados como áreas de potencial que el país puede desarrollar si así se lo proponen:

- i. El desarrollo de proyectos eólicos en zonas de alto potencial, empezando por el departamento de La Guajira.
- ii. El desarrollo masivo de sistemas distribuidos de autogeneración solar FV a pequeña y mediana escala.

- iii. El desarrollo de proyectos de cogeneración a partir del aprovechamiento de la biomasa con fines energéticos.
- iv. El desarrollo de proyectos geotérmicos en zonas de alto potencial como el área del macizo volcánico del Ruiz.
- v. El despliegue de proyectos con FNCER, especialmente a través de esquemas híbridos de generación, como solución energética en ZNI. [4]

1.1.2 ESTRATEGÍA DE COLOMBIA AL PROMOVER LA INTEGRACIÓN DE LAS FNCER A SU SISTEMA ENERGÉTICO

La estrategia propuesta para procurar la integración de las FNCER al Sistema energético nacional colombiano, se fundamenta en el marco legal establecido por las Leyes 142 y 143 de 1994 (Ley de servicios públicos domiciliarios y ley de energía eléctrica), la Ley 1665 de 2013 (aprobación del estatuto de la Agencia Internacional de Energía Renovable –IRENA–) y la Ley 1715 de 2014 (Promueve el desarrollo y uso de fuentes no convencionales de energía).

Las anteriores leyes estimulan e incentivan a las entidades de cualquier índole a promover la implementación de sistemas con aprovechamiento de recursos renovables en ZNI, obteniendo como beneficios incentivos tributarios como lo es la reducción de renta, exención de pagos de los derechos arancelarios de importación, también gozará del régimen de depreciación acelerada en obras civiles, inversión; y hasta lograr la exención de pago IVA.

La estrategia pretende entonces influir de manera positiva en las acciones y decisiones que en adelante serán ejecutadas por el gobierno, agentes, empresas y personas del común para apoyar, promover y gestionar proyectos con FNCER, a través de dos ramas principales que cobijan:

- La integración de proyectos de generación y cogeneración para la entrega de energía eléctrica proveniente de los nichos de oportunidad identificados, conectados al SIN
- La utilización de estas fuentes en soluciones energéticas a ser desarrolladas y optimizadas en las ZNI. [4]

1.2 PLAN INDICATIVO DE EXPANSIÓN DE LA COBERTURA DE ENERGÍA ELÉCTRICA-PIEC

La iniciativa de la UPME al proponer la estrategia que promueve la integración de las fuentes no convencionales de energía renovable al SEC, es un pilar clave en cuanto a la cobertura de energía eléctrica en Colombia ya que esta incita a la evaluación técnica de nuevas alternativas de energización diferentes a las convencionales ya enmarcadas en el SEC.

Dentro de los objetivos del PND 2014-2018: “Todos por un nuevo país” se propone consolidar el desarrollo minero-energético para la equidad regional lo que implica que el Gobierno Nacional continúe con metas como lo es la ampliación de la cobertura y el mejoramiento de la calidad del servicio de energía eléctrica. En el 2016 la cobertura de energía eléctrica en Colombia alcanzó el 99.75% en zonas interconectadas y el 85,72% en zonas no interconectadas, lo cual coloca a Colombia con un índice de cobertura de energía eléctrica total de 96,67%. [5]



Ilustración 5. Resultados PIEC 2013-2017, escenario de universalización de EE

FUENTE: UPME, PIEC 2010-2014

Como se ha venido describiendo la expansión de la cobertura de energía eléctrica viene asociada a una problemática socioeconómica a nivel rural originada por las necesidades básicas altamente insatisfechas, la baja capacidad de generación de ingreso, uso restringido o ausencia de otros servicios públicos, bajos niveles de educación, entre otras. Esta problemática se convierte en el foco de atención del planeamiento energético, que tiene diversas barreras que impiden la universalización del servicio de energía eléctrico en el país.

A continuación, se listan las principales barreras.

- Baja capacidad de pago por parte de los usuarios vs incremento en los costos de expansión del servicio de energía eléctrica.
- Falta de información energética y socioeconómica de las áreas rurales.
- Costos crecientes para la ampliación de la cobertura de energía eléctrica en las áreas rurales.
- Desconocimiento y escaso aprovechamiento de los potenciales de recursos energéticos de las áreas rurales, especialmente, de las Fuentes No Convencionales de Energía Renovable (FNCER).
- Deficiencia significativa en la formulación y estructuración de proyectos que dificultan el acceso a los fondos de apoyo financiero.
- Deficiencia en la identificación de esquemas empresariales incluyentes y adaptables a las condiciones de las áreas rurales.
- Incierta sostenibilidad de los proyectos energéticos.
- Alto crecimiento del fenómeno migratorio del área rural al área urbana
- Baja coordinación interinstitucional e interorganizacional, que no permite lograr un impacto regional.
- Centralización de las políticas y acciones del Estado.
- Aislamiento geográfico que dificulta los procesos de gobernabilidad.
- Presunción que toda oferta genera su propia demanda.
- Desinterés de los ORs en atención de mercados dispersos debido a la baja demanda y a los altos costos de administración, operación y mantenimiento.
- Falta de planeación energética con visión a mediano y largo plazo por parte de las entidades territoriales. [6]

El principal objetivo del PIEC es cuantificar las inversiones que deben realizarse para alcanzar la universalización del servicio de energía eléctrica, para ello, los análisis del modelo se basan en la comparación entre varias alternativas de prestación del servicio de energía eléctrica: interconexión al SIN, generación aislada con plantas térmicas diésel, solución solar fotovoltaica, solución eólica y soluciones híbridas, para buscar la alternativa de mínimo costo unitario – CU- para brindar el servicio de energía eléctrica a las 425.212 viviendas que a 2015 no cuentan con dicho servicio.

En materia de planeación energética y con el objeto de proponer estrategias y líneas de acción para la universalización del servicio de energía eléctrica, actualmente el Gobierno Nacional posee los siguientes planes: [7]

1. El Plan Energético Nacional -PEN:

Incluye esquemas que promuevan la universalización y asequibilidad al servicio de energía eléctrica, para lo cual propone definir en forma clara qué significa pobreza energética a fin de desarrollar el conocimiento sobre la disponibilidad y capacidad de pago de la factura de energía por parte de los hogares colombianos.

Adicionalmente propone analizar un indicador que refleje la Incapacidad económica o adquisitiva (falta de asequibilidad) de utilizar los recursos energéticos para el desarrollo personal, social e industrial, bajo un marco de sostenibilidad de largo plazo.

2. Los Planes de Energización Rural Sostenible -PERS:

La estrategia PERS es una hoja de ruta para la región y cuenta con un enfoque de mediano y largo plazo, en el que la energía es un insumo para el desarrollo productivo y la población objetivo es la zona rural más las cabeceras municipales donde el índice de ruralidad es mayor al 40%.

El PERS pretende el desarrollo energético rural con proyectos sostenibles en lo social, ambiental, tecnológico y económico. Los PERS juegan un papel importante en la planeación de la cobertura, ya que se articula con el modelo PIEC al brindar información socioeconómica, de los sitios que no cuentan con el servicio de energía, de su ubicación geográfica y con la identificación de proyectos integrales que son una oportunidad de solución al desarrollo social y económico de la región.

Los retos que tiene el **PERS:**

- ✓ Con la expedición reciente de la Ley de ER se abre la oportunidad con el párrafo del artículo 34 la “prioridad a los proyectos que estén incorporados dentro de los Planes de Energización Rural Sostenible a nivel departamental y/o regional (su sigla PERS) a fin de incentivar la metodología elaborada para este fin”, por lo que es de gran conveniencia aprovechar esta coyuntura y promover los procesos de formulación de proyectos en el marco de los PERS.

- ✓ Posicionarse como estrategia para la región a través de su incorporación en los Planes de Desarrollo Departamentales.
- ✓ Convertirse en una herramienta nacional y departamental de información regional para diferentes actores interesados en conocer los potenciales de las zonas en cuanto a energéticos y proyectos identificados.

3. Plan Todos Somos PAZcífico -PTSP:

El gobierno creó este plan en el marco del PND 2014-2018 “Todos por un nuevo país (DNP, 2015)”, el cual se destinará a la energización rural sostenible USD 82,3 millones que financiarán diferentes proyectos, entre estos proyectos de ampliación de cobertura y proyectos incluyentes de fuentes de energías renovables.

El objetivo general es cerrar las brechas existentes en la región Pacífico y al interior de sus franjas (Litoral y Andina), a partir de un desarrollo socioeconómico con equidad, de la integración del territorio con sus fronteras y el resto del país, y teniendo como principio la sostenibilidad ambiental. [7]

POLÍTICA PÚBLICA	REGULACIÓN	PLANEACIÓN Y ESQUEMAS		FONDOS
Ley 1753 PND 2014-2018 META: 173.469 viviendas	Res. CREG 024-2016 Metodología para la remuneración Dt en el SIN	PIEC Estimación inversión de la universalización	Plan para el Posconflicto Estrategia de expansión de cobertura en áreas de posconflicto	FAER Fondo de Apoyo Financiero para Energización Rural del SIN
Ley 1715 Ley de Renovables	Res. CREG 004-2014 Fórmula tarifaria ZNI	PERS Estrategia de levantamiento de información rural	Plan Pazífico Estrategia para el desarrollo socioeconómico en la región Pacífico	FAZNI Fondo de Apoyo Financiero para las Zonas no Interconectadas
Decreto 1623 Lineamientos para expansión de cobertura en SIN y ZNI	Res. CREG 027-2014 Áreas de Servicio Exclusivo	PEN Estrategias para desarrollo futuro energético colombiano	Esquemas Empresariales Implementación de esquemas para la prestación del servicio en ZNI	SGR Sistema Genaral de Regalías

Ilustración 6. Esquema de estrategias e instrumentos para la expansión de cobertura

FUENTE: PIEC 2016-2020

En la anterior ilustración se muestra el esquema de estrategias e instrumentos para la expansión de cobertura, donde se establece la relación existente entre los instrumentos pertenecientes a la política pública que hace referencia a las leyes y decretos, las resoluciones generadas por la comisión de regulación de energía y gas CREG; los planes o esquemas y por último los diferentes fondos de apoyo financiero, con los cuales se podrá hacer la inversión que solicitan los proyectos

1.2.1 METODOLOGIA PIEC

Dentro del PIEC, se establece una metodología para la asignación de recursos ya sea provenientes del FAZNI o del FAER [8]. En el cual se resalta el mejoramiento de la metodología para la estimación del ICEE; el mejoramiento en el modelo de optimización de la alternativa de expansión de redes de distribución y la incorporación de otras alternativas de generación con fuentes no convencionales.

En seguida se explica la metodología, Ilustración 7, para lo cual se incluye la numeración en el esquema explicada a continuación. [7]

- 3.1** Estimación del Índice de Cobertura de Energía Eléctrica - ICEE, el cual se establece como la relación entre las viviendas que cuenta con el servicio de energía eléctrica (Usuarios) y las viviendas totales. Fijar el tipo de usuario si es aislado o un usuario con posibilidad de interconexión al SIN.
- 3.2.2.1** En caso de que el usuario tenga la posibilidad de solución de interconexión al SIN, el OR debe optimizar la expansión de la red eléctrica de distribución con el fin de brindar dicho servicio al usuario.
- 3.2.2.2** En caso de que el usuario se encuentre en una zona aislada se procede a evaluar los potenciales energéticos para establecer las alternativas con fuentes convencionales y fuentes renovables para lograr la energización.
- 3.2.3** Determinación de la mejor alternativa para la ampliación de servicio de cobertura de energía eléctrica.
- 3.2.3.1** Estimación de la inversión para lograr la universalización, analizando los costos de las alternativas escogidas teniendo presente las características y particularidades entre otras cosas de cada uno de los sitios.
- 3.2.3.2** Creación de escenarios con recursos de fondos de apoyo económico, teniendo en cuenta que de acuerdo con el PLAN 2013-2017 se concluyó que los recursos de FC no son suficientes y para lograr la universalización es necesario priorizar e incluir las energías renovables.

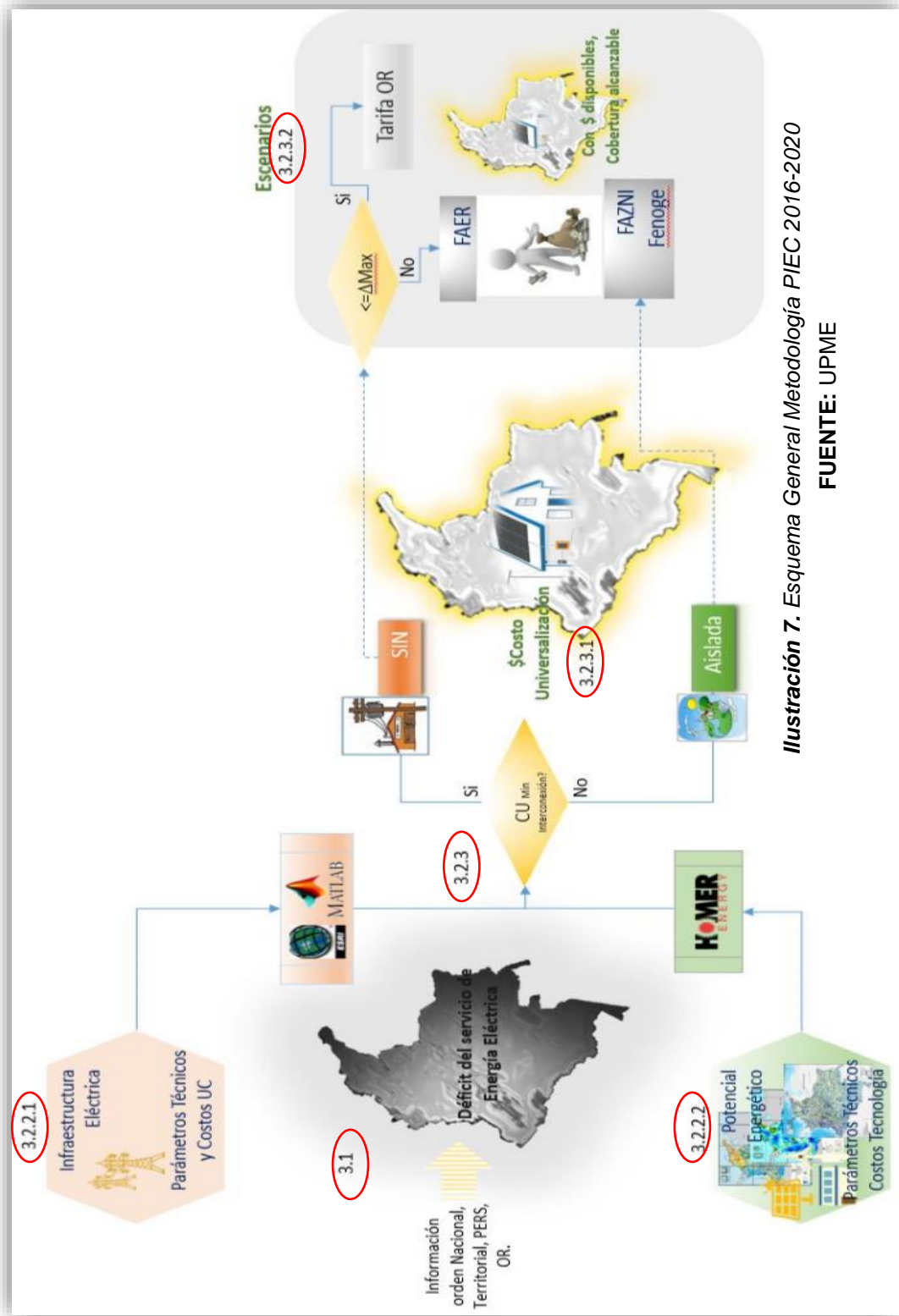


Ilustración 7. Esquema General Metodología PIEC 2016-2020
FUENTE: UPME

Para llevar a cabo la expansión de cobertura de la energía eléctrica es necesario conocer la asignación de los recursos financieros para la ejecución de proyectos de electrificación rural y en Zonas no interconectadas, dentro del Plan Indicativo de Expansión de Cobertura de Energía Eléctrica - PIEC, se establece una metodología para la asignación de recursos ya sea proveniente del FAZNI o del FAER, la cual está encaminada a buscar la alternativa de mínimo costo para brindar el servicio de energía eléctrica a las viviendas que no cuentan con dicho servicio. A continuación, se pueden observar diferentes diagramas de distribución de los fondos financieros existentes según su tipo. [8]

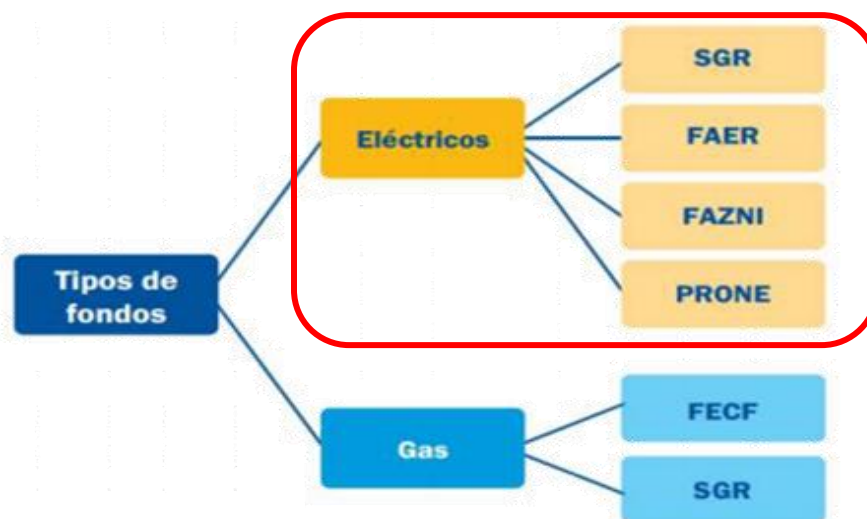


Ilustración 8. Diagrama de clasificación de los tipos de fondos de inversión existentes

FUENTE: Formulación y presentación de proyectos ZNI, IPSE

En la ilustración 8, se denotan los distintos fondos de apoyo financiero o económico del Estado Colombiano para la ampliación de la cobertura de los servicios de Energía Eléctrica y Gas. En este caso el tipo de fondo al que se le dará mayor relevancia, serán los fondos pertenecientes a proyectos que promuevan la energización en zonas rurales aisladas o zonas no interconectadas; como lo es:

➤ **Sistema General de Regalías – SGR:**

Los proyectos susceptibles de ser financiados con los recursos del SGR deben estar en concordancia con el Plan Nacional de Desarrollo y los planes de desarrollo de las entidades territoriales, así como cumplir con el principio de Buen Gobierno y con las siguientes características:

- Formulación de proyectos acordes con las condiciones particulares y necesidades socioculturales, económicas y ambientales.
- Viabilidad de las condiciones y criterios jurídicos, técnicos, financieros, ambientales y sociales requeridos.
- Sostenibilidad durante el funcionamiento del proyecto con ingresos de naturaleza permanentes.
- Contribución efectiva que realice el proyecto al cumplimiento de las metas locales, sectoriales, regionales

➤ **Fondo de Apoyo Financiero para la Energización de las ZR - FAER**

La asignación de recursos la realiza un comité administrativo, conformado por el ministro de Minas y Energía, el Director de Energía del Ministerio de Minas y Energía y el Director General de la Unidad de Planeación Minero-Energética - UPME. La ejecución del proyecto es asignada por el Ministerio de Minas y Energía. Este fondo financia hasta el 100% de la inversión inicial del proyecto, siempre y cuando no requiera de recursos adicionales que garanticen su sostenibilidad (gestión comercial, la reposición de activos, entre otros). Los recursos adicionales los debe entregar la Entidad Territorial al Operador de Red que avala el proyecto, previa firma de un convenio o acuerdo entre las partes. Lo anterior mencionado se ve reflejado en el siguiente diagrama. [8]

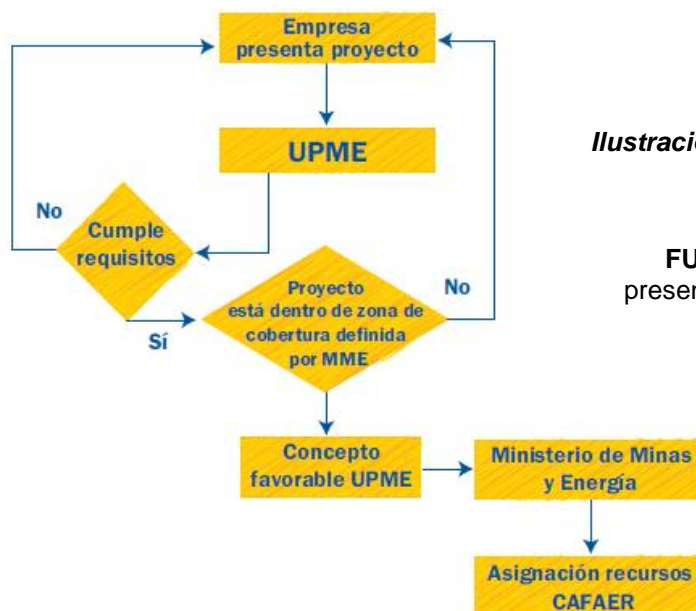


Ilustración 9. Diagrama del proceso proyector FAER

FUENTE: Formulación y presentación de proyectos ZNI, IPSE.

➤ **Fondo de Apoyo Financiero para la Energización de Zonas No Interconectadas - FAZNI**

Tiene como objeto la energización de las poblaciones y capitales departamentales de las Zonas No Interconectadas, por medio de la puesta en marcha de centrales de generación no convencionales y/o interconexión de población al SIN, y/o interconexión entre poblaciones no Interconectables al SIN, y/o rehabilitación o recuperación de infraestructura existente.

Los recursos del fondo provienen del recaudo que realiza el ASIC, la asignación de recursos se realiza por medio de un Comité Administrativo, conformado por el ministro de Minas y Energía o su delegado, el Director de Energía del Ministerio de Minas y Energía, el director del Departamento Nacional de Planeación- DNP y el Ministro de Hacienda y Crédito Público o su delegado. El ejecutor del proyecto es definido por el MME. [8]



Ilustración 10. Diagrama del proceso de proyectos FAZNI

FUENTE: Formulación y presentación de proyectos ZNI, IPSE.

➤ **Programa de Normalización de Redes Eléctricas - PRONE**

Consiste en la financiación por parte del Gobierno Nacional, de proyectos para Barrios Subnormales que implican la instalación o adecuación de las redes de distribución de energía eléctrica, la acometida a la vivienda del usuario, incluyendo el contador o sistema de medición del consumo, el cual podrá ser un sistema de medición prepago. En la ilustración 11 y 12 se muestra la normatividad para la creación del PRONE y el diagrama de procesos de proyectos PRONE, respectivamente.

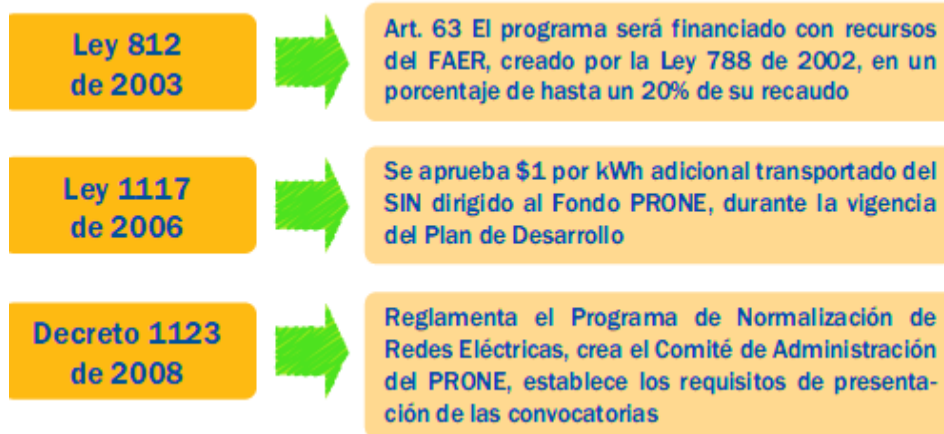


Ilustración 11. Normatividad para crear el PRONE

FUENTE: Formulación y presentación de proyectos ZNI, IPSE.

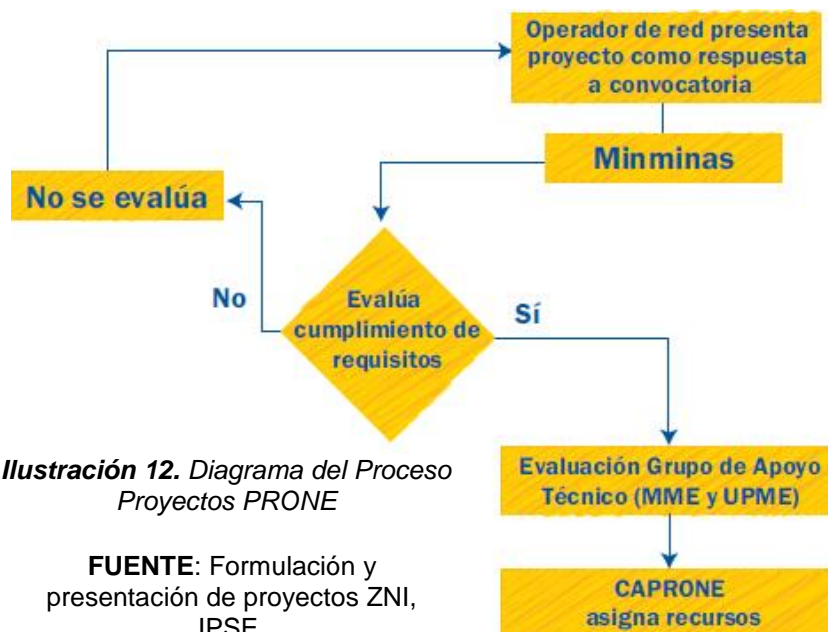


Ilustración 12. Diagrama del Proceso Proyectos PRONE

FUENTE: Formulación y presentación de proyectos ZNI, IPSE.

Las siguientes tablas (Tabla 5, Tabla 6), sintetizan los planes indicativos de expansión de cobertura de energía eléctrica más recientes, dónde se detalla el crecimiento porcentual del Índice de cobertura de energía eléctrica, la demanda mensual, la solución de interconexión, la comparación de alternativas, las metas propuestas y otros aspectos de gran importancia. [8]

	2010-2014	2013-2017	2016-2020
Año base	2009	2012	2015
ICEE total año base	94.9%	96.1%	96.9%
Viviendas sin servicio total	562.074	470.244	425.215
Inversión total para la universalización	3.362.669	4.318.858	5.029.201
Cobertura alcanzable al final del periodo con recursos disponibles en los Fondos para el periodo	95.97%	96.78%	
Cobertura alcanzable al final del periodo con recursos disponibles en los Fondos + Recursos Privados	97.21%	97.45%	

Tabla 5. Resultados últimos tres planes PIEC

FUENTE: Elaboración grupo cobertura UPME-PIEC 2016-2020

Aspecto	PIEC 2010-2014	PIEC 2013-2017	PIEC 2016-2020
ICEE	Estimación a nivel urbano y rural por y en SIN y ZNI por municipio	Estimación a nivel urbano y rural por municipio con fuente Operador de Red, IPSE, proyecciones de población censo DANE 2005, y con un supuesto se distribuyó a nivel de centro poblado de manera uniforme.	Se dispuso herramienta para la captura de información (urbano y rural) a nivel de SITIO UPME. Inclusión de información de las encuestas PERS e inclusión de fotointerpretación para la validación de la ubicación espacial en dos Departamentos.
Demanda mensual		Para interconexión 92 KWh/mes. Para solución aislada con diésel se aplicó la Resolución 182138 de 2007.	92 kWh/mes para todas las soluciones y 24 horas de servicio. En proyecto la inclusión de demanda mensual por pisos térmicos conforme a los resultados de los análisis de las encuestas PERS.
Solución de Interconexión		Se optimizó el proceso espacial de búsqueda de ruta óptima de menor costo desde la subestación a cada Centro Poblado.	Se optimizó el proceso de ruta óptima con criterio multietapa y ponderación por distancia y demanda a atender. Asimismo se incluyó la optimización con un módulo de flujo de carga. En proyecto la utilización de redes existentes georreferenciadas.
Comparación de alternativas	Interconexión vs diésel 24 horas	Interconexión vs diésel según Resolución 182138 de 2007.	Compara varias alternativas con generación renovable excepto hidroeléctrica a pequeña escala, el cual está en proceso de inclusión.
Escenarios		Se plantearon varios escenarios de variación del Dt para analizar el aumento de cobertura vía incremento tarifario.	Por definir con MME.
Metas de cobertura		Se surtió un proceso de concertación de metas de cobertura con Operadores de Red a partir de las cuales presentaron su Plan de Expansión –PECOR- y la UPME consolidó un Plan de Cobertura – PEC.	Depende del régimen regulatorio que se adopte.

Tabla 6. Cambios metodológicos de PIEC

FUENTE: Elaboración grupo cobertura-UPME – PIEC 2016-2020

1.2.2 LINEAMIENTOS DE POLÍTICA PÚBLICA ORIENTADOS A LA COBERTURA

Desde la Ley 142 de 1994 se estableció “Elaborar cada cinco años un plan de expansión de la cobertura del servicio público, en el cual se determinen las inversiones públicas que deben realizarse y las privadas que deben estimularse”, desde entonces han sido varios los esfuerzos por reglamentar la expansión de cobertura. A continuación, se mencionan aspectos relevantes en el tema de cobertura de algunas disposiciones:

✧ *Ley 1753 de 2015 (PND 2014-2018)*

En las bases del Plan Nacional de Desarrollo 2014-2018 “Todos por un nuevo país” (DNP, 2015), se reconoce la importancia de la energía eléctrica para el desarrollo rural, para lograr la continuación de la ampliación de la cobertura y el mejoramiento de la calidad del servicio de energía eléctrica, se propone:

- Adoptar medidas regulatorias que permitan reconocer anticipadamente los planes de inversión de los operadores de red.
- Complementar los incentivos regulatorios para el mejoramiento de la calidad del servicio.
- Incrementar los recursos del FAER y mejorar el mecanismo para su asignación.
- Impulsar las reformas normativas que permitan flexibilizar la medición y facturación del servicio de energía eléctrica en las zonas rurales del SIN, manteniendo la calidad de la medida.
- Implementar esquemas diferenciales de prestación del servicio que permitan reducir costos de facturación y recaudo en zonas alejadas;
- Incrementar los recursos del PRONE, destinado a la normalización de la prestación del servicio.
- Revisar la operatividad del FOES a efectos de asegurar un balance apropiado entre los incentivos para la prestación continua del servicio, la sostenibilidad fiscal y la cultura de pago.

Para cumplir las metas establecidas, además de los recursos públicos que se destinarán a electrificación rural, se implementarán planes de inversión con metas de cobertura por parte de los OR, así como esquemas empresariales con inversiones públicas y privadas, tales como áreas de servicio exclusivo de energía eléctrica para los cuales la CREG expedirá un nuevo marco regulatorio aplicable a las áreas en las que se presta el servicio mediante los mecanismos tradicionales.

La Tabla 7 representa la relación entre la cobertura alcanzada y la confiabilidad del servicio de energía eléctrica y la Tabla 8 representa las metas del PND para la cobertura en ZNI haciendo uso de FNCE, ambas tablas muestran respectivamente de una manera resumida y concreta la meta intermedia y los productos obtenidos a través del Plan Nacional de Desarrollo, reflejando valores pertenecientes a una línea base de 2013 y también a la meta propuesta que corresponde al año 2018.

Meta intermedia	Línea base (2013)	Meta a 2018
Nuevos usuarios con servicio de energía eléctrica con recursos públicos	56.140	173.469

Producto	Línea base (2013)	Meta a 2018
Nuevos usuarios conectados a las zonas no interconectadas (ZNI) pertenecientes a zonas anteriormente sin cobertura mediante recursos públicos	15.219	8.434
Nuevos usuarios conectados al Sistema Interconectado Nacional (SIN) pertenecientes a zonas anteriormente sin cobertura mediante recursos públicos	40.921	51.963
Nuevos usuarios conectados al SIN pertenecientes a zonas anteriormente sin cobertura mediante planes de expansión de los distribuidores	0	113.072

Tabla 7. Meta intermedia y productos en tema de cobertura y confiabilidad del servicio de EE

FUENTE: Ley 1753 de 2015

El Ministerio de Minas y Energía podrá diseñar esquemas multiservicios para la prestación de los servicios de energía eléctrica, gas natural y/o GLP distribuido por redes y/o por cilindros, los cuales podrán estar a cargo de una o varias empresas en una misma zona, siempre con el fin de reducir costos en la prestación de los servicios.

Meta intermedia	Línea base (2013)	Meta a 2018
Capacidad instalada de fuentes no convencionales y energías renovables en el sistema energético nacional (MW)	9.893	11.113

Producto	Línea base (2013)	Meta a 2018
Capacidad instalada de fuentes no convencionales de energía en las ZNI (MW)	2,8	9
Proyectos de generación híbrida implementados con capacidad instalada superior a 1MW	0	4
Planes de energización rural sostenibles (PERS)	1	4

Tabla 8. Metas del PND para el tema de FNCE y cobertura en ZNI

FUENTE: Ley 1753 de 2015

Se implementarán sistemas de generación de energía eléctrica con un criterio de eficiencia económica, dando prioridad a los proyectos contenidos en los planes de energización para estas zonas que consideren el uso productivo del recurso energético en beneficio de la comunidad. Así, se impulsará la implementación de los Planes de Energización Rural Sostenible, PERS. [7]

✧ **Ley 1715 de 2014 (Energías Renovables)**

Esta ley promueve la inclusión de fuentes no convencionales de energía (FNCE) como mecanismo para la diversificación de las tecnologías destinadas a la electrificación de las ZNI y reorientación de la concepción y las estrategias que guían los planes de energización rural; crea el Fondo de Energías No Convencionales y Gestión Eficiente de la Energía, FENOGE, para financiar los programas de generación y gestión eficiente a partir de las fuentes no convencionales de energía.

Adicional, establece importantes estímulos tributarios para incentivar inversiones en este tipo de fuentes. Igualmente señala la “prioridad a los proyectos que estén incorporados dentro de los Planes de Energización Rural Sostenible a nivel departamental y/o regional (su sigla PERS) a fin de incentivar la metodología elaborada para este fin”. Además, crea incentivos generales aplicables indistintamente para SIN y ZNI para el desarrollo de proyectos con FNCE.

✧ **Decreto MME 1623 de 2015**

El Ministerio, en el año 2015, expidió el Decreto 1623 que define los lineamientos de política para la universalización del servicio de energía eléctrica en el país, tanto en el SIN como en la ZNI, así como la utilización de los fondos de financiación del sector FAER y FAZNI. El cual fue modificado por el Decreto 1513 de septiembre de 2016. Con este Decreto hay un cambio sustancial en la política, ya que el objetivo es el de incentivar la expansión de la prestación del servicio a través de los Operadores de Red del SIN, con la obligación de presentar el plan de expansión de cobertura de energía eléctrica, el cual se podrá financiar una parte con los cargos establecidos, otra con el incremento de tarifa a definir por el Ministerio de Minas y Energía y otra parte con recursos de los fondos.

La ampliación la cobertura del servicio energía eléctrica a usuarios a quienes no sea económicamente eficiente conectar al SIN, se realizará mediante soluciones aisladas centralizadas o individuales y micro-redes, las cuales serán construidas y operadas principalmente por OR del SIN, o a través de esquemas empresariales como las Áreas Servicio Exclusivo –ASE u otras. [7]

Dichas inversiones podrán ser realizadas tanto con recursos públicos como con inversiones a riesgo efectuadas por empresas prestadoras del servicio. En este último caso las inversiones serán remuneradas a través de tarifas.

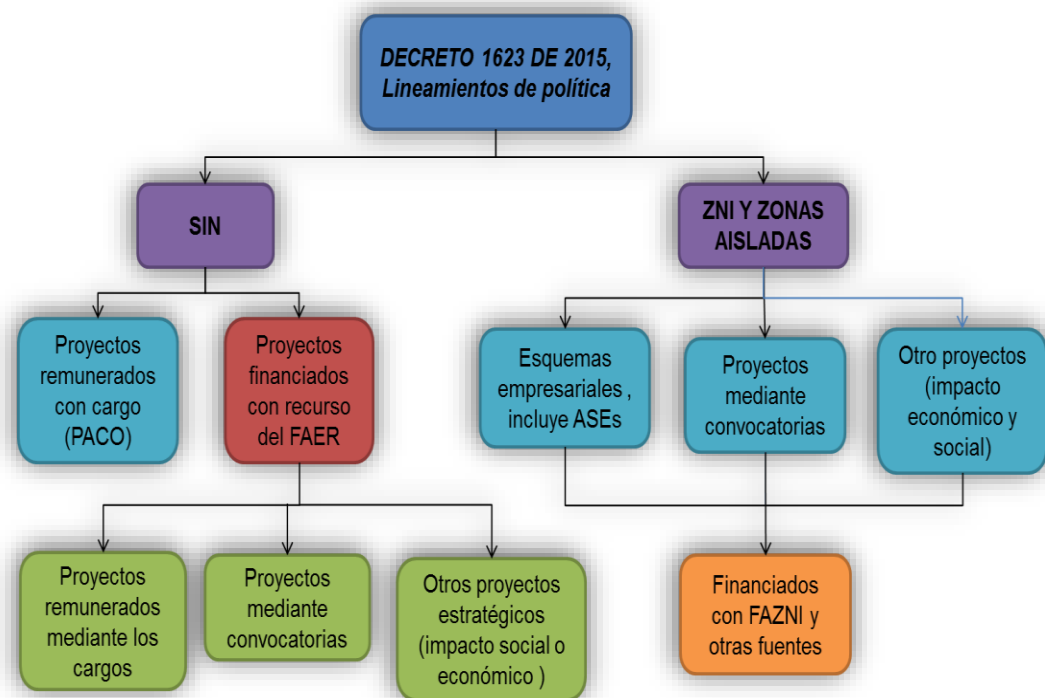


Ilustración 13. Esquema de lineamientos de política, Decreto MME 1623 de 2015

FUENTE: Decreto 1623 de 2015, elaboración UPME.

✧ Ley 143 de 1994

Al Estado le corresponde: Alcanzar una cobertura en los servicios de electricidad a las diferentes regiones y sectores del país, que garantice la satisfacción de las necesidades básicas de los usuarios de los estratos I, II y III y los de menores recursos del área rural, a través de los diversos agentes públicos y privados que presten el servicio.

El Gobierno Nacional asignará y apropiará los recursos suficientes en el Plan Nacional de Desarrollo, en el Plan Nacional de Inversiones Públicas y en las leyes anuales del presupuesto de rentas y ley de apropiaciones, para adelantar programas de energización calificados como prioritarios, tanto en las zonas interconectadas como en zonas no interconectadas con el objeto de que en un período no mayor de veinte (20) años se alcancen niveles igualitarios de cobertura en todo el país, en concordancia con el principio de equidad de que trata el artículo 6o. de la presente Ley.

✧ **Decreto 388 de 2007**

Establece la política que debe seguir la CREG para fijar la metodología de remuneración de activos a fin de alcanzar la universalización del servicio STR y SDL. Res. CREG 097 de 2008.

La UPME deberá elaborar y oficializar un “Plan Indicativo de Expansión de la Cobertura del Servicio de Energía Eléctrica” en el área de influencia del SIN. Deberá ajustarse anualmente, cuando así amerite.

✧ **Decreto 1122 de 2008**

Reglamenta el FAER cuyos recursos serán asignados como resultado de la evaluación de los planes de expansión de cobertura que deben presentar los OR.

✧ **Decreto 3451 de 2008**

Para la expansión de los STR y cuando no exista interés por parte del OR en la construcción de un proyecto del SDL, el Ministerio de Minas y Energía o la entidad que éste delegue podrá realizar convocatorias públicas, para adjudicar la construcción y/o operación en caso de STR y para la construcción en caso de SDL.

✧ **Res. MME 180465**

Reglamento para la presentación, evaluación y aprobación de los planes de expansión que presenten los OR, así como para la asignación de recursos FAER. [8].

1.3 METODOLOGÍAS PARA LA TOMA DE DECISIONES

Una toma de decisión es un proceso donde se identifican, valoran y seleccionan las mejores acciones, sobre las alternativas evaluadas, para el aprovechamiento de las oportunidades en una situación en la cual dos o más alternativas ofrecen soluciones para algún aspecto. Una decisión se refiere a lo que ocurre en la vida real. Un modelo de decisiones proporciona la conceptualización de la situación real dentro de una estructura matemática formal. Las características de un entorno de toma de decisiones pueden variar de manera sustancial. [9]

A continuación, se establece el procedimiento para una toma de decisión efectiva:

1. Recopilación de información.
2. Identificación de la problemática.
3. Fijación de los objetivos que se pretenden lograr.
4. Caracterización de las alternativas, criterios y subcriterios para la toma de decisión.
5. Sinterización de la información correspondiente a cada criterio y subcriterios para cada alternativa propuesta
6. Normalización de la información adquirida, este proceso corresponde a aplicar el método simple de la ecuación 1, donde Y_i es el resultado de la normalización para cada dato evaluado en las alternativas propuestas, que se produce al realizar la división del valor que se quiere normalizar entre el máximo valor que corresponda al mismo criterio evaluado en más de dos alternativas.

$$Y_i = \frac{x_i}{\max(x_i)} \quad \text{Donde } 0 < Y_i < 1 \quad \text{Ecuación 1}$$

La normalización es necesaria ya que debe tenerse en cuenta que, en la mayor parte de los contextos decisionales, las unidades en que están medidos los diferentes criterios suelen ser muy diferentes.

7. Asignación de pesos para determinar la prioridad a los criterios, proceso realizado por el decisor, comúnmente esta asignación es porcentual.
8. Desarrollo de matrices con los valores anteriormente obtenidos de los análisis de cada criterio y subcriterio evaluada desde las alternativas de solución.
9. Selección y aplicación de un método para la toma de decisión, el cual es escogido de acuerdo con la implementación del mismo y sus características.

10. Luego del resultado que dio la aplicación del método para la toma de decisión se elige la alternativa más adecuada, de acuerdo con los pesos y prioridades asignadas por el decisor.

11. Evaluación de la efectividad de la decisión tomada.

Este proyecto tiene entre sus objetivos estudiar los métodos más representativos para la toma de decisiones con múltiples criterios para llevar a cabo el proceso de energización en una ZNI, para lo cual es necesario realizar la evaluación de diferentes alternativas de solución, y la selección del sistema de generación eléctrico más apropiado donde se analizarán múltiples subcriterios de orden técnico, ambiental, social y económico.

Por consiguiente, es necesario hacer una comparación entre las principales metodologías usadas para la toma de decisiones obteniendo así un método que logre combinar diferentes alternativas, múltiples criterios y subcriterios primando las asignaciones de pesos impuesta por el o los decisores.

A continuación, se observa un listado de diferentes métodos usados para la toma de decisiones simples, este listado se hace con el fin de conocer los métodos básicos comúnmente usados en diferentes ámbitos de nuestra cotidianidad.

- ◇ **PROS Y CONTRAS:** Consiste en realizar una lista de beneficios y perjuicios de las diferentes opciones. Es conveniente tomar opiniones y conceptos de externos para buscar tener una posición mesurada.
- ◇ **MATRIZ EISENHOWER:** Muy útil para ubicar las prioridades entre un sinnúmero de acciones que no pueden hacerse al mismo tiempo, mide en un eje lo importante y en el otro lo urgente, ubicando lo que requiere una atención inmediata y lo que se puede dejar para después o delegar.
- ◇ **FODA:** Es un análisis que ayuda a ubicar las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas de un determinado proyecto.
- ◇ **OCÉANO AZUL:** Es una matriz de cuatro cuadrantes que sobre un producto en particular sirve para definir: ¿qué eliminar?, ¿qué reducir? ¿incrementar? o ¿crear? Es una buena forma de forzar la creatividad en las alternativas de inversión.
- ◇ **MAPAS MENTALES:** Presentan la gran ventaja de ser visuales y permiten hacer todas las ramificaciones de un evento. Es una buena guía para repasar e ir agregando pendientes o consecuencias.

- ◇ **KEPNER Y TREGOE:** Es un esquema en el que se ponderan las características de cada opción para valorarlas de manera específica e incluso considerar aspectos cualitativos. También **hace** énfasis en los planes de contingencia.
- ◇ **DIAGRAMA DE ISHIKAWA:** También conocido como espina de pescado: por la figura que se desarrolla visualmente, sirve para definir cada una de las causas y consecuencias al momento de evaluar la situación, necesidad o problema.
- ◇ **DIAGRAMA DE DECISIONES EFICIENTES:** Busca tener un ciclo completo, en el que se realizan los siguientes pasos: diagnóstico, alternativas, escenarios, riesgos, resolución y retroalimentación.
- ◇ **ÁRBOLES DE DECISIÓN:** Se van derivando las consecuencias de la resolución en secuencia y los posibles cursos de acción a seguir. [10]

Es de gran importancia resaltar que los problemas presentados en este proyecto de acuerdo con el caso de estudio requieren un análisis más profundo en cuenta a la toma de decisiones, porque presentan múltiples criterios, subcriterios y alternativas, por tal motivo se requieren de modelos matemáticos con aplicaciones específicas que genere aproximaciones con la realidad.

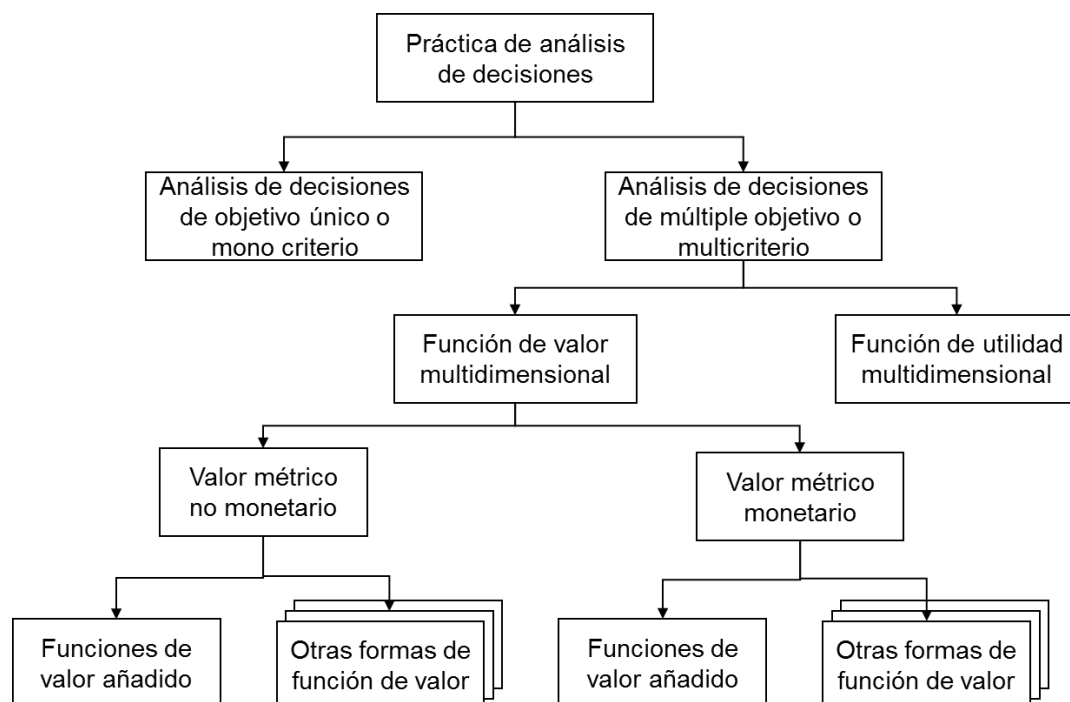


Ilustración 14. Diagrama de taxonomía de la práctica del análisis de la decisión.

FUENTE: Manual de análisis de decisiones, Parnell 2012

Al realizar énfasis se encuentra la clasificación propuesta y explicada en el “*MANUAL DE ANÁLISIS DE DECISIÓN* [12]” donde se expone la teoría de evaluación multicriterio y comprende dicha evaluación como un conjunto de modelos y herramientas para el apoyo a la toma de decisiones y aplicables en muchos contextos. En la ilustración 14 se explica de forma esquemático lo dicho con anterioridad.

Los modelos para la toma de decisión con múltiples criterios conocido como MCDM, por sus siglas en inglés que significan (Multiple Criteria Decisión Maker) se clasifican en dos grandes grupos que son los que van orientados a la toma de decisiones con múltiples atributos (MADM)) y se utilizan para seleccionar "la mejor alternativa" dentro de un conjunto explícito de ellas y los que van orientados a la toma de decisiones multiobjetivo (MODM), que 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. [11]

MCDM		
ASPECTO	MADM	MODM
Criterio	Atributos	Objetivos
Objetivo	Implícito	Explícito
Atributo	Explícito	Implícito
Restricción	Inactivo	Activo
Alternativa	Número finito(discreto)	Número infinitos (continuo)
Interacción con el DM	Escasa	Mucha
Uso	Selección/Evaluación	Diseño

Tabla 9. Variantes MADM vs MODM
FUENTE: Yoon y Hwang (1981)

En el anterior cuadro comparativo (Tabla 9) se muestran las variantes de diferentes aspectos para MADM y MODM. En un análisis de toma de decisión se enfrentan a decisiones difíciles que involucran a múltiples partes interesadas, objetivos, atributo y criterios múltiples, alternativas complejas de solución, incertidumbres importantes y consecuencias significativas.

Ahora en el siguiente esquema mostrado en la ilustración 15, se observan los principales beneficios al realizar un análisis en el proceso de toma de decisión y así mismo se establecen los elementos claves que conllevan a una adecuada toma de decisión, esto está reflejado en la ilustración 16.

El objetivo es conocer que parámetros, características y aspectos son necesarios para no fallar en el momento de tomar una decisión, ya que esto puede implicar la generación de diversas consecuencias que pueden afectar de gran medida factores como social, económico, técnico y ambiental.

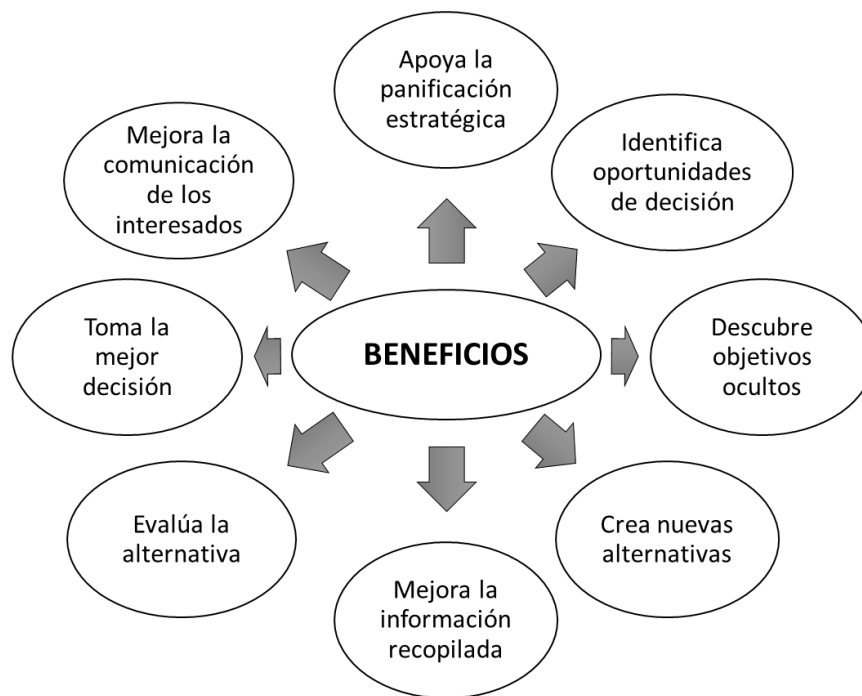


Ilustración 15. Beneficios al realizar el proceso de análisis de decisión
FUENTE: Keeney, 1992

En cualquier situación de decisión, es necesario la elección que es consistente con las reglas expresadas enseguida:

- ❖ Identificar todos los resultados posibles de la decisión.
- ❖ Para cada resultado posible, evaluar la probabilidad que expresa su grado de creencia de que ocurrirá, también la probabilidad de preferencia de lo mejor versus lo peor.
- ❖ Sustituir las mejores ofertas para todos los resultados. Esto resulta en la definición para cada alternativa de un acuerdo equivalente que implica sólo los mejores y peores resultados.

- ❖ En el trato equivalente para cada alternativa, use cálculos de probabilidad para encontrar la probabilidad de recibir el mejor resultado. Escoja la alternativa cuyo acuerdo equivalente tenga la probabilidad más alta de obtener el mejor resultado. [11]

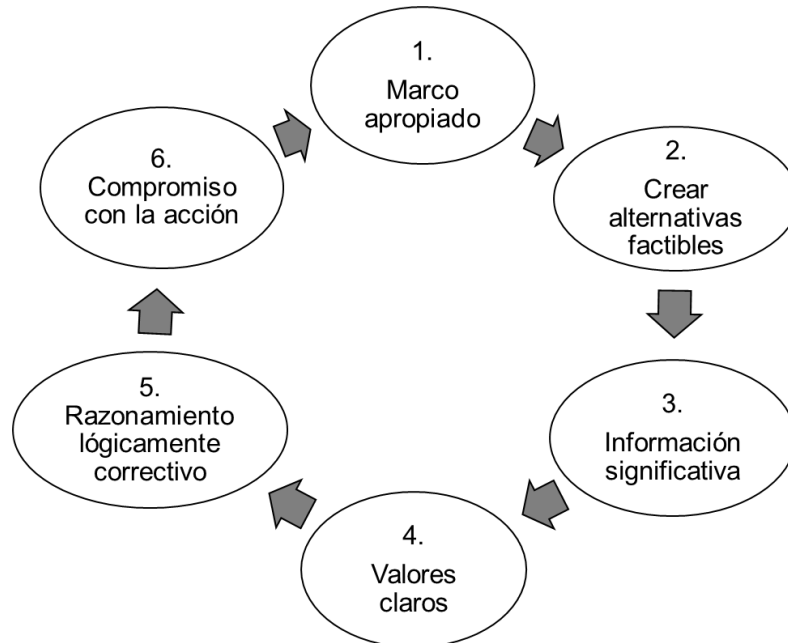


Ilustración 16. Elementos claves para la toma de decisión correcta

FUENTE: Gregory S. Parnell, Manual de análisis de decisión-2013

La ilustración 16 enmarca los elementos claves para tomar la decisión más adecuada, el primer elemento es poseer de un marco revelador de decisión que estructure la decisión en el contexto más relevante de acuerdo con las necesidades que se pretenden solucionar, segundo elemento es crear alternativas que permitan hacer una selección entre distintas opciones, tercer elemento es adquirir información relevante y fiable sobre que parámetros o aspectos influyen en la toma de decisión, cuarto elemento es comprender las consecuencias de cada alternativa basada en los valores o prioridades asignadas a los criterios de elección, el quinto elemento es realizar un análisis lógico que permita establecer conclusiones y así elegir la mejor alternativa y el último elemento es tener definido el proceso de solución a las necesidades o problemáticas existentes. Lo anterior mencionado se basa en el *MANUAL DE ANÁLISIS DE DECISIÓN*, Parnell [11].

1.3.1 FUNDAMENTACIÓN DE LAS METODOLOGÍAS PARA LA TOMA DE DECISION

La toma de decisiones multicriterio (MCDM) es una rama de métodos que pueden manejar tanto los criterios cuantitativos y cualitativos y analizar los conflictos en los criterios, subcriterios, alternativas para lograr una adecuada toma de decisión. Estos métodos se pueden dividir en dos categorías: la toma de decisiones multi-objetivo (MODM) y la toma de decisiones multi-atributo (MADM).

En general, los métodos MCDM se caracterizan por ayudar a tomar las decisiones más eficientes y racionales, para esto es importante estructurar el proceso de decisión, mirar las opciones de alternativas y la formulación de criterios con sus respectivos subcriterios.

Además, los MCDM muestran el equilibrio entre los criterios y permite asignar los pesos a los criterios y subcriterios aplicando un juicio de valor para lograr al final la toma de decisión. Hay muchas discusiones en la literatura acerca de cuál es la mejor metodología de MCDM, y controversia acerca de cuál es el método "correcto" aplicado a un problema de la vida real. [12]

En este apartado se presentan los fundamentos básicos de los métodos más relevantes para los MADM, dejando a un lado los MODM; ya que según lo investigado se concluye que los modelos más convenientes para el desarrollo de proyectos que provean energía eléctrica a una ZNI analizando diferentes alternativas o tecnologías para cumplir son los métodos multiatributos.

En el siguiente esquema (Ilustración 17) se muestra la clasificación de los MCDM, como ya se había mencionado se divide en los MADM y los MODM, los cuales se sub dividen en métodos más específicos. En cuadros rojos se resalta el método AHP, que pertenece a los métodos con preferencia en la asignación de pesos para la toma de decisiones a partir de análisis multiatributo.

La selección se hizo debido a la aplicación del método AHP, en soluciones de implementación de sistemas energéticos puesto ampliamente utilizado para dar solución a problemas de diversa complejidad, lo cual permite la evaluación de una serie de alternativas con respecto a criterios económicos, sociales, ambientales, tecnológicos y de disponibilidad de las fuentes energéticas.

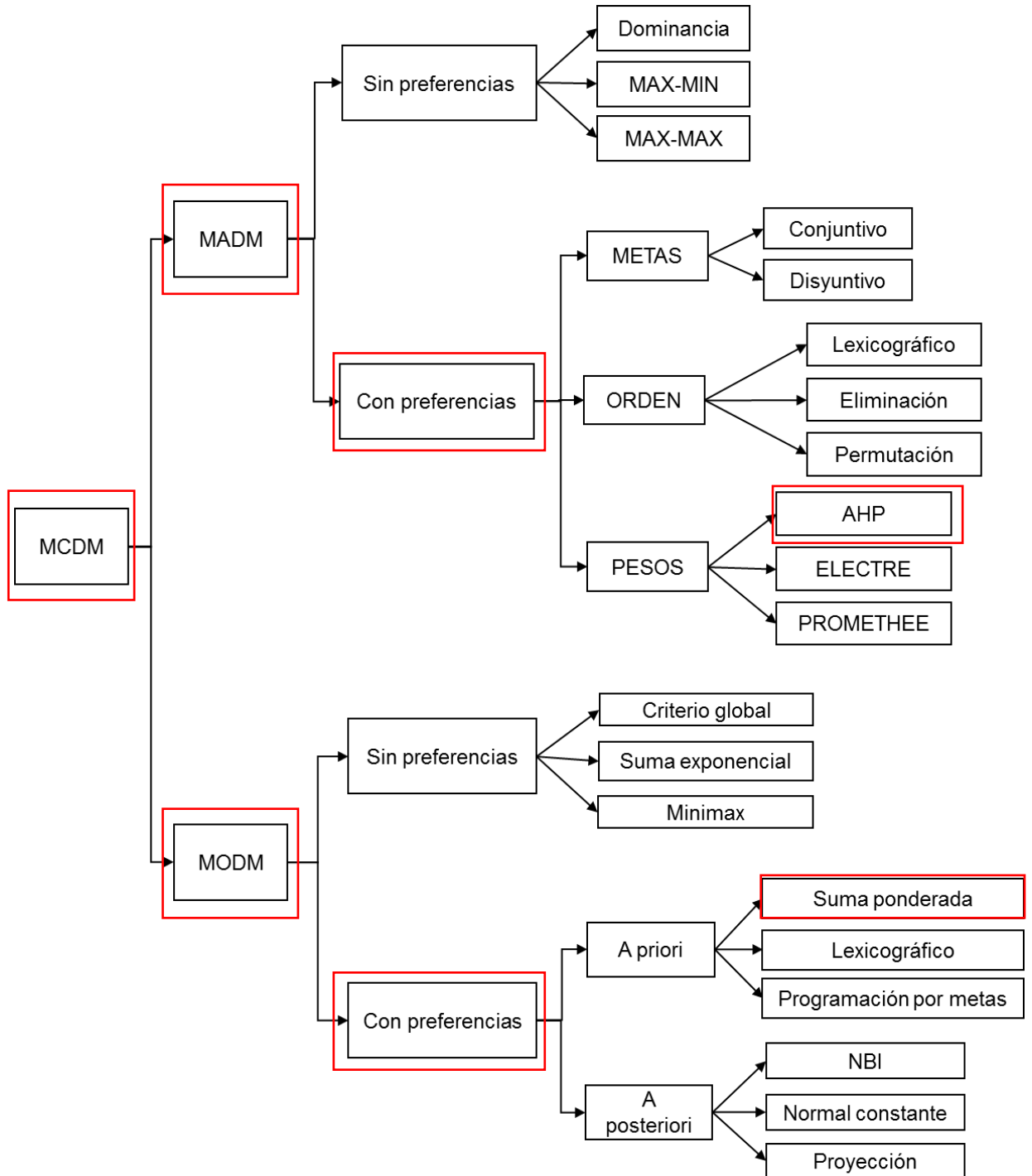


Ilustración 17. Clasificación de los MCDM, Tipos y preferencias

FUENTE: Escuela técnica superior de ingenieros de Sevilla (Abdessamad TAOUIKALLAH, Máster en Organización Industrial y Gestión de Empresas)

De las metodologías multicriterio para la toma de decisión, olvidaremos los métodos multiobjetivo para la toma de decisión (MODM), ya que según lo investigado no tienen aplicación en temas referentes al medioambiente, al bienestar social, o implementación de nuevas tecnologías con aprovechamiento de recursos renovables. En cambio, en las (MADM) se encuentran soluciones eficientes, donde hay gran interacción con el decisor, la metodología multiatributo para la toma de decisión contiene métodos más realistas que ayudan a formalizar los problemas complejos y a tomar decisiones más coherentes.

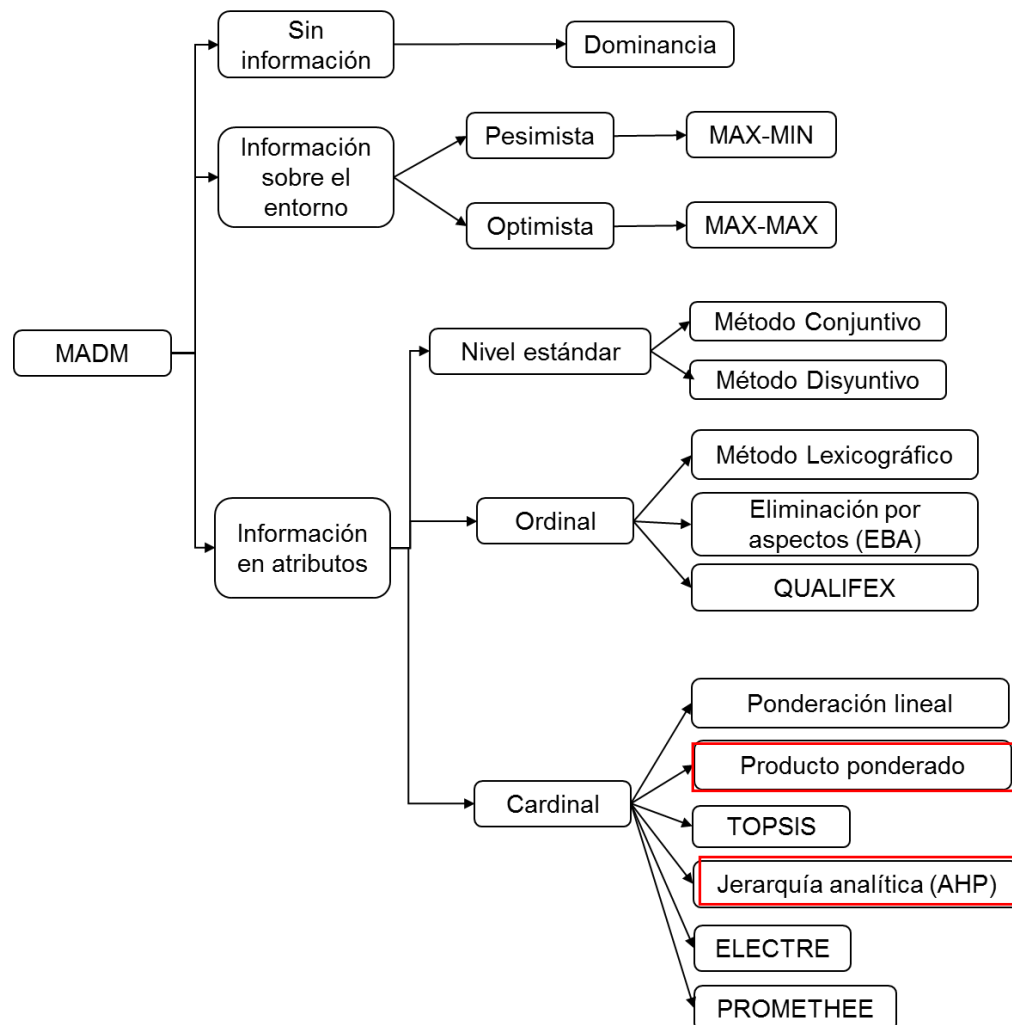


Ilustración 18. Ordenación de métodos MADM de acuerdo con la información necesaria

FUENTE: Chen y Hwang (1992)

Teniendo en cuenta el anterior esquema mostrado en la Ilustración 18 donde se exalta la clasificación o el orden propuesto por Chen y Hwang en 1992 para los métodos multiatributos, se abordará de forma resumida la mayor parte de los modelos pertenecientes a los MADM mostrados con anterioridad.

Los siguientes fundamentos correspondientes a los diferentes métodos MADM, se tomaron de la investigación realizada por Natalia Castrillo, para el grado en ingeniería en organización industrial de la Universidad de Valladolid. [13]

- **Método de dominancia**

Ante un problema concreto en el que el usuario otorga diferentes valores a cada una de las opciones a elegir, podremos obtener la preferencia entre alternativas, cuyo resultado será la matriz de dominancia total.

De forma matemática, tenemos que ***A_i*** domina a ***A_j*** si:

$$X_{ik} \geq X_{jk} \quad k = 1, \dots, n \quad \text{Ecuación 1}$$

Donde

X_{ik} : Valoración para la alternativa *i* en el criterio *k*

X_{jk} : Valoración para la alternativa *j* en el criterio *k*

k: Criterios

El método de dominancia será de gran utilidad en aquellas situaciones en las cuales la normalización sea compleja, puesto que no es necesario realizarla.

Serán aceptables todas aquellas alternativas que no resulten dominadas en el proceso de elección. Entre las principales ventajas de este método podemos destacar su sencillez, tanto en su desarrollo como en la computación del mismo. [17*]

- **Método MAX-MIN**

Empleado por los “pesimistas”, puesto que se basa en llegar a una solución para el problema planteado por medio de la elección del criterio peor valorado para cada una de las alternativas.

En este caso será necesario contar con información del entorno, es decir, la solución depende de los valores de todos los atributos para las distintas alternativas.

$$A_{optima} = \{A_i / \max_i \min_j x_{ij}\} \quad \text{Ecuación 3}$$

Donde:

- A_{optima} : Alternativa optima o “la mejor”
- A_i : Alternativa i
- \max_i : Valor máximo correspondiente a la alternativa i
- \min_j : Valor mínimo correspondiente a la alternativa j
- x_{ij} : Valoración para la alternativa i en el criterio j

Antes de la aplicación de este método será necesario normalizar (aplicar método mostrado en la ecuación 1) los datos de entrada en el problema, se trata de un método no compensatorio, puesto que los valores de los diferentes criterios para una alternativa no repercuten en la decisión final, debido al enfoque otorgado a la valoración más baja de cada alternativa.

- **Método MAX-MAX**

La metodología del método Max-Max es semejante al método Max-Min, sin embargo, el criterio empleado para la elección de la mejor alternativa posible es, en contraposición al método Max-Min, el adoptado por los decisores más optimistas.

$$A_{optima} = \{A_i / \max_i \max_j x_{ij}\} \quad \text{Ecuación 4}$$

- A_{optima} : Alternativa optima o “la mejor”
- A_i : Alternativa i
- \max_i : Valor máximo correspondiente a la alternativa i
- \max_j : Valor máximo correspondiente a la alternativa j
- x_{ij} : Valoración para la alternativa i en el criterio j

En cuanto a las ventajas que conlleva, son las mismas que el método Max-Min, es decir se trata de un procedimiento sencillo y fácil implementar de manera computacional. También es no compensatorio.

- **Método conjuntivo**

El decisor debe especificar un nivel mínimo aceptable para cada criterio. Este valor servirá para eliminar todas las aquellas alternativas que no alcancen dicho valor mínimo en alguno de sus atributos.

De este modo el método dará como resultado una matriz que proporcionará todas las alternativas que cumplen los requisitos mínimos para cada uno de sus criterios.

$$X_{ij} \geq X_j^0 \quad j = 1, \dots, n \quad \text{Ecuación 2}$$

Donde

X_{ij} : Valor correspondiente con la alternativa i en el criterio j

X_j^0 : Valor mínimo aceptable para el criterio j.

j : Corresponde a los criterios

- **Método disyuntivo**

Una alternativa resulta aceptable si en alguno de sus criterios supera el umbral establecido, sin necesidad de verificar los demás, de forma que con que al menos uno de los criterios resulte aceptable, la alternativa será elegida.

El método puede ser desarrollado sin normalizar los datos que aporta el usuario, y también debemos prestar atención a si los criterios son crecientes o decrecientes. Se produce gran pérdida de información, puesto que no se analizan en ningún momento los criterios que si superan el valor mínimo.

$$X_{ij} \geq X_j^0 \quad j = 1, \text{ ó } j = 2 \text{ ó } \dots j = n \quad \text{Ecuación 6}$$

X_{ij} : Valor correspondiente con la alternativa i en el criterio j

X_j^0 : Valor mínimo aceptable para el atributo j.

j : Corresponde a los criterios

- **Método lexicográfico**

Este método exalta la importancia de los atributos individuales, puesto que se ejecuta mediante la eliminación secuencial por orden de importancia de los criterios para el decisor.

La forma de encontrar la mejor solución para el problema se realiza por reducción de alternativas según el valor de sus criterios conforme a la ordenación de los mismos asignada.

En este caso no es necesario normalizar, puesto que solo se comparan los valores dentro de un mismo atributo. El método lexicográfico se trata de un método no compensatorio, pues un atributo con buena valoración no hace que los demás también mejoren en su valoración.

- **Método de ponderación lineal**

El decisor debe realizar la ponderación de cada uno de los criterios. En este caso no es necesario que los pesos sean normalizados. El método de suma ponderada es uno de los métodos más empleados y conocidos, por su sencillez y facilidad de implementación. La suma ponderada se realiza de la siguiente forma:

Ecuación 7

$$v_i = \sum_{j=1}^n w_j \cdot x_{ij}$$

v_i : Valor para la alternativa i , resultado de la suma ponderada

w_j : Peso asignado al criterio j

x_{ij} : Valoración para la alternativa i en el criterio j

- **Método de producto ponderado**

El decisor debe proporcionar la información sobre los criterios en base a sus preferencias. Sin embargo, en este caso si será necesaria la normalización de los pesos a la hora de realizar la ponderación, del mismo modo debemos normalizar los valores de las alternativas en los criterios de estudio.

Expresándolo en términos matemáticos tenemos:

Ecuación 8

$$v_i = \prod_{j=1}^n x_{ij}^{w_j}$$

Donde

v_i : Valor para la alternativa i, resultado del producto ponderado

w_j : Peso asignado al criterio j

x_{ij} : Valoración para la alternativa i en el criterio j

- **Método AHP**

La propuesta del método AHP parece de la mano del profesor Thomas L. Saaty, entorno a inicios de los años ochenta. Saaty propone este método como una teoría general sobre juicios y valoraciones, basado en escalas de razón y redes, en las cuales cobra gran peso la jerarquización de en las relaciones de objetos y propósitos.

Por lo que con este método su autor busca obtener a partir de un problema multidimensional, o multicriterio, un problema que cuente con una escala unidimensional, o escala de prioridades, que represente unas salidas globales al mismo.

En resumen, el método AHP se basa en la existencia de una complejidad inherente en problemas compuestos por estructuras jerarquizadas formadas por una meta, así como, una serie de criterios y alternativas. En cada nivel jerárquico, se efectúan comparaciones por pares con asignaciones numéricas dentro de la escala absoluta fundamental, ya comentada. El resultado de estas comparaciones radica en las matrices de dominación.

Fases del método AHP

A continuación, se explican las cuatro etapas fundamentales mediante las cuales se puede realizar el análisis de un problema mediante el método AHP.

ETAPA 1: Modelización → Se organizan las ideas, definiendo el objetivo o meta, los criterios y proponiendo las diferentes alternativas de estudio.

ETAPA 2: Establecimiento de valoraciones → Se busca representar las preferencias entre los diferentes criterios junto con las respectivas valoraciones de cada alternativa en matrices de comparación pareada.

ETAPA 3: Priorización y síntesis → Al tener la información obtenida se pasa a realizar los cálculos pertinentes, con lo que obtendremos prioridades en las diferentes alternativas. Comúnmente, las prioridades pueden ser de tres tipos:

ETAPA 4: Análisis de la consistencia → Se calcula de la consistencia de los juicios de los expertos.

- **Método ELECTRE**

La metodología que se desarrolla en esta vertiente se basa en la definición de relaciones de sobreclasificación entre cada par de alternativas, entre las cuales se puede afirmar que una alternativa A sobreclasifica a otra B, si A “es tan buena al menos” como B en un alto número de atributos y no se puede encontrar ningún atributo en el cual sea evidentemente inferior.

- **Método PROMETHEE**

Este método se caracteriza por la facilidad de uso y la disminución de la complejidad.

Utiliza el principio de superación para clasificar las alternativas y realiza una comparación de pares de alternativas con el fin de clasificarlos con respecto a un número de criterios.

Para la aplicación de este método se debe conocer el orden de importancia relativa de los atributos, para ello el usuario debe proporcionar los pesos, que luego se ponderarán mediante la división de cada valor facilitado por el usuario, entre la suma total de dichos valores.

1.3.2 ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS METODOLOGÍAS

La Tabla 10 y la Tabla 11 que se encuentran enseguida muestran respectivamente de una manera muy resumida los aspectos más importantes de los diferentes tipos de métodos pertenecientes a los MADM, y están categorizados según la clasificación mostrada en la ilustración 17, la tabla 10 corresponde a los métodos que no requieren de preferencias impuestas por el usuario o decisor, en cambio en la tabla 11 se observan los métodos que requieren preferencias ya sea en imposición de metas , orden, o pesos. Estas tablas se lograron realizar de acuerdo con la información obtenida de “MANUAL DE ANALISIS, Gregory Parnell” [], el estado de arte realizado por la Escuela técnica superior de ingenieros de Sevilla el cual se encuentra en [14].

MADM			
	Sin preferencias		
	Dominancia	MAX-MIN	MAX-MAX
OBJETIVO	Reducir el conjunto de alternativas a valorar para hacer el procedimiento propuesto más rápido y eficiente	Identificar la mejor alternativa que maximiza su satisfacción con respecto a más de un atributo	Llegar a una solución para el problema planteado por medio de la elección del criterio mejor valorado para cada una de las alternativas
APLICACIÓN	*Modelos de aprendizaje *Modelos de productividad	* Teoría de juego *Teoría de los precios *Tarifas de alimentación a la red de distribución eléctrica	*Lógica normativa *Sustentabilidad de comercio *Teoría de los precios *Decisores optimistas
SOFTWARE	PREFMAP	EXPERT CHOICE®	EXPERT CHOICE®
VENTAJAS	(+) Es de gran utilidad en aquellas situaciones en las cuales la normalización sea compleja. (+) Se destaca por su sencillez, tanto en su desarrollo como en la computación del mismo	(+) Método no compensatorio, puesto que los valores de los diferentes criterios para una alternativa no repercuten en la decisión final	
DESVENTAJAS	(-) Los criterios NO pueden ponderarse	(-) Es necesario contar con información del entorno (-) Es necesario normalizar los datos de entrada	

Tabla 10. Cuadro comparativo de generalidades de algunos tipos de métodos sin preferencias de MADM

MADM							
Con preferencias							
METAS			PESOS				
ORDEN		AHP		ELECTRE		PROMETHEE	
Conjuntivo	Disyuntivo	Lexicografico	AHP	ELECTRE	PROMETHEE		
OBJETIVO	El decisor debe especificar un nivel mínimo aceptable para cada criterio. Este valor servirá para eliminar todas las aquellas alternativas que no alcancen dicho valor mínimo en alguno de sus atributos.	Una alternativa resulta aceptable si en alguno de sus criterios supera el umbral establecido	Plantear un modelo equivalente que se resuelva en una sola iteración, sin tener que resolver un problema para cada nivel de prioridad."	Jerarquizar con proceso analítico tradicional y así seleccionar la estrategia más adecuada	Escoger la mejor acción de un conjunto de acciones; presenta coeficientes de importancia asignados por consenso.	Métodos de relaciones de ordenación, mediante la ordenación clasificatoria de las diversas alternativas disponibles. Función de preferencia por criterio.	
APLICACIÓN	* Modelos de seguridad *Red de distribución en cadena * Modelos de bienes y servicios	* Geografía , infraestructura y flujo de transporte	* Modelos de facilidad de acceso a información	*Sistemas de gestión de la producción *Selección de proveedores *Sistemas de evaluación de desempeño.	*Selección de empleados o personal *Problemas de planificación	* Administración gubernamental *Proyectos medioambientales	
SOFTWARE	"TEC2SCREEN"	"LEKIN" / "TEC2SCREEN"	"PCLEX" , "REJECT"	"EXPERT CHOICE@" / Make it rational	"ELECTRE III-IV@"	DECISION@ LAB	
VENTAJAS	(+) Se produce gran pérdida de información (+) Las valoraciones para los criterios son independientes entre sí.	(+) El método puede ser desarrollado sin normalizar los datos que aporta el usuario	(+) Se trata de una manera de ayuda a la toma de decisión sencilla y de fácil computación (+) exigencia de información es baja,	(+)Enfoque subjetivo (+)Reduce decisiones complejas a una serie de comparaciones (+) Es posible añadir subcriterios	(+)Permite diálogo entre los decisores (+)Los criterios pueden ponderarse (+) Admite el uso de escalas ordinates para la calificación de las alternativas	(+)Admiten la existencia de alternativas incomparables. (+) El método analiza tanto el grado de concordancia, como el de discordancia	
DESVENTAJAS	(-) Es necesario contar con información del entorno (-) Es necesario normalizar los datos de entrada (-) Se produce gran pérdida de información	(-) En este método se produce gran pérdida de información, puesto que no se analizan en ningún momento los criterios que si superan el valor mínimo.	(-) Es necesario contar con información del entorno	(-) La estructura jerarquica tiene problema con tomas de decisiones con referente a la estructura diferente de los problemas	(-) Requiere la definición arbitraria o por medio de encuestas	(-) Se sugiere modificar la modelización de las preferencias del decisor, considerando para cada criterio, algunas posibles extensiones.	

Tabla 11. Cuadro comparativo de generalidades de algunos tipos de métodos con preferencias de MADM

La finalidad del proceso de comparación de los métodos que pertenecen a MADM es encontrar el modelo más adecuado, y de acuerdo con esto se escogió el proceso de Jerarquía Analítica (AHP) o método AHP, ya que en su aplicación permite la solución de problemas con múltiples criterios, subcriterios, alternativas ya que emplea la jerarquización como modelo estructural, lo que permite descomponer problemas complejos en partes más sencillas. Se presenta una escala fundamental propuesta por Saaty, la cual permitirá asignar valoraciones impuestas por el decisor o usuario. [15]

A continuación, se muestra la tabla 12 correspondiente a la escala fundamental de comparación de pares (Saaty, 1980), los números presentes en la escala muestran la dominación de un elemento sobre otro en un criterio común.

VALOR	DEFINICIÓN	COMENTARIOS
1	Igual importancia	El criterio o alternativa A es igual de importante que el criterio o alternativa B
3	Importancia moderada	La experiencia y el juicio favorecen ligeramente al criterio o alternativa A sobre B
5	Importancia grande	La experiencia y el juicio favorecen fuertemente al criterio o alternativa A sobre B
7	Importancia muy grande	El criterio o alternativa A es mucho más importante que el B
9	Importancia extrema	La importancia del criterio o alternativa A sobre el B está fuera de toda duda
2,4,6,8	Valores intermedios entre los anteriores, cuando es necesario matizar	
Recíprocos de los anteriores	Si el atributo o la alternativa A es de importancia grande frente al criterio o alternativa B, las nociones serán las siguientes: - Criterio o alternativa A frente a criterio o alternativa B: 5/1 - Criterio o alternativa B frente a criterio o alternativa A: 1/5	

Tabla 12. Escala fundamental de comparación de pares

FUENTE: Saaty, 1980

Una vez han sido valorados todos los pares de alternativas y criterios obtenemos una serie matrices con la forma:

$$A_{n \times m} \text{ tal que } A = [a_{ij}], \quad i \geq 1, j \leq n \quad \text{Ecuación 9}$$

El término a_{ij} representa la comparación entre el elemento i y el elemento j a partir de los valores de la escala fundamental. Enseguida se observa un ejemplo de matriz de comparaciones pareadas como resultado de la asignación de valores según la escala Saaty.

	A1	A2	A3	A4
A1	1	a12	a13	a14
A2	a21	1	a23	a24
A3	a31	a22	1	a34
A4	a41	a42	a43	1

Tabla 13. Ejemplo de matriz de comparaciones pareadas $A [n \times m]$

FUENTE: Natalia Castrillo [13]

El método de ponderación lineal fue de gran importancia para el desarrollo de la metodología, y fue seleccionado junto con el método AHP, debido a su fácil aplicación puesto que permite encontrar la mejor alternativa de una manera muy sencilla, permitiendo al usuario imponer el peso que alude a las preferencias de este. En el paso 4 de la aplicación de la metodología se observa la ecuación para la ponderación lineal que permitió la selección de la alternativa más adecuada para el caso de estudio.

2. PROPUESTA DE METODOLOGÍA

Como se había mencionado en el apartado que corresponde al planteamiento y justificación del problema, la UPME por medio de la elaboración del PIEC estableció una metodología general para la expansión de cobertura, que inicia con un proceso de cálculo de la cobertura, luego compara, elige la alternativa más económica que es la implementación de generadores eléctricos a base de combustible diésel; y es ahí donde se encuentra una gran falencia de la metodología ya que se sobre estima el aspecto económico olvidando aquellos aspectos de igual o mayor importancia para la comunidad, como lo es: el aspecto ambiental, social y técnico.

Finalmente cuantifica la implementación para estimar la cobertura alcanzable con los recursos de los fondos FAZNI o FAER, según correspondan y las posibles inversiones de entes de orden privado. Entonces la metodología propuesta consiste en utilizar las técnicas de toma de decisiones multicriterio AHP, para la definición de la mejor alternativa a implementar; ya sea sistema convencional de energización (Plantas Diesel) o sistemas con aprovechamiento de energías renovables puesto que Colombia presenta un elevado potencial de fuentes energéticas el cual no está siendo aprovechado.

En este sentido es pertinente resaltar que la metodología propuesta es en base a la metodología PIEC 2016-2020 (Ver ilustración 7), ya que ésta cuenta con una serie de limitaciones a la hora de fomentar e implementar proyectos o planes de energización a zonas no interconectadas ya sean de índole rural o aislada.

En referencia a lo anterior se pretende realizar un estudio integro donde se interrelacione los beneficios otorgados por dichos sistemas de energización para la comunidad, para lo cual se debe confrontar un listado de parámetros o criterios posteriormente indicados. A continuación, se constata el procedimiento que se desarrolla siguiendo la secuencia que se indica en el diagrama de flujo:

1. Recopilar la información de la zona a energizar y analizar los potenciales energéticos de la zona y establecer los criterios.
2. Realizar evaluaciones pertinentes para dar valor a cada uno de los criterios establecidos y posteriormente aplicar el método para la toma de decisión seleccionado.
3. Evaluar las diferentes alternativas de generación eléctrica para las necesidades de la zona en la que se quiere implementar el sistema y concretar las posibles alternativas para cumplir el objetivo de energización.
4. Explicar a detalle los criterios de evaluación de cada una de las alternativas priorizando los sistemas de generación que usen energéticos diferentes a los combustibles fósiles.
5. Aplicar el método AHP y seleccionar por medio del resultado de la asignación de pesos la alternativa de solución energética más conveniente, considerando la relación de costo con los beneficios reales y sociales obtenidos durante el desarrollo del proyecto.

6. Fijar si la comunidad o la zona está catalogada como usuario disperso, para establecer la factibilidad de conexión a red o de sistemas de generación individual.
7. Estudiar la viabilidad del proyecto de acuerdo con los requerimientos de la comunidad y así poder contribuir a la generación de soluciones para lo población.
8. Los entes territoriales junto con la empresa prestadora de servicio eléctrico elaborarán una carta de presentación del plan, programa o proyecto adjuntando la solicitud de recursos económicos para lograr el propósito esperado.
9. Presentar la certificación acerca de la propiedad, infraestructura o bienes existentes necesarios para el desarrollo del proyecto, plan o programa.
10. El IPSE procede a realizar el análisis técnico teniendo en cuenta el impacto social y ambiental que ocasionará el proyecto durante sus etapas de ciclo de vida para así generar un concepto de viabilidad, así mismo se investigará los recursos económicos para llevar a cabo dicha propuesta y solicitar recursos al fondo correspondiente (FAZNI, FAER, FOES).
11. Si el concepto es favorable La Unidad de Planeación Minero-Energética (UPME) estudiará la viabilidad financiera del proyecto presentada por el IPSE generando así el concepto de viabilidad técnica, pero si es negativo, el plan, programa o proyecto es devuelto a la entidad que lo haya presentado, junto con sus respectivos comentarios y propuestas de mejora.
12. Posteriormente el plan, programa o proyecto ya evaluado y estudiado por la UPME, junto con los conceptos favorables emitidos y con las fichas de registro en el BPIN (Banco de Programas y Proyectos de Inversión Nacional (BPIN), del Departamento Nacional de Planeación.)

El siguiente diagrama de flujo (ilustración 19) plasma la propuesta de la metodología, la cual ha sido explicado anteriormente.

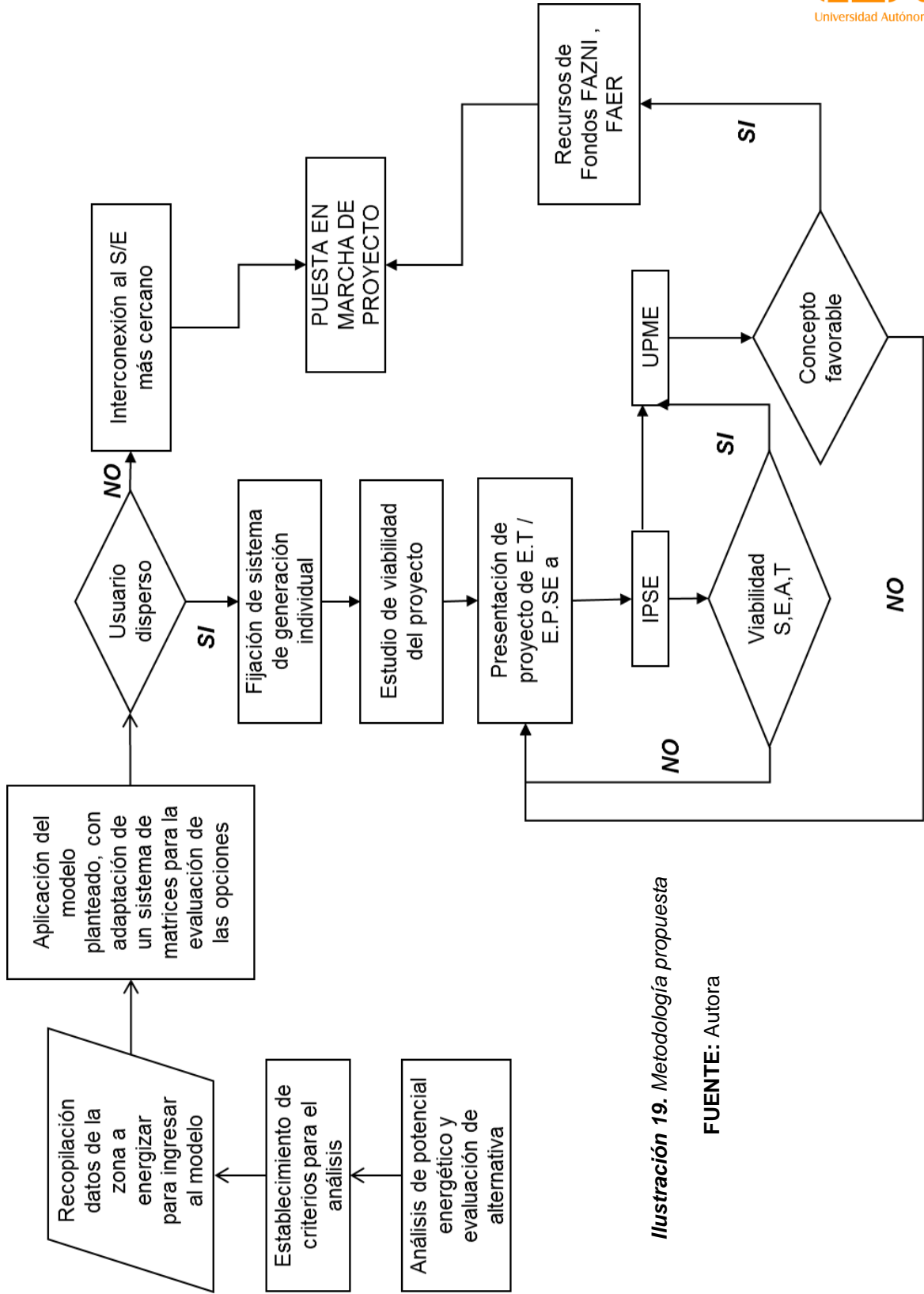


Ilustración 19. Metodología propuesta

FUENTE: Autora

3. CASO DE ESTUDIO Y APLICACIÓN DE METODOLOGÍA

Antes que nada, para tomar la mejor decisión del sistema de energización que se quiere implementar, se debe estudiar la presencia de una necesidad, para este caso la que se abordará sería la carga eléctrica que necesita ser suplida y así poder establecer los múltiples beneficios que podría obtener dicha comunidad.

El departamento de la Guajira tiene una disponibilidad promedio de 2.190 KWh/m²/año lo que hace que este departamento sea el primero en ofrecer un potencial energético solar. Cabe resaltar que la comunidad de la ranchería Masharrerrain ubicada en el norte del Municipio de Uribia, en el departamento de la Guajira; es una comunidad muy olvidada por el estado por su difícil acceso, no cuenta con ningún tipo de servicio público, lo cual conlleva a un declive en la condición de calidad de vida de cada uno de sus habitantes y para este proyecto se seleccionó para evaluar la nueva metodología adjuntada en los siguientes apartados. [17]

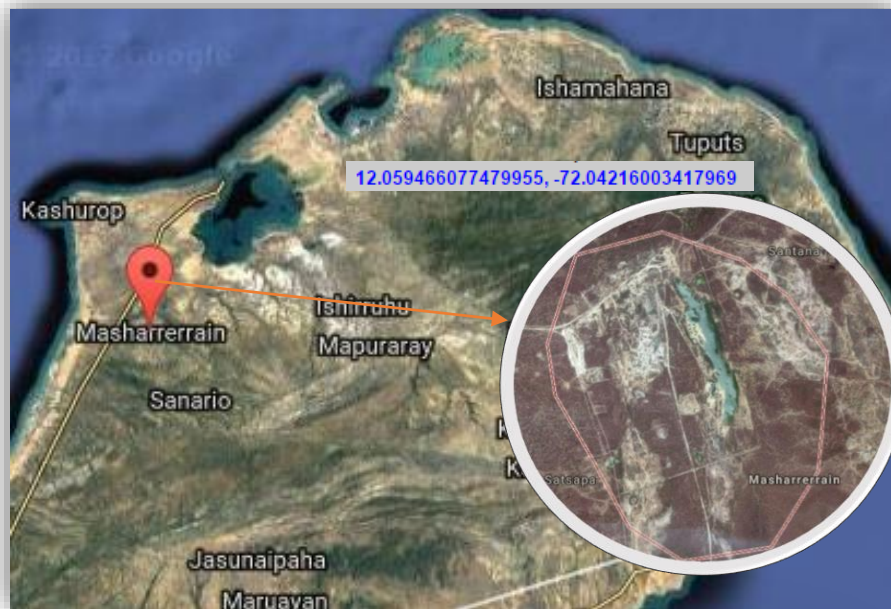


Ilustración 20. Ubicación de zona a energizar

FUENTE: Mapa Colombia, Google Maps, ajustes autora

En este caso la comunidad de Masharrerrain presenta una radiación solar de 6 KWh/m² a 6,5 KWh/m² y en cuanto al potencial eólico la Guajira, se cuenta con un potencial efectivo de conversión de energía eólica a energía eléctrica ya que en Masharrerrain se generan corrientes de viento de 8 a 9 m/s, siendo una de las zona con excelentes vientos de Colombia.

(Latitud: 12.0667; Longitud: -72.05 / 11°34'09"N 72°31'38"W), esta comunidad cuenta con una población 1218 habitantes y presenta un excelente potencial eólico y solar como se puede observar en la ilustración 22 y 23.

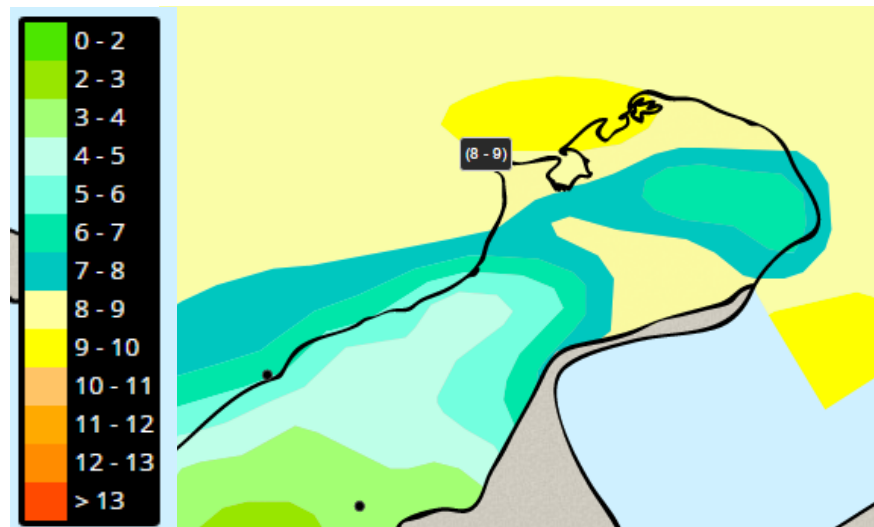


Ilustración 21. Recurso de energía eólica en Masharreraín

FUENTE. Atlas interactivo IDEAM

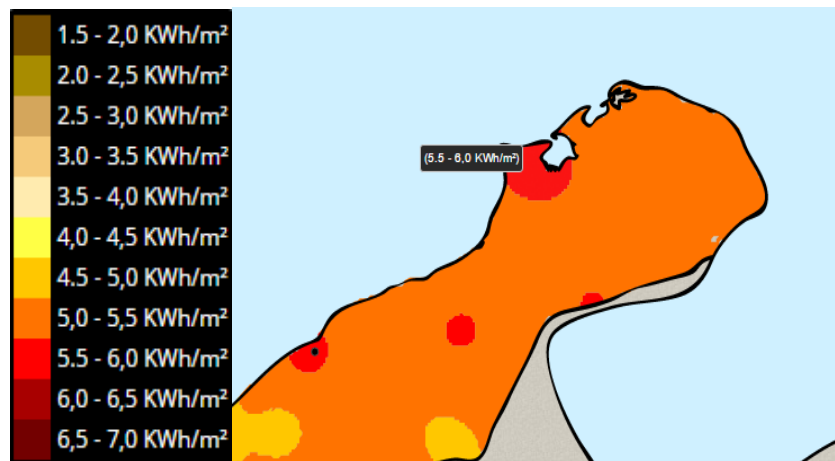


Ilustración 22. Recurso de energía solar en Masharreraín

FUENTE. Atlas interactivo IDEAM

Para empezar la aplicación de la metodología propuesta, fue necesario la recopilación de la información de la zona a energizar y analizar los potenciales energéticos de la zona y establecer los criterios. En este primer paso se obtuvo la colaboración del secretario de obras del municipio de Uribe el señor Fadner Fonseca Vizcaino, quien junto con un grupo de apoyo generó datos a nivel social.

Ahora es necesario determinar la carga de usuario, en este caso la comunidad de Masharrerrain, para esto se utilizó la Norma Técnica ESSA, que especifica el siguiente calculo de la demanada máxima estimada para zonas rurales que corresponden al estrato 1.

Ecuación 10

$$D_{\max_rural} = \frac{(S_M + [(32 VA/m^2) * AREA(m^2)] * 0,5) * N}{F_{div}}$$

Donde:

S_M : Carga de aparato de mayor potencia

N : Número de usuarios

F_{div} : Factor de diversidad

El factor de diversidad es correspondiente a estratos 1,2,3,4 (sector residencial), la siguiente ecuación corresponde a este y posteriormente se observa el valor equivalente al factor de diversidad para la comunidad de Masharrerrain.

Ecuación 11

$$F_{div} = \frac{1}{0,2 + 0,8e^{\left(\frac{1-N}{6}\right)}}$$

$$F_{div} = \frac{1}{0,2 + 0,8e^{\left(\frac{1-200}{6}\right)}} = 5$$

Para llevar a cabo el cálculo de la demanda máxima estimada según el código eléctrico colombiano, NTC 2050, se tiene presente el aparato con mayor consumo, en el caso de estudio sería la Nevera, así mismo se estima que por usuario (familia) les corresponde un área de 60 m². Entonces la demanda máxima sería:

$$D_{\max_Masharrerrain} = \frac{(500 + [(32 VA/m^2) * 60(m^2)] * 0,5) * 200}{5} = 58,4 kW$$

Al tener el valor de la demanda máxima, haciendo uso de la curva de demanda diaria [p.u], se determina la curva de demanda diaria para la comunidad de Masharrerrain. La cual se observa en la ilustración 23.

HORA	DEMANDA PROMEDIO HORA [p.u]	DEMANDA COMUNIDAD [kWh]
1	0,29	16,936
2	0,31	18,104
3	0,26	15,184
4	0,27	15,768
5	0,31	18,104
6	0,33	19,272
7	0,38	22,192
8	0,37	21,608
9	0,41	23,944
10	0,47	27,448
11	0,53	30,952
12	0,55	32,120
13	0,54	31,536
14	0,5	29,200
15	0,47	27,448
16	0,42	24,528
17	0,52	30,368
18	0,61	35,624
19	0,92	53,728
20	1	58,400
21	0,9	52,560
22	0,75	43,800
23	0,63	36,792
24	0,45	26,280
	TOTAL	711,896

Tabla 14. Consumo diario de comunidad Masharrerrain

FUENTE. Norma Técnica ESSA

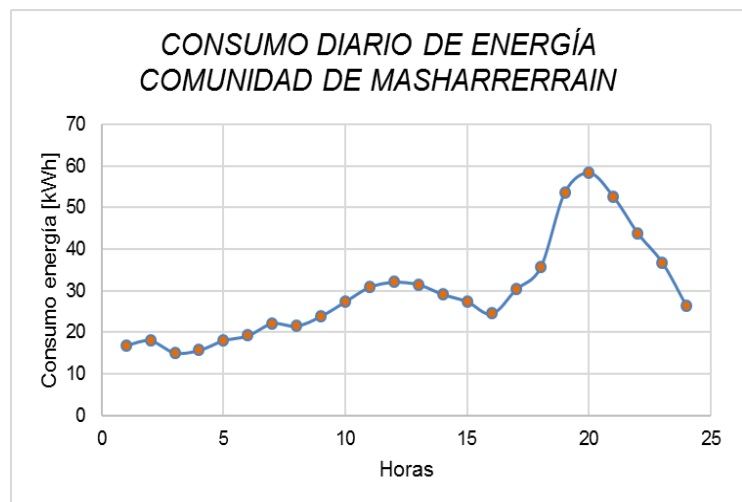


Ilustración 23. Curva de consumo diario para la comunidad de Masharrerrain

FUENTE. Norma Técnica ESSA

Luego se procede a realizar las evaluaciones pertinentes en el software Homer pro para dar valor a los criterios económicos y técnicos establecidos. Homer Pro al ser un software tan dinámico e interactivo, permite ingresar desde la ubicación hasta realizar el diseño que se pretende implementar, para esto Homer Pro analiza en una sola simulación todas las alternativas de energización logrando establecer las mejores combinaciones por medio de una evaluación económica y técnica generada. Así mismo fue de gran importancia la investigación realizada por Maria Mellinas, ya que fue de gran ayuda para el análisis comparativo por medio de MCDM. [19]

A continuación, se observan unas imágenes correspondientes al paso a paso realizado en el software Homer Pro, herramienta que permite la simulación de sistemas para la energización de una zona determinada.

Paso 1: Asignar un nombre al proyecto y buscar las coordenadas donde se encontrará localizado el proyecto, éstas coordenadas pertenecen a la ranchería de Masharreraín siendo la zona de estudio donde se realizó el análisis.

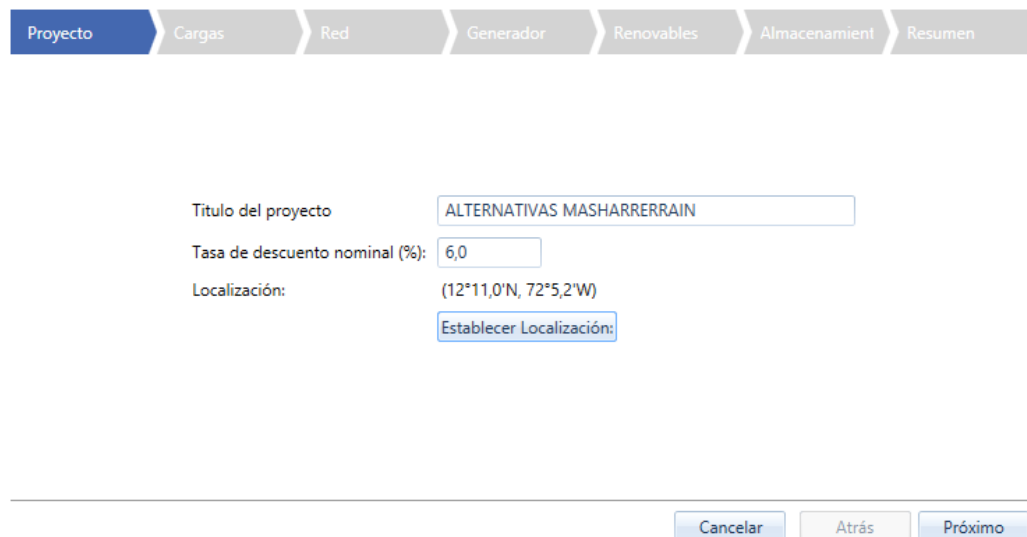


Ilustración 24. Ubicación de Masharreraín

FUENTE: Homer Pro

Paso 2: Ingresar el perfil del consumo de energía estimado por una familia durante las 24 horas del día, siendo este consumo inferior al consumo promedio. Y especificar las fases de simulación.

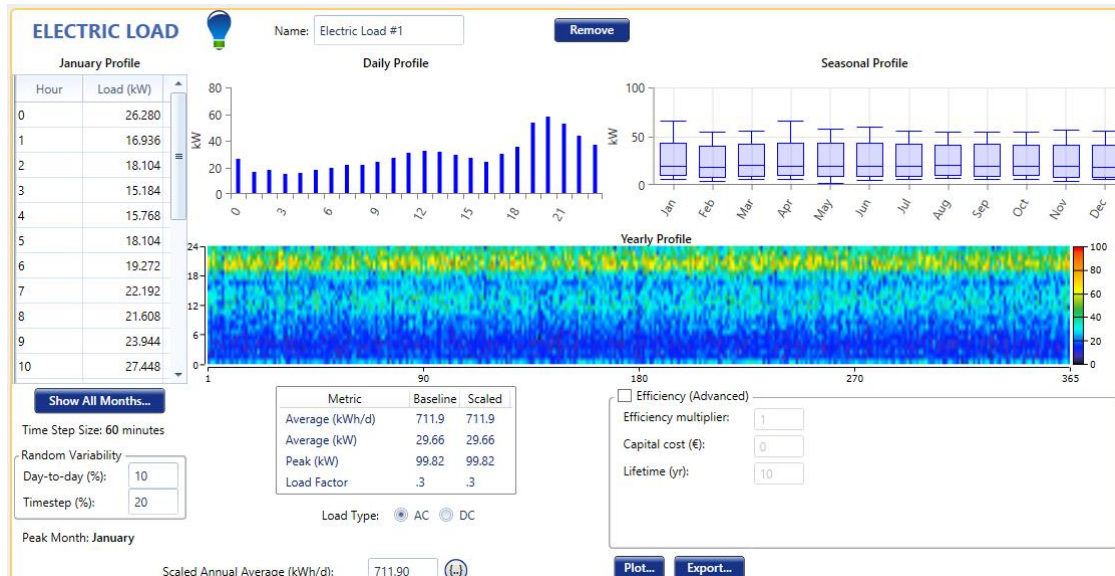


Ilustración 25. Carga eléctrica de la comunidad Masharrerrain

FUENTE: Homer Pro

Paso 3: Agregar los elementos necesarios al diseño que permiten el aprovechamiento de los potenciales de los recursos renovables existentes en la zona a implementar dicho modelo de energización, teniendo en cuenta el potencial de energía eólico y solar y también el sistema convencional de energización.

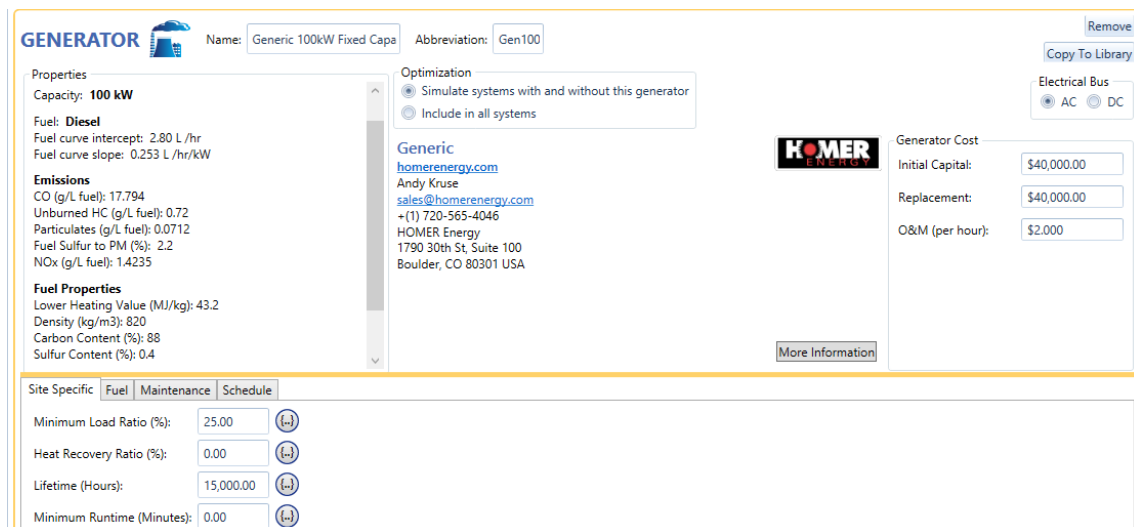



Ilustración 26. Generador Diesel

FUENTE: Homer Pro

STORAGE  Name: Generic 1kWh Lead Acid Abbreviation: 1kWh L Remove
Copy To Library

Properties
Kinetic Battery Model
 Nominal Voltage (V): 12
 Nominal Capacity (kWh): 1
 Maximum Capacity (Ah): 83.4
 Capacity Ratio: 0.403
 Rate Constant (1/hr): 0.827
 Roundtrip efficiency (%): 80
 Maximum Charge Current (A): 16.7
 Maximum Discharge Current (A): 24.3
 Maximum Charge Rate (A/Ah): 1

www.homerenergy.com
 This is a generic 12 volt lead acid battery with 1 kWh of energy storage.

Generic
homerenergy.com
 Andy Kruse
sales@homerenergy.com
 +(1) 720-565-4046
 HOMER Energy
 1790 30th St, Suite 100
 Boulder, CO 80301 USA More Information

Batteries

Quantity	Capital (\$)	Replacement (\$)	O&M (\$/year)
1	300.00	300.00	10.00

Lifetime

time (years): 10.00 (-) (+)
 throughput (kWh): 800.00 (-) (+)

Quantity Optimization
 HOMER Optimizer™
 Search Space

 0
 1
 10
 20
 30

Site Specific Input


String Size: 1 Voltage: 12 V

Initial State of Charge (%): 100.00 (-) (+)
 Minimum State of Charge (%): 40.00 (-) (+)

Minimum storage life (yrs): 5.00 (-) (+) Maintenance Schedule...

Ilustración 27. Sistema de almacenamiento y conversión de energía

FUENTE: Homer

CONVERTER  Name: Generic system converter Abbreviation: Convert Remove
Copy To Library

Properties
 Name: Generic system converter
 Abbreviation: Converter
www.homerenergy.com
 Notes:
 This is a generic system converter.

Generic
homerenergy.com
 Andy Kruse
sales@homerenergy.com
 +(1) 720-565-4046
 HOMER Energy
 1790 30th St, Suite 100
 Boulder, CO 80301 USA More Information

Costs

Capacity (kW)	Capital (\$)	Replacement (\$)	O&M (\$/year)
1	\$300.00	\$300.00	\$0.0

Click here to add new item

Multiplier: (-) (-) (-)

Capacity Optimization
 HOMER Optimizer™
 Search Space
 Advanced

Inverter Input


Lifetime (years): 25.00 (-) (+)
 Efficiency (%): 95.00 (-) (+)
 Parallel with AC generator?

Rectifier Input

Relative Capacity (%): 100.00 (-) (+)
 Efficiency (%): 90.00 (-) (+)

Ilustración 28. Sistema de conversión de energía

FUENTE: Homer

WIND TURBINE  Name: Generic 10 kW Abbreviation: G10 Remove Copy To Library

Properties
 Name: Generic 10 kW
 Abbreviation: G10
 Rated Capacity (kW): 10
 Manufacturer: Generic
www.homerenergy.com

Costs

Quantity	Capital (\$)	Replacement (\$)	O&M (\$/year)
1	\$50,000.00	\$50,000.00	\$500.00

Click here to add new item

Multiplier:

Site Specific Input
 Lifetime (years): Hub Height (m): Consider ambient temperature effects?

Quantity Optimization
 HOMER Optimizer™
 Search Space

Quantity:

Electrical Bus
 AC DC

Power Curve | Turbine Losses | Maintenance

Wind Speed (m/s)	Power Output (kW)
0	0
3	0
4	0.19
5	0.37
6	0.93

Wind Turbine Power Curve

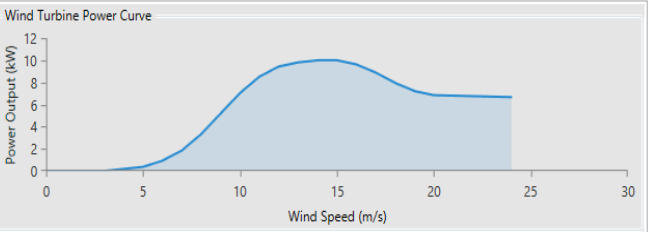



Ilustración 29. Sistema eólico-aerogenerador

FUENTE: Homer Pro

PV  Name: Generic flat plate PV Abbreviation: PV Remove Copy To Library

Properties
 Name: Generic flat plate PV
 Abbreviation: PV
 Panel Type: Flat plate
 Rated Capacity (kW): 1
 Manufacturer: Generic
www.homerenergy.com
 Notes: This is a generic PV system.

Capacity Optimization
 HOMER Optimizer™
 Search Space

Capacity (kW):

Costs

Capacity (kW)	Capital (\$)	Replacement (\$)	O&M (\$/year)
1	3,000.00	3,000.00	10.00

Lifetime time (years): More...

Site Specific Input
 Derating Factor (%):

Electrical Bus
 AC DC

MPPT | Advanced Input | Temperature

Explicitly model Maximum Power Point Tracker

Lifetime (years):

Search Space

Use Efficiency Table?
 Efficiency (%):

Size (kW)	Capital (\$)	Replacement (\$)	O&M (\$/year)
1	\$0.00	\$0.00	\$0.00

Click here to add new item

Input Percentage (%)	Efficiency (%)
<input type="text" value="95"/>	<input type="text" value="95"/>

Click here to add new item

Ilustración 30. Sistema solar fotovoltaico

FUENTE: Homer Pro

Paso 4: Agregar los recursos

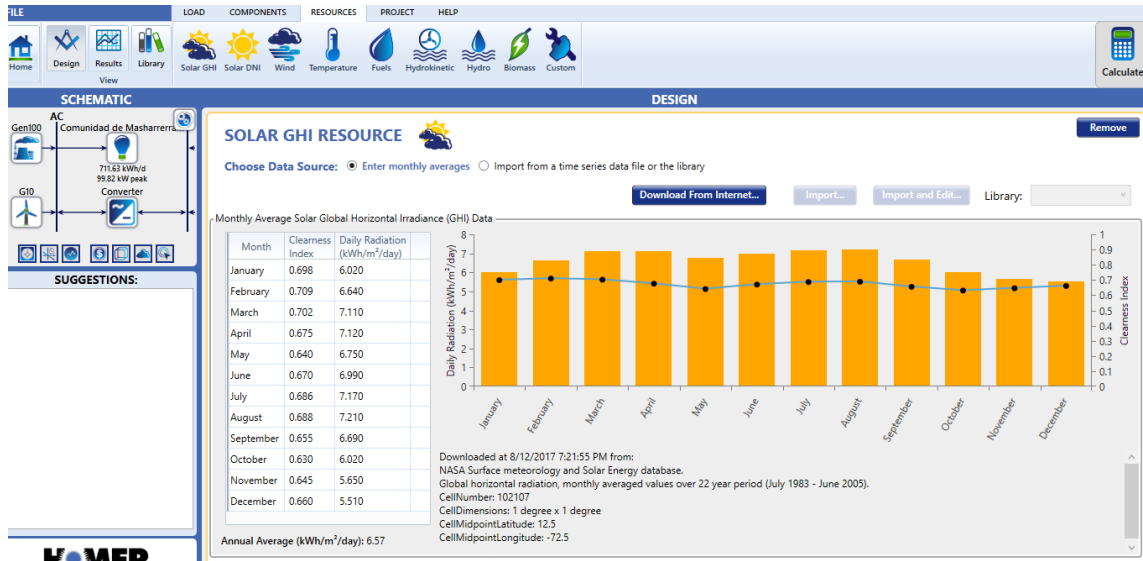


Ilustración 31. Recurso Solar en Masharrerrain
FUENTE: Homer Pro

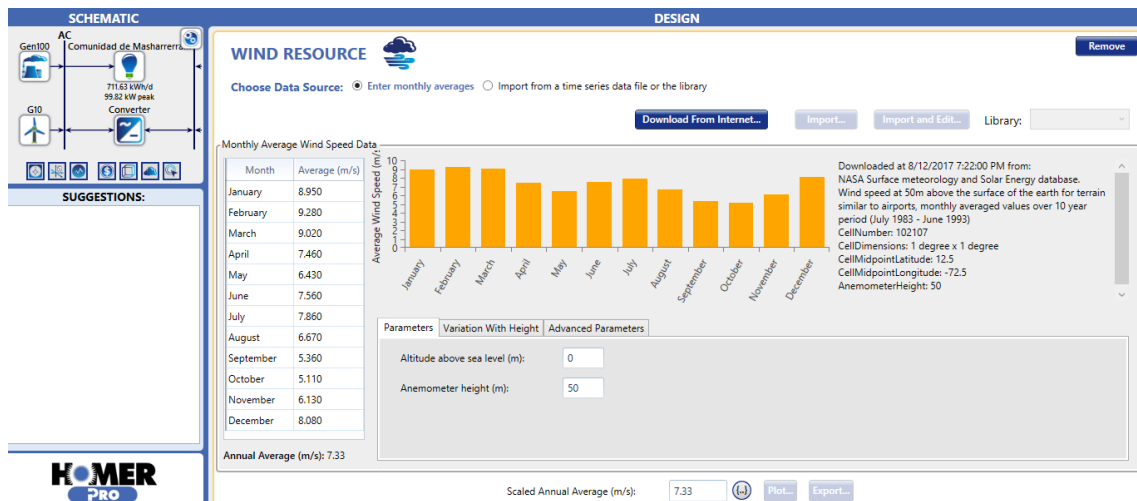
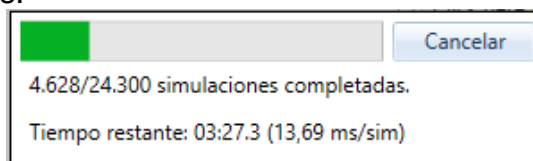


Ilustración 32. Recurso Eólico en Masharrerrain
FUENTE: Homer Pro

Paso 5: Dar comienzo a los cálculos para obtener los resultados de las fases de simulación asignadas.



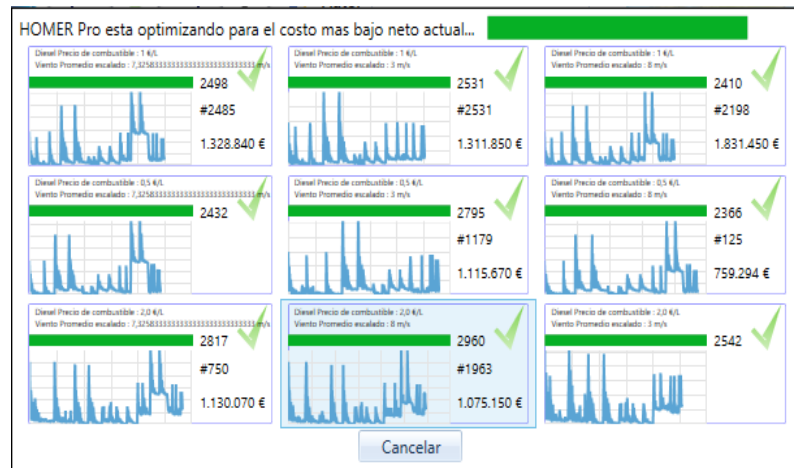


Ilustración 33. Proceso de simulación

FUENTE: Homer Pro

Paso 6: Obtención de los resultados, en la ilustración 34 se refleja el rango de las combinaciones más óptimas, es importante especificar que los costos se encuentran en dólares y las alternativas señaladas con recuadros rojos son las seleccionadas, se descartaron las alternativas de solución donde se integran sistemas de almacenamiento, debido a su poca viabilidad técnico-económica, del mismo modo en las combinaciones seleccionadas los sistemas relacionan el uso de generadores convencionales, con el fin de lograr una mejor comparación con las alternativas de la metodología PIEC.

					Cost			
☑	☑	☑	☑	☑	COE (\$)	NPC (\$)	Operating cost (\$)	Initial capital (\$)
☑				☑	\$0.482	\$1.62M	\$92,094	\$428,500
☑	☑			☑	\$0.490	\$1.65M	\$90,360	\$478,500
☑				☑	\$0.493	\$1.65M	\$95,162	\$424,000
☑	☑			☑	\$0.501	\$1.68M	\$93,339	\$474,000
		☑		☑	\$0.536	\$1.80M	\$136,229	\$40,000
	☑			☑	\$0.544	\$1.83M	\$134,282	\$90,000
		☑	☑	☑	\$0.546	\$1.83M	\$136,897	\$64,300
	☑		☑	☑	\$0.554	\$1.86M	\$134,949	\$114,300

Ilustración 34. Resultados de simulación

FUENTE: Homer Pro

Homer Pro al ser un software tan dinámico e interactivo, permite ingresar desde la ubicación, la carga eléctrica, las tecnologías que se quieren estudiar, los recursos o potenciales energéticos, en fin, realizar el diseño que se pretende implementar, para esto Homer Pro analiza en una sola simulación todas las alternativas de energización logrando establecer las mejores combinaciones por medio de una evaluación económica y técnica generada. [18]

Luego de tener toda la información requerida se recopilan los datos necesarios para estructurarlos de la siguiente forma:

- Las **ALTERNATIVAS**: Representan posibles soluciones al problema de decisión, fueron seleccionadas cuatro alternativas de solución resultantes de la simulación hecha en el software Homer Pro.

ALTERNATIVAS	SIGLAS
Sistema hibrido Fotovoltaico-Diesel	A1
Sistema hibrido Solar-Eólico-Diesel	A2
Sistema convencional Diesel	A3
Sistema hibrido Eólico-Diesel	A4

Tabla 15. Alternativas de solución seleccionadas
FUENTE: Autora

La finalidad es evaluar por medio de la asignación de pesos las diferentes alternativas y así lograr proveer el servicio de energía eléctrica a la zona rural aislada no interconectada (Ranchería Masharrerrain), a continuación, se observa las diferentes alternativas de sistemas de generación, los cuales se establecieron partiendo de los potenciales energéticos existentes en la zona.

- Los **CRITERIOS**: Son los atributos, objetivos o metas considerados relevantes para un problema decisional, en este caso se establecen criterios sociales, económicos, ambientales y técnicos los cuales se muestran en la siguiente tabla.

CRITERIOS	SIGLAS
Sociales	C1
Económicos	C2
Ambientales	C3
Técnicos	C4

Tabla 16. Criterios establecidos
FUENTE: Autora

- Los **SUBCRITERIOS** aparecen cuando el problema exige identificar distinto niveles de criterios para ser definido y adecuadamente.

SUBCRITERIOS	SIGLAS
<i>Número de familias</i>	C11
<i>Aceptación social</i>	C12
<i>Calificación del personal requerido</i>	C13
<i>Calidad de vida</i>	C14
<i>Riesgo de conflictos</i>	C15
<i>Inversión inicial [\$/benef]</i>	C21
<i>LCOE [\$/kWh]</i>	C22
<i>Costos de tierra [\$/m²]</i>	C23
<i>Impacto ambiental / ACV</i>	C31
<i>Emisiones CO₂ [ton/kWh]</i>	C32
<i>Eficiencia global [%]</i>	C41
<i>Dispersión del recurso disponible</i>	C42
<i>Consumo Energía/familia [kWh mes / familias]</i>	C43

Tabla 17. Subcriterios
FUENTE: Autora

Es clave mencionar que para el desarrollo del modelo y la aplicación del método fue de gran apoyo la investigación “Análisis comparativo de técnicas de generación eléctrica, AHP, Topsis y Fuzzicado” realizada por Maria Mellinas, y el proyecto “Aplicaciones de modelos multicriteriales a la energía, la sociedad y el medio ambiente” realizado por Manuel E. Cortes y su grupo de investigación. [16] [19]

PASO 1

Para lograr la aplicación del método AHP junto con la ponderación lineal se debe comenzar con la organización del problema, esto se ve reflejado en la ilustración 35, y tiene como objetivo mostrar esquemáticamente la relación existente entre los criterios, subcriterios para la evaluación de cada una de las alternativas planteadas.

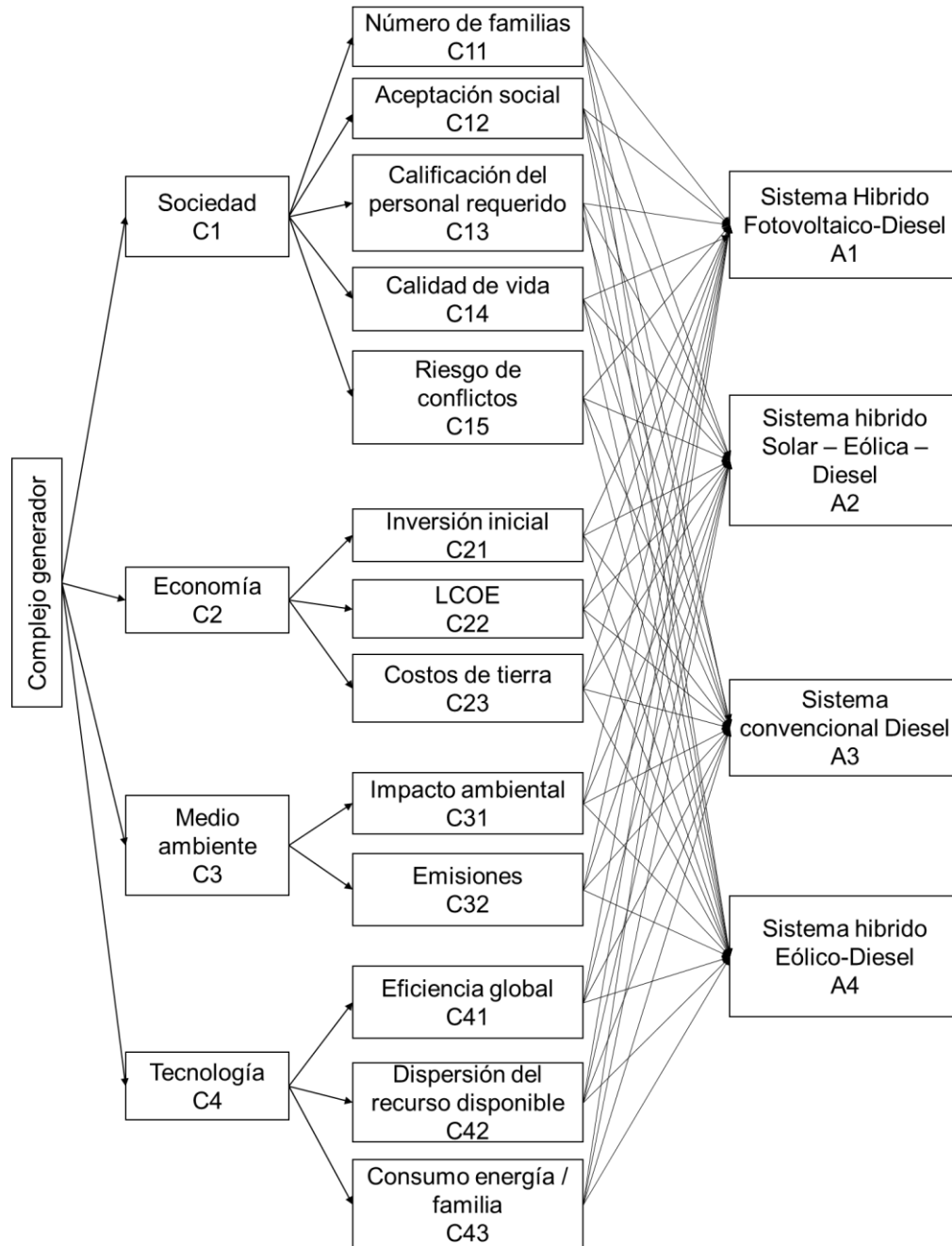


Ilustración 35. Modelo para la toma de decisiones aplicada al caso de estudio

FUENTE: Autora

	SUBCRITERIOS	SIGLAS	UNIDAD	DESCRIPCIÓN
CRITERIOS SOCIALES	Número de usuarios	<i>Np</i>	<i>Numero de familia</i>	Número de personas que viven en el área o zona donde se implementará la alternativa del sistema para solución de generación de energía.
	Aceptación social	<i>As</i>	1-Poco aceptada 2- Medianamente aceptada 3-Muy aceptada	Es el grado con el que las personas pertenecientes a la comunidad asimilan la implementación del sistema de energización seleccionado.
	Calificación del personal requerido	<i>Cp</i>	1-Muy calificado 2- Medianamente calificado 3-Poco calificado	Es el grado del personal profesional que es requerido para la instalación, puesta en marcha, mantenimiento, y operación del sistema a implementar.
	Calidad de vida	<i>Cv</i>	1- Aumento de CV 2- Igualdad de CV 3- Disminución de CV	Es el grado de aumento de ingresos en las familias debido al mejoramiento y realización de nuevas actividades del diario vivir, que permitan crecer en muchos ámbitos.
	Riesgo de conflictos	<i>Rc</i>	1-Riesgo elevado 2- Riesgo medio 3-Riesgo bajo	Es el grado en el que se encuentra la zona donde se quiere implementar el sistema de energización, a nivel conflictivo con entes de mando en dicha zona.
CRITERIOS ECONÓMICOS	Inversión inicial / beneficio	<i>Inv</i>	<i>\$/beneficio</i>	Coste total del equipo y maquinaria necesaria para el arranque del proyecto, así como de los gastos generados para la instalación y funcionamiento del sistema de generación. Este criterio es la relación entre la inversión inicial total entre el beneficio generado, el cual está definido por el número total de familias beneficiadas con el proyecto. Es una relación coste/beneficio por lo que será medido en \$/familia.
	Costo nivelado de energía	<i>LCOE</i>	<i>\$/kWh</i>	Costo total de instalar y operar un proyecto expresado en dólares por kilovatio-hora de electricidad generada por el sistema sobre su vida. Cuentas para: Costes de instalación, costos de financiamiento, impuestos, costos de operación y mantenimiento, valor residual, incentivos, requisitos de ingresos, cantidad de electricidad que genera el sistema sobre su vida.
	Costos de tierra	<i>Ct</i>	<i>\$/m²</i>	El precio de la tierra es determinado por la magnitud de la renta que recibe el dueño del terreno y por la cuota de interés

	SUBCRITERIOS	SIGLAS	UNIDAD	DESCRIPCIÓN
CRITERIOS AMBIENTALES	Impacto ambiental / ACV	IA	$IA=I+E+R$ <i>I: Intensidad del impacto (1-Baja, 2-Media, 3-Alta)</i> <i>E: Extensión del impacto (1-Baja, 2-Media, 3-Alta)</i> <i>R: Reversibilidad del impacto (1- Reversible, 2- Parcialmente reversible, 3- Irreversible)</i>	Efecto de los cambios debido a factores bióticos y no bióticos sobre un ecosistema. Los factores bióticos son los provocados por la acción de organismos vivos (hombres, animales, plantas) y los no bióticos, provocados por la influencia de factores inanimados (climatológicos, edafológicos).
	Emisiones	E	ton	Son todas las sustancias contaminantes producto de la actividad humana o natural, de cualquier tipo.
CRITERIOS TÉCNICOS	Eficiencia global	Eg	%	Es una razón porcentual, corresponde al producto de la eficiencia externa y la eficiencia del uso final
	Dispersión del recurso disponible	Df	1-Fuente a más de 10 Km 2- Fuente entre 1 y 10 Km 3-Fuente a menos de 1 Km	Es el grado de distancia en el que se encuentra el recurso de fuentes para el aprovechamiento del mismo en los sistemas a implementar.
	Energía/familia	Ef	kWh mes / familia	Es la razón entre la cantidad de energía entregada por los generadores al sistema por una unidad de tiempo (energía generada en un día) y el número de familias beneficiadas por el mismo. Es una relación entre producción/beneficio.

Tabla 18. Definición de los subcriterios usados para el proceso de TD

FUENTE: Autora

La tabla 19 se encuentra dividida y es observada anteriormente, donde se presenta la explicación a detalle de cada subcriterio establecido anteriormente, junto con la columna denominada como “UNIDAD”, en la cual se especifica la unidad de calificación ya sea valor de tipo monetario, porcentual o entero; algunas muestran un tipo de restricción como los criterios sociales, el subcriterio de dispersión del recurso disponible que se califican de 1 a 3, o el subcriterio de impacto ambiental que relaciona la sumatoria de tres términos que se califican también de 1 a 3, dando como resultado valores de 3 a 9.

En la tabla 20 se observa los datos de referencia obtenidos como se había mencionado anteriormente por medio del secretario de obras y el uso del software Homer Pro.

ALTERNATIVAS			Sistema hibrido Solar-Diesel	Sistema hibrido Solar-Eólico-Diesel	Sistema convencional	Sistema hibrido Eólico -Diesel
CRITERIOS			A1	A2	A3	A4
SOCIAL	Número de familias	C11	200	200	200	200
	Aceptación social	C12	2	3	1	2
	Calificación del personal requerido	C13	2	1	3	2
	Calidad de vida	C14	1	1	1	1
	Riesgo de conflictos	C15	2	2	1	2
ECONÓMICO	Inversión inicial [\$/benef]	C21	\$1.272.000.000	\$1.422.000.000	\$120.000.000	\$270.000.000
	LCOE [\$/kWh]	C22	\$5.235.487.479	\$5.320.018.503	\$5.808.688.608	\$5.892.847.632
	Costos de tierra [\$/m2]	C23	\$620.000.000	\$840.000.000	\$116.000.000	\$540.000.000
AMBIENTAL	Impacto ambiental / ACV	C31	5	3	9	7
	Emisiones CO2 [g/kWh]	C32	4	6	127,3	12,5
TECNICO	Eficiencia global [%]	C41	68	75	22	57
	Dispersión del recurso disponible	C42	3	2	1	2
	Consumo Energía/familia [kWh mes / familias]	C43	21356880	21356880	21356880	21356880

Tabla 19. Recopilación de datos obtenidos
FUENTE: Autora

Como se puede ver la tabla 20 refleja valores de tipo general o entero, valores monetarios y porcentuales, los cuales para ser evaluados necesitan el proceso de normalización, señalado en la ecuación 1.

$$Y_i = \frac{x_i}{\max(x_i)} \quad \text{Donde } 0 < Y_i < 1 \quad \text{Ecuación 1}$$

Este método tiene muy fácil aplicación, para normalizar cada criterio se establece el valor máximo entre los valores de todas las alternativas propuestas, y este será el divisor del valor que corresponde al criterio evaluado en cada una de las alternativas

ALTERNATIVAS			Sistema hibrido Solar-Diesel	Sistema hibrido Solar-	Sistema convencional	Sistema hibrido Eólico
SUBCRITERIOS			A1	A2	A3	A4
SOCIAL	Número de familias	C11	1	1	1	1
	Aceptación social	C12	0,6667	1	0,3333	0,6667
	Calificación del personal requerido	C13	0,6667	0,3333	1	0,6667
	Calidad de vida	C14	1	1	1	1
	Riesgo de conflictos	C15	1	1	0,5	1
ECONÓMICO	Inversión inicial [\$/benef]	C21	0,895	1	0,0844	0,1899
	LCOE [\$/kWh]	C22	0,8884	0,9028	0,9857	1
	Costos de tierra [\$/m2]	C23	0,7381	1	0,1381	0,6429
AMBIENTAL	Impacto ambiental / ACV	C31	0,5556	0,3333	1	0,7778
	Emissiones CO2 [g/kWh]	C32	0,0314	0,0471	1	0,0982
TECNICO	Eficiencia global [%]	C41	0,9067	1	0,2933	0,76
	Dispersión del recurso disponible	C42	1	0,6667	0,3333	0,6667
	Consumo Energía/familia [kWh mes / familia]	C43	1	1	1	1

Tabla 20. Datos normalizados
FUENTE: Autora

Teniendo los datos que se encuentran en la tabla 20 y posteriormente los mismos, pero ya con proceso de normalización (Ver tabla 21), es necesario proceder a realizar una ponderación de acuerdo a la importancia de los criterios social, económico, ambiental y técnico, con sus respectivos subcriterios; con el fin de encaminar los datos a lo que se quiere lograr y es encontrar la alternativa de solución de generación de energía eléctrica en la zona de caso de estudio Masharrerrain, ya que para cada zona varían todos los datos de cada criterio en particular.

Para llevar a cabo el proceso analítico jerárquico (AHP) y el método de ponderación lineal con la información ya recopilada y mostrada anteriormente de los criterios, subcriterios y alternativas de solución es de importancia determinar los pesos correspondientes a cada criterio evaluado para cada una de las alternativas. Para la asignación de pesos se usa la valoración propuesta en la escala Saaty mostrada en la tabla 12.

PASO 2

Como se ve reflejado en la ilustración 36, el valor a maximizar o con mayor importancia le corresponde el número 9 que expresa que entre el subcriterio o la alternativa A y el subcriterio o alternativa B, el subcriterio A tiene sin duda la importancia extrema. A medida que el valor decrece hasta llegar a 1, muestra una importancia cada vez menor del subcriterio o alternativa A sobre el subcriterio o alternativa B, reflejándose en valores de mayor importancia a menor importancia (9,7,5,3,1).



Ilustración 36. Forma de valoración

FUENTE: ANALISIS COMPARATIVO DE TECNICA DE GENERACION ELECTRICA, Universidad politécnica de Cartagena - María Jesús Mellinas F. 2012

Así mismo existen valores intermedios que son 2,4,6 y 8, los cuales muestran la igualdad de importancia entre dos subcriterios o dos alternativas. Cada valor tiene su recíproco. Enseguida se ve un ejemplo básico para entender la asignación de pesos por medio del uso de la escala Saaty.

Ejemplo

Las alternativas evaluadas frente al subcriterio C32: Emisiones de CO₂ son: A1: Sistema solar fotovoltaico y A4: Sistema convencional generador Diesel.

Entonces al realizar la comparación binaria según las emisiones de CO₂ a minimizar se tiene que la A1 comparada con la A1 para el subcriterio de emisiones de CO₂ presentan el valor de 1 que corresponde a igualdad de importancia, lo mismo sucede con la A4 comparada con A4, ahora si la comparación es entre la A1 respecto a la A4, se puede determinar que la alternativa A1 muestra mayor importancia puesto que el sistema solar fotovoltaico emite nulas cantidades de CO₂ desde la puesta en marcha del proyecto en comparación a un sistema de generadores Diesel, por tal motivo se ve que es de suma importancia la A1 que la A4. Las comparaciones se hacen criterio o alternativa A (fija) con respecto al subcriterio o alternativa B (columna)

C32	A1	A4
A1	1	9
A4	1/9	1

Tabla 21. Ejemplo de asignación de pesos según la escala de Saaty

FUENTE: Autora

De acuerdo con lo anterior se asignan los valores según Saaty a cada uno de los subcriterios evaluados en las cuatro alternativas, obteniendo los valores mostrados desde la tabla 23 hasta la tabla 35.

Alternativas según número de familias				
C11	A1	A2	A3	A4
A1	1	1/6	1/4	7
A2	6	1	2	1/9
A3	4	1/2	1	5
A4	1/7	9	1/5	1

Tabla 22. Comparación binaria entre alternativas según el número de familias a maximizar

FUENTE: Autora

Alternativas aceptación social				
C12	A1	A2	A3	A4
A1	1	5	1/8	1/3
A2	1/5	1	2	7
A3	8	1/2	1	5
A4	3	1/7	1/5	1

Tabla 23. Comparación binaria entre alternativas según la aceptación social, a maximizar

FUENTE: Autora

Alternativas según calificación del personal				
C13	A1	A2	A3	A4
A1	1	1	1/4	7
A2	1	1	1/3	5
A3	4	3	1	5
A4	1/7	1/5	1/5	1

Tabla 24. Comparación binaria entre alternativas según calificación del personal a maximizar
FUENTE: Autora

Alternativas según calidad de vida				
C14	A1	A2	A3	A4
A1	1	1/8	1/4	9
A2	8	1	1/6	7
A3	4	6	1	7
A4	1/9	1/7	1/7	1

Tabla 25. Comparación binaria entre alternativas según la calidad de vida, a maximizar
FUENTE: Autora

Alternativas según riesgo de conflictos				
C15	A1	A2	A3	A4
A1	1	1/6	1/4	1
A2	6	1	1/3	1/2
A3	4	3	1	1/6
A4	1	2	6	1

Tabla 26. Comparación binaria entre alternativas según el riesgo de conflictos, a minimizar
FUENTE: Autora

Alternativas según inversión inicial				
C21	A1	A2	A3	A4
A1	1	1/6	5	9
A2	6	1	1/4	9
A3	1/5	4	1	7
A4	1/9	1/9	1/7	1

Tabla 27. Comparación binaria entre alternativas según la inversión inicial, a minimizar
FUENTE: Autora

Alternativas según LCOE				
C22	A1	A2	A3	A4
A1	1	1/3	1/5	5
A2	3	1	2	1/4
A3	5	1/2	1	1/6
A4	1/5	4	6	1

Tabla 28. Comparación binaria entre alternativas según el LCOE, a minimizar
FUENTE: Autora

Alternativas según costo terreno				
C23	A1	A2	A3	A4
A1	1	7	5	9
A2	1/7	1	3	9
A3	1/5	1/3	1	7
A4	1/9	1/9	1/7	1

Tabla 29. Comparación binaria entre alternativas según el costo del terreno, a minimizar
FUENTE: Autora

Alternativas según impacto ambiental				
C31	A1	A2	A3	A4
A1	1	1/3	1/6	1/9
A2	3	1	1/3	1/9
A3	6	3	1	1/7
A4	9	9	7	1

Tabla 30. Comparación binaria entre alternativas según el impacto ambiental, a minimizar
FUENTE: Autora

Alternativas según emisiones				
C32	A1	A2	A3	A4
A1	1	1/3	1/5	1/9
A2	3	1	1/3	1/7
A3	5	3	1	1/7
A4	9	7	7	1

Tabla 31. Comparación binaria entre alternativas según emisiones de CO₂, a minimizar
FUENTE: Autora

Alternativas según eficiencia global				
C41	A1	A2	A3	A4
A1	1	1/7	1/2	9
A2	7	1	5	9
A3	2	1/5	1	9
A4	1/9	1/9	1/9	1

Tabla 32. Comparación binaria entre alternativas según la eficiencia global, a maximizar
FUENTE: Autora

Alternativas según la dispersión del recurso				
C42	A1	A2	A3	A4
A1	1	1/3	1/7	1/9
A2	3	1	1/8	1/9
A3	7	8	1	1/9
A4	9	9	9	1

Tabla 33. Comparación binaria entre alternativas según la dispersión del recurso, a minimizar
FUENTE: Autora

Alternativas según consumo de energía por fam				
C43	A1	A2	A3	A4
A1	1	1	1/3	1/5
A2	1	1	1/4	1/6
A3	3	4	1	1/8
A4	5	6	8	1

Tabla 34. Comparación binaria entre alternativas según el consumo de energía por familia, a maximizar
FUENTE: Autora

PASO 3

Al tener todas las comparaciones binarias listas se puede concluir que se cumple la condición de reciprocidad la cual dice que “Si A_i es x veces preferido que A_j , entonces A_j es $1/x$ veces preferido que A_i ” [20]

Después de las comparaciones binarias entre las alternativas según los subcriterios establecidos mostrados con anterioridad es necesario definir las prioridades de los criterios y las consistencias a las comparaciones binarias.

Ahora es de gran relevancia determinar las inconsistencias cometidas en las comparaciones binarias anteriormente especificadas, para esto se propone realizar una matriz que valide la comparación de criterio (fila), con respecto al criterio (columna) haciendo uso de la metodología propuesta por Saaty. Posteriormente la tabla 36, se normaliza arrojando los resultados vistos en la tabla 37. En donde la suma de los criterios y los promedios por fila reflejan la ordenación jerárquica de los criterios.

Mediante este método podemos llegar a conocer la calidad de la decisión final, esto lo conseguimos por medio de la evaluación de la consistencia de los juicios que el decisor establece al rellenar las matrices pareadas.

	C11	C12	C13	C14	C15	C21	C22	C23	C31	C32	C41	C42	C43
C11	1	3	1/7	1/2	4	1/5	1/7	1	5	4	1	7	8
C12	1/3	1	5	7	1/3	1/7	1/7	3	1/4	6	5	1/7	1/6
C13	7	1/5	1	1/4	7	1/5	1/7	1/3	5	1/5	1	5	7
C14	2	1/7	4	1	5	5	1/3	1/3	6	1/2	1/4	1	8
C15	1/4	3	1/7	1/5	1	1/3	7	1/4	1/7	1/5	4	5	1/5
C21	5	7	5	1/5	3	1	3	4	1/8	1	1/3	1/9	1/4
C22	7	7	7	3	1/7	0	1	9	1/3	3	4	1/6	1
C23	1	1/3	3	3	4	0	1/9	1	3	5	5	1/5	1/4
C31	1/5	4	1/5	1/6	7	8	3	1/3	1	2	3	1	1/5
C32	1/4	1/6	5	2	5	1	1/3	1/5	1/2	1	4	1/7	5
C41	1	1/5	1	4	1/4	3	1/4	1/5	1/3	1/4	1	6	1/7
C42	1/7	7	1/5	1	1/5	9	6	5	1	7	1/6	1	1/8
C43	1/8	6	1/7	1/8	5	4	1	4	5	1/5	7	8	1
suma	25,30	39,04	31,83	22,44	41,93	32,46	22,46	28,65	27,68	30,35	35,75	34,76	31,33

Tabla 35. Matriz de comparaciones de criterio *i* (fila) con respecto al *j* (columna)

FUENTE: Autora

MATRIZ NORMALIZADA													SUMA	VECTOR PROMEDIO	
C11	0,040	0,077	0,004	0,022	0,095	0,006	0,006	0,035	0,181	0,132	0,028	0,201	0,255	1,083	0,0833
C12	0,013	0,026	0,157	0,312	0,008	0,004	0,006	0,105	0,009	0,198	0,140	0,004	0,005	0,987	0,0759
C13	0,277	0,005	0,031	0,011	0,167	0,006	0,006	0,012	0,181	0,007	0,028	0,144	0,223	1,098	0,0845
C14	0,079	0,004	0,126	0,045	0,119	0,154	0,015	0,012	0,217	0,016	0,007	0,029	0,255	1,077	0,0828
C15	0,010	0,077	0,004	0,009	0,024	0,010	0,312	0,009	0,005	0,007	0,112	0,144	0,006	0,729	0,0560
C21	0,198	0,179	0,157	0,009	0,072	0,031	0,134	0,140	0,005	0,033	0,009	0,003	0,008	0,976	0,0751
C22	0,277	0,179	0,220	0,134	0,003	0,010	0,045	0,314	0,012	0,099	0,112	0,005	0,032	1,441	0,1109
C23	0,040	0,009	0,094	0,134	0,095	0,008	0,005	0,035	0,108	0,165	0,140	0,006	0,008	0,846	0,0651
C31	0,008	0,102	0,006	0,007	0,167	0,246	0,134	0,012	0,036	0,066	0,084	0,029	0,006	0,904	0,0695
C32	0,010	0,004	0,157	0,089	0,119	0,031	0,015	0,007	0,018	0,033	0,112	0,004	0,160	0,759	0,0584
C41	0,040	0,005	0,031	0,178	0,006	0,092	0,011	0,007	0,012	0,008	0,028	0,173	0,005	0,596	0,0459
C42	0,006	0,179	0,006	0,045	0,005	0,277	0,267	0,175	0,036	0,231	0,005	0,029	0,004	1,264	0,0972
C43	0,005	0,154	0,004	0,006	0,119	0,123	0,045	0,140	0,181	0,007	0,196	0,230	0,032	1,240	0,0954
															1,0000

Tabla 36. Matriz normalizada de las comparaciones de los criterios

FUENTE: Autora

En la tabla 38, se obtiene una nueva matriz que resulta de la multiplicación de las columnas de la matriz de comparaciones observada en la tabla 34, por los promedios de cada fila, determinándose posteriormente la suma resultante por fila.

	C11*	C12*	C13*	C14*	C15*	C21*	C22*	C23*	C31*	C32*	C41*	C42*	C43*	suma
	0,083	0,076	0,084	0,083	0,056	0,075	0,111	0,065	0,070	0,058	0,046	0,097	0,095	
C11	0,04	0,08	0,00	0,02	0,10	0,01	0,01	0,04	0,19	0,14	0,03	0,22	0,28	1,169
C12	0,01	0,03	0,17	0,34	0,01	0,00	0,01	0,11	0,01	0,21	0,15	0,00	0,01	1,057
C13	0,30	0,01	0,03	0,01	0,18	0,01	0,01	0,01	0,19	0,01	0,03	0,16	0,24	1,186
C14	0,09	0,00	0,14	0,05	0,13	0,17	0,02	0,01	0,23	0,02	0,01	0,03	0,28	1,162
C15	0,01	0,08	0,00	0,01	0,03	0,01	0,35	0,01	0,01	0,01	0,12	0,16	0,01	0,794
C21	0,21	0,19	0,17	0,01	0,08	0,03	0,15	0,15	0,00	0,03	0,01	0,00	0,01	1,054
C22	0,30	0,19	0,24	0,14	0,00	0,01	0,05	0,33	0,01	0,10	0,12	0,01	0,03	1,549
C23	0,04	0,01	0,10	0,14	0,10	0,01	0,01	0,04	0,12	0,17	0,15	0,01	0,01	0,902
C31	0,01	0,11	0,01	0,01	0,18	0,26	0,15	0,01	0,04	0,07	0,09	0,03	0,01	0,970
C32	0,01	0,00	0,17	0,10	0,13	0,03	0,02	0,01	0,02	0,03	0,12	0,00	0,17	0,816
C41	0,04	0,01	0,03	0,19	0,01	0,10	0,01	0,01	0,01	0,01	0,03	0,19	0,00	0,646
C42	0,01	0,19	0,01	0,05	0,01	0,30	0,30	0,19	0,04	0,24	0,00	0,03	0,00	1,363
C43	0,01	0,17	0,00	0,01	0,13	0,13	0,05	0,15	0,19	0,01	0,20	0,25	0,03	1,331

Tabla 37. Matriz nueva de las comparaciones de los criterios

FUENTE: Autora

Para detectar las inconsistencias de la matriz y medir las consistencias de los valores emitidos para los subcriterios, es necesario calcular el índice de coherencia y el cociente de coherencia, para esto es necesario dividir las sumas por las filas de la tabla anterior, por el vector promedio obtenido de la tabla 37.

$$\begin{pmatrix} 1,169 \\ 1,057 \\ 1,186 \\ 1,162 \\ 0,794 \\ 1,054 \\ 1,549 \\ 0,902 \\ 0,970 \\ 0,816 \\ 0,646 \\ 1,363 \\ 1,331 \end{pmatrix} \div \begin{pmatrix} 0,0833 \\ 0,0759 \\ 0,0845 \\ 0,0828 \\ 0,056 \\ 0,0751 \\ 0,1109 \\ 0,0651 \\ 0,0695 \\ 0,0584 \\ 0,0459 \\ 0,0972 \\ 0,0954 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 14,028 \\ 13,921 \\ 14,040 \\ 14,030 \\ 14,168 \\ 14,039 \\ 13,973 \\ 13,870 \\ 13,958 \\ 13,974 \\ 14,088 \\ 14,026 \\ 13,946 \end{pmatrix} \quad IC = \frac{(\lambda_{max} - n)}{(n - 1)} \times 100 \quad \text{Ecuación 9}$$

Donde:

Ecuación 10

$$\lambda_{max} = \frac{14,029 + 13,921 + 14,040 + 14,030 + 14,168 + 14,039}{n} + \frac{13,973 + 13,870 + 13,958 + 13,974 + 14,088 + 14,026 + 13,946}{n} = \mathbf{14,005}$$

n: 13; Número de criterios

Entonces el índice de coherencia es:

$$IC = \frac{(14,005 - 13)}{(13 - 1)} \times 10 = 8,375 \approx 8\% \quad \text{Ecuación 11}$$

Ahora para calcular el cociente de coherencia se aplica la ecuación 12

$$CC = \frac{IC}{(IC \text{ aleatorio})} \times 100 \quad \text{Ecuación 12}$$

Donde:

$IC_{aleatorio}$: Se determina en función de n, en la tabla siguiente se observan los valores aleatorios que resultan de generar un gran número de matrices.

Tamaño de la matriz	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Índice de coherencia	0	0	0,6	1	1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,8	1,9	2,1

$$CC = \frac{0,08375}{2,09} \times 100 = 4,013 \approx 4\% \quad \text{Ecuación 13}$$

Para que se acepte la matriz de comparaciones debe cumplirse que $CC < IC$. En este caso $4\% < 8\%$, por lo que las inconsistencias cometidas no invalidan las evaluaciones realizadas.

PASO 4

Ordenación de preferencias

Ahora es de gran relevancia conocer que la comparación binaria anteriormente realizada conlleva a lograr la solución del problema el cual se permite evaluar de acuerdo con las preferencias individuales a partir de la colocación de los pesos correspondientes a los criterios.

Luego de que el usuario o el decisor asigne los pesos para cada uno de los criterios contemplados, (Ver Tabla 39) la herramienta de decisión por medio del método de ponderación lineal selecciona la alternativa más adecuada a implementar en la zona que se quiere energizar.

Para llegar a determinar las preferencias se aplicó el método que consiste en realizar una ponderación lineal de los subcriterios.

Ecuación 14

$$P_{Ai} = \frac{W_1(Nf) + W_2\left(\frac{As}{3}\right) + W_3\left(\frac{Cp}{3}\right) + W_4\left(\frac{Cv}{3}\right) + W_5\left(\frac{Rc}{3}\right) + W_6\left(1 - \frac{Cinv [i]}{Cinv [MAX]}\right) + \dots}{\sum_{i=1}^{13} Wi}$$

$$\dots + \frac{W_7\left(1 - \frac{C_{LCOE[i]}}{C_{LCOE[MAX]}}\right) + W_8\left(1 - \frac{C_{T[i]}}{C_{T[MAX]}}\right) + W_9\left(\frac{3}{IA}\right) + W_{10} \cdot E + W_{11} \cdot E_g + W_{12}\left(\frac{D_f}{3}\right) + W_{13} \cdot E_c}{\sum_{i=1}^{13} Wi}$$

La ecuación 14, es basada en el proceso aplicativo de los modelos multicriteriales realizado por Manuel Cortes y su grupo de investigación.

ALTERNATIVAS			Sistema híbrido Solar-Diesel	Sistema híbrido Solar-	Sistema convencional	Sistema híbrido Eólico	PESOS
SUBCRITERIOS			A1	A2	A3	A4	[%]
SOCIAL	Número de familias	C11	1	1	1	1	3,75
	Aceptación social	C12	0,6667	1	0,3333	0,6667	2,5
	Calificación del personal requerido	C13	0,6667	0,3333	1	0,6667	2,5
	Calidad de vida	C14	1	1	1	1	16,25
	Riesgo de conflictos	C15	1	1	0,5	1	2,5
ECONÓMICO	Inversión inicial [\$/benef]	C21	0,895	1	0,0844	0,1899	7,5
	LCOE [\$/kWh]	C22	0,8884	0,9028	0,9857	1	11,25
	Costos de tierra [\$/m ²]	C23	0,7381	1	0,1381	0,6429	3
AMBIENTAL	Impacto ambiental / ACV	C31	0,5556	0,3333	1	0,7778	10,5
	Emisiones CO ₂ [g/kWh]	C32	0,0314	0,0471	1	0,0982	9,25
TECNICO	Eficiencia global [%]	C41	0,9067	1	0,2933	0,76	6,75
	Dispersión del recurso disponible	C42	1	0,6667	0,3333	0,6667	11,75
	Consumo Energía/familia [kWh mes / familia]	C43	1	1	1	1	12,5

Tabla 38. Matriz de subcriterios con la asignación de pesos

FUENTE: Autora

Para este paso se creó una herramienta de interfaz gráfica – GUIDE, [20] permitiendo mayor facilidad de uso de la metodología propuesta, donde el usuario o decisor establecerá las alternativas a partir de los estudios sociales, económicos, ambientales, y técnicos realizados con anterioridad para la zona evaluada.

La clasificación de las alternativas se obtuvo mediante la aplicación de los métodos de toma de decisión AHP y ponderación lineal, lo cual determinó que la alternativa más adecuada para el caso de estudio fue el sistema solar con almacenamiento. A continuación, se ve el Ranking de clasificación.

Es de gran importancia el valor de peso que propone el usuario o decisor bajo unos parámetros de interés privado, el margen de asignación de peso es del 1% al 100%, el cual a medida de realizar la evaluación se normaliza para que prevalezca que el valor de la sumatoria de todos los criterios debe ser igual a 100%.

Como se ha explicado anteriormente se otorgó mayor peso al subcriterio correspondiente al nivel de calidad de vida y a las emisiones de CO₂ generadas, puesto que se hizo un análisis y se determinó que el aspecto que debe prevalecer es el bienestar de la comunidad.

ALTERNATIVA	PESO	RANKING
Sistema hibrido solar fotovoltaico con diesel	0,009347	2°
Sistema hibrido S-E-D	0,0129002	1°
Sistema convencional Diesel	0,0076843	4°
Sistema hibrido eólico-diesel	0,0079908	3°

Tabla 39. Resultado de ranking de alternativas
FUENTE: Autora

Siguiendo con la estructura de la metodología propuesta después de generar el proyecto del caso de estudio con toda la información recopilada anteriormente se procede a la presentación de proyecto al ente territorial al que corresponde dicha región, en esta instancia y para la comunidad de Masharrerraín sería la Alcaldía del municipio de Uribe, sirviendo como gestor para pasar el proyecto al IPSE.

Finalmente se procede a solicitar el apoyo financiero necesario para la ejecución y puesta en marcha del sistema que haya obtenido el primer puesto en el ranking de resultado del método de ponderación. Para el caso de estudio el proyecto debe ser emitido al IPSE como ente evaluador, este realiza un análisis de la viabilidad de la implementación del proyecto a nivel social, económico, ambiental y técnico.

Posteriormente emite un comunicado a la UPME y esta se encarga de dirigir los recursos necesarios para la puesta en marcha del proyecto, para el caso de estudio el FAZNI, siendo el fondo de apoyo financiero para la energización de ZNI, junto con el SGR, Sistema General de Regalias.

4. ANÁLISIS COMPARATIVO METODOLOGÍA PIEC VS METODOLOGÍA PROPUESTA

Uno de los objetivos de este proyecto era la comparación de la metodología PIEC y la metodología propuesta, con el fin de determinar las inconsistencias y aspectos por mejorar de la metodología PIEC, para realizar esta comparación fue necesario la aplicación de la metodología PIEC al caso de estudio, así como se realizó con la metodología propuesta. A continuación, se observa un breve análisis comparativo.

ASPECTOS		METODOLOGÍA PIEC	METODOLOGÍA PROPUESTA
FUENTES DE DATOS	<i>Primarias</i>	DANE e IGAC	DANE, Entidades territoriales
	<i>Secundarias</i>	Entidades territoriales , IPSE , OR, PERS	Entidades territoriales , IPSE , UPME, PERS
	<i>Verificación</i>	Google Earth, Google Maps, BaseMap (ArcGis)	Google Earth, Google Maps
	<i>Técnicas</i>	Homer energy, MATLAB, ESRI	Homer Pro, Interfaz GUIDE-MATLAB
CRITERIO CON MAYOR PESO PARA LA TD		Económico	Social
MÉTODO PARA LA TD		Costo unitario	Ponderación lineal
OBJETIVO		Buscar la alternativa de menor costo unitario	Buscar la alternativa con mayor impacto en la calidad de vida analizando los criterios sociales, técnicos, ambientales y económicos
TIPOS DE FONDOS		FAER y FAZNI	FAER , FAZNI, SGR, PRONE
SOLUCIONES AISLADA CONSIDERADAS		Sistemas híbridos de aprovechamiento del potencial energético solar o eólico, con generadores diesel	La selección de alternativas depende principalmente del aprovechamiento energético de cualquier recurso que tenga alto potencial en la región, considerando los subcriterios, para tener la mejor decisión.

Tabla 40. Comparación de las metodologías PIEC vs propuesta
FUENTE: Recopilación UPME con edición de autora

El principal objetivo del PIEC es cuantificar las inversiones que deben realizarse para alcanzar la universalización del servicio de energía eléctrica, buscando la alternativa de mínimo costo unitario. Para poder llevar a cabo el análisis comparativo de las metodologías mencionadas, es importante aplicar la metodología PIEC con la información de referencia adquirida del caso de estudio “Comunidad de Masharrerrain”.

Es de gran relevancia tener presente el Decreto MME 1623 de 2015, ya que define los lineamientos de política para la universalización del servicio de energía eléctrica en el país tanto en el SIN como en las ZNI, y del mismo modo el uso de los fondos de apoyo financiero FAER y FAZNI.

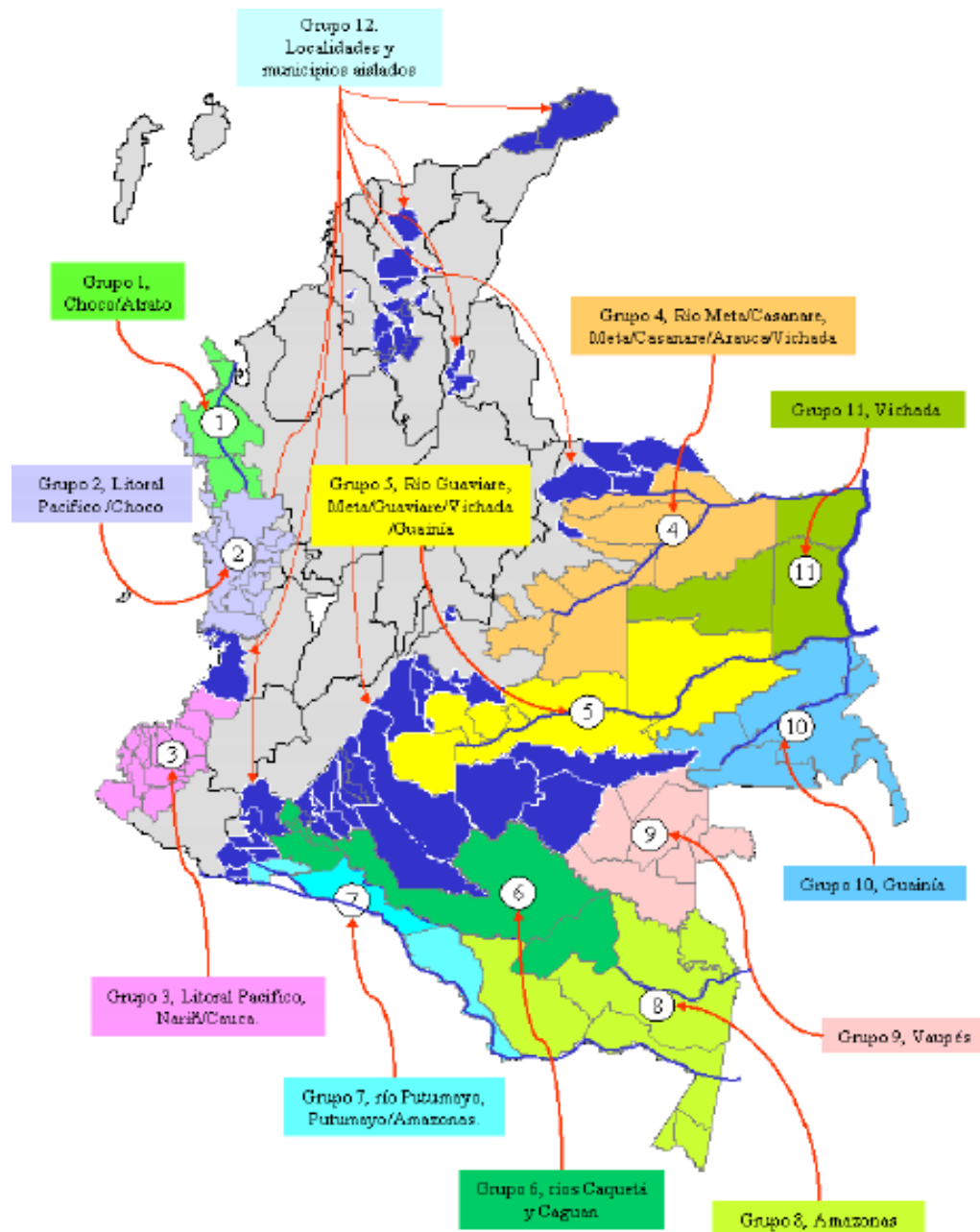


Ilustración 37. Regionalización de las ZNI
FUENTE: UPME

En la ilustración 37 y en la tabla 41 se presenta la regionalización utilizada para el análisis del costo de generación. Esto fue tomado de los costos indicativos de generación de energía eléctrica de la UPME. En la siguiente tabla se observa un recuadro rojo que indica el código de representación de las localidades y municipios aislados pertenecientes a la Alta Guajira, como lo es la comunidad de la ranchería Masharrerrain.

Código	Nombre
Int01	Guajira, Cesar, Sur de Bolivar
Int02	Costa Atlántica
Int03	Norte de Santander
Int04	Antioquia
Int05	Santander, Boyacá
Int06	Eje cafetero, Valle del Cauca
Int07	Tolima, Huila
Int08	Cundinamarca, piedemonte (Meta)
Int09	Nariño, Cauca (Andino)
Zni01	Chocó/Atrato
Zni02	Litoral Pacífico Chocó
Zni03	Litoral Pacífico Nariño/Cauca
Zni04	Río Meta /Casanare, Meta/Casanare/Arauca/ Vichada
Zni05	Río Guaviare Meta/Guaviare/Vichada/Guainía
Zni06	Ríos Caquetá y Caguán
Zni07	Río Putumayo, Putumayo/Amazonas
Zni08	Amazonas
Zni09	Vaupés
Zni10	Guainía
Zni11	Vichada
Zni12-01	Localidades y municipios aislados(Alta Guajira)
Zni12-02	Localidades y municipios aislados(La Mojana y Bajo Magdalena)
Zni12-03	Localidades y municipios aislados (Sur del Cesar)
Zni12-04	Localidades y municipios aislados(Norte de Arauca)
Zni12-05	Localidades y municipios aislados (El Calvario, Meta)
Zni12-06	Localidades y municipios aislados(B/ventura y Bocas del San Juan)
Zni12-07	Localidades y municipios aislados (Piedemonte llanero, Yarí, Alto Vaupés)

Tabla 41. Regionalización utilizada en el estudio de costos de generación

FUENTE: UPME

Para lograr la comparación de las metodologías fue necesario establecer las fuentes de los datos obtenidos, por tal razón a continuación se menciona brevemente los tipos de fuentes utilizados por el PIEC:

Fuentes Primarias: Son aquellas en las cuales dentro de su misión esta la creación de esta entidad geográfica, para el caso se tiene:

- Instituto Geográfico Agustín Codazzi – IGAC
- Departamento Nacional de Estadística – DANE

Fuentes Secundarias: Dentro de su misión no está la creación de la entidad geográfica, pero si su manejo o actualización, para el caso se tienen:

- Entidades Territoriales
- Instituto de Planificación y Promoción de soluciones energéticas para las zonas no interconectadas – IPSE
- Operadores de Red – OR
- Plan de Energización Rural Sostenible – PERS

Fuentes de Verificación Posición Espacial: Son aquellas utilizadas para constatar la ubicación de la entidad geográfica, como en este caso no fue posible tomar la de primer orden: verificación directa en campo, se tomaron las fuentes indirectas como son:

- Google Earth,
- Google Maps
- BaseMap (ArcGis)

Las fuentes informativas usadas en la metodología propuestas son:

Fuentes primarias: Cantidad de habitantes en la región (DANE) y personal de la entidad territorial como el señor secretario de obras y su grupo de trabajo de la alcaldía del Municipio de Uribe, Guajira. Los cuales posibilitaron información de carácter social.

Fuentes secundarias: Información técnica (HOMER PRO), potenciales energéticos (UPME), además investigaciones relacionadas con métodos, herramientas de apoyo, aproximación de consumo y caracterización geográfica (IPSE) y (PERS).

Fuentes de verificación: Google Earth y Google Maps, constataron la ubicación, para verificar la región a satisfacer del servicio de energía eléctrica.

Entonces para comenzar la aplicación de la metodología PIEC en el caso de estudio, se identificará la *ranchería Masharreraín* como; Caserío (CAS) ya que presenta un conglomerado de viviendas. Los parametros de validación se observan a continuación.

- Distancia del nodo más lejano de la red de interconexión: 126,34 Km
- Nombre: Ranchería Masharrerrain
- Nombre de departamento: Guajira
- Cabecera municipal: Uribia
- Código: Zni 12-01
- Región: 6 (Atlantico)

Para cumplir con el objetivo propuesto por el PIEC de buscar el 100 % de la cobertura del servicio de energía eléctrica, existen alternativas a la expansión de redes o generación diésel; hay disponibles soluciones híbridas (diesel-renovables) y sistemas individuales aislados que pueden brindar opciones adecuadas a los habitantes ubicados en áreas rurales sin acceso al servicio de electricidad. La expansión se enfoca a costos razonables de la cobertura del servicio de energía eléctrica en zonas rurales o aisladas, considerando la existencia de recursos económicos limitados. Por tal motiva la metodología PIEC propone los siguientes sistemas de generación para energizar zonas remotas o aisladas.

- Generación Diesel
- Generación solar fotovoltaico con batería
- Generación solar fotovoltaico con batería y diesel
- Generación solar fotovoltaico – eólico con batería
- Generación solar fotovoltaico – eólico con batería y diesel

Para la determinación de la mejor alternativa se hizo un análisis de los múltiples aspectos a nivel técnico y económico para llevar a cabo la aplicación del servicio de cobertura de energía eléctrica, para esto es necesario evaluar cada alternativa de solución aislada en el tiempo de vida del proyecto. Ahora es importante comprender que la relación entre el costo total anual y la energía generada constituye el costo unitario de generación. En seguida se observa el esquema detallado del análisis propuesto por la UPME, para la determinación del costo de generación. [22][23][24]

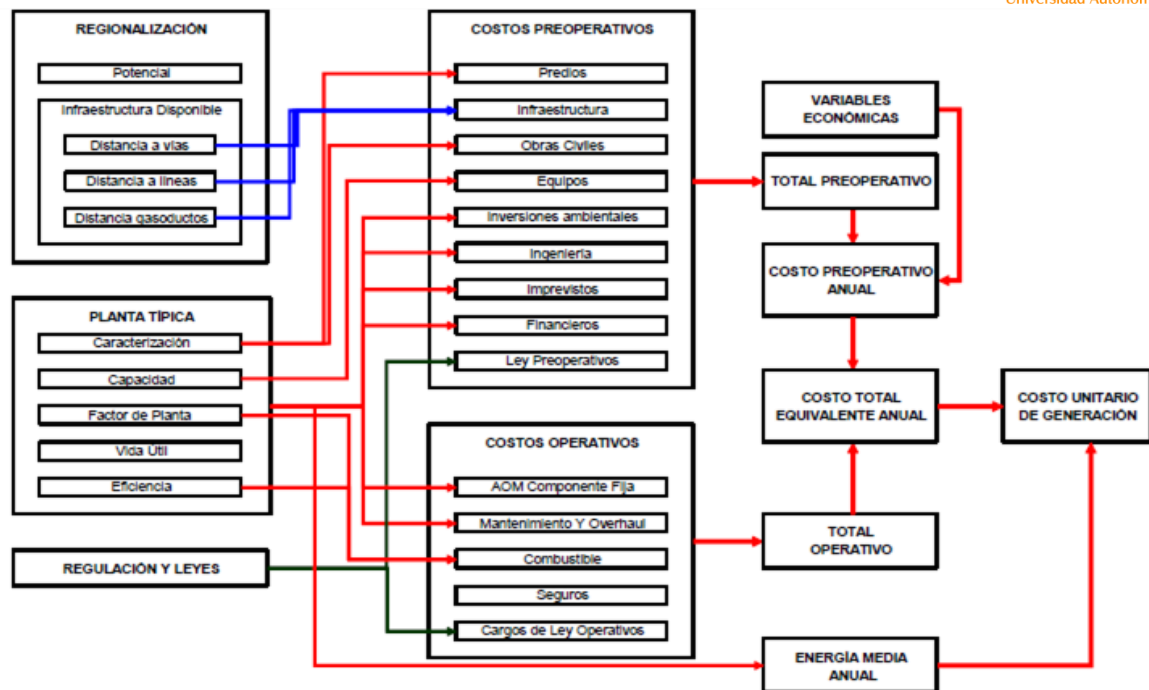


Ilustración 38. Esquema de análisis del costo de generación.
FUENTE: UPME

A continuación, se observa la ecuación para el cálculo del costo unitario y enseguida se observa el cálculo del costo anual equivalente que se debe realizar para cada uno de los elementos que hacen parte de cada alternativa.

Ecuación 15

$$CU = \frac{CAE (inv) + AOM}{Demanda\ anual}$$

Donde:

CU: Costo unitario de prestación del servicio

CAE: Costos anual equivalente

AOM: Administración, operación y mantenimiento

El costo anual equivalente, corresponde a la anualidad de un conjunto de variables que suceden en distinto momento de tiempo, se utiliza para decidir entre proyectos, alternativas, con vidas útiles diferentes donde los ingresos no son relevantes para la toma de decisión. [21]

$$CAE_{inv} = \frac{C_{inv} \cdot (1 + i_{op})^n \cdot i_{op}}{(1 + i_{op})^n - 1}$$

C_{inv} : Costo de inversión inicial

i_{op} : Tasa de interés

n : Periodo a evaluar (ciclo de vida de alternativas)

$$C_{inv} = \frac{\text{Costos futuros de AOM y reemplazo de equipos}}{(1 + i)^n}$$

Ya teniendo los datos reflejados anteriormente se procede a realizar la aplicación del calculo del costo unitario, donde se relaciona la demanda anual, la cual se ve a continuación.

Energía diaria (kWh/d)	711,896
Energía mensual (kWh/mes)	21.356,880
Energía anual (kWh/año)	256.282,560

Tabla 42. Consumo energético de la comunidad de Masharrerrain
FUENTE: Autora

Ahora se especifican los sistemas de generación para energizar zonas remotas o aisladas según la metodología PIEC, aplicada en la comunidad de Masharrerrain. Es necesario mencionar que se adaptaron los informes de las proyecciones de los costos nivelados de generación de electricidad en Colombia tomados del grupo de manejo eficiente de energía y el grupo de microeconomía aplicada, UPME-2016.

1. Generacion Diesel

Tener presente:

- La siguiente tabla muestra los precios para la generación eléctrica con grupos electrogenos Diesel con potencia instalada 100 Kw.
- Costo de Inversión de equipos, infraestructura
- Reemplazo de grupos electrogenos Diesel cada 4,2 años
- Vida útil: 36.000 horas / Heat Rate del Diesel: 12 kBTU/kWh
- Precio de combustible: \$/gal \$8.115 COP

2. Generación solar fotovoltaico con batería

Tener presente:

- Costo de Inversión de equipos, infraestructura y elementos para la instalación (paneles solares, inversores, reguladores, batería)
- Reemplazo de batería cada 5 años (Sólo si se mantienen las condiciones para que cumplan el tiempo de vida de las baterías)
- Reemplazo de regulador e inversor cada 10 años
- Mantenimiento y revisión del sistema solar anual

3. Generación solar fotovoltaico con batería y diesel

Tener presente:

- Costo de Inversión de equipos, infraestructura y elementos para la instalación (paneles solares, inversores, reguladores, batería y grupos electrogenos Diesel)
- Reemplazo de batería cada 5 años (Sólo si se mantienen las condiciones para que cumplan el tiempo de vida de las baterías)
- Reemplazo de regulador e inversor cada 10 años
- Reemplazo de grupos electrogenos Diesel cada 4,2 años
- Mantenimiento y revisión del sistema solar anual

4. Generación solar fotovoltaico – eólico con batería

Tener presente:

- Costo de Inversión de equipos, infraestructura y elementos para la instalación solar -eólica con almacenamiento
- Reemplazo de batería cada 5 años (Sólo si se mantienen las condiciones para que cumplan el tiempo de vida de las baterías)
- Reemplazo de regulador e inversor cada 10 años
- Mantenimiento y revisión del sistema eólico cada 2 años
- Mantenimiento y revisión del sistema solar anual

5. Generación solar fotovoltaico – eólico con batería y diesel

Tener presente:

- Costo de Inversión de equipos, infraestructura y elementos para la instalación (sistema híbrido eólico, solar diesel y con almacenamiento)
- Reemplazo de batería cada 5 años (Sólo si se mantienen las condiciones para que cumplan el tiempo de vida de las baterías)
- Reemplazo de regulador e inversor cada 10 años
- Reemplazo de grupos electrogenos Diesel cada 4,2 años
- Mantenimiento y revisión del sistema solar anual

Al realizar la aplicación de la ecuación 17 y 16 se obtiene el valor del costo unitario de cada una de las alternativas. El Capítulo III, junto con el Artículo 12, del Decreto 1623 CREG. Especifican los LCOE de las alternativas, permitiendo comparar económicamente cada una de las tecnologías de generación.

- Generación Diesel
- Generación solar fotovoltaico con batería
- Generación solar fotovoltaico con batería y diesel
- Generación solar fotovoltaico – eólico con batería
- Generación solar fotovoltaico – eólico con batería y diesel

ALTERNATIVAS	CU (\$/kWh)
Generación Diesel	959,3
Generación solar fotovoltaica con almacenamiento	785,91
Generación solar fotovoltaica-diesel con almacenamiento	814,41
Generación solar fotovoltaica- eólica con almacenamiento	760,8
Generación solar fotovoltaica-eólico-diesel y con almacenamiento	1075,55

Tabla 43. LCOE para las alternativas asignadas por el PIEC

FUENTE: CREG, UPME

Con los datos anteriormente mostrados, se puede concluir que la alternativa de solución seleccionada para ser implementada por el PIEC será el sistema híbrido solar-eólico con almacenamiento ya que es la de menor costo unitario.

5. CONCLUSIONES

- Se determinó una solución de energización para la comunidad de Masharrerrain aplicando la metodología PIEC y la metodología propuesta; dando como resultado un sistema híbrido eólico-solar con almacenamiento y un sistema híbrido eólico-solar-diesel respectivamente. Cabe resaltar que las dos soluciones generadas tienen factores negativos como el reemplazo de equipos. Sin embargo, la solución seleccionada por la metodología propuesta tiene mayor probabilidad de gestión ante la UPME debido a su viabilidad económica, pues representa un ahorro de \$153.931.681 millones COP semestralmente. Este ahorro se traduce en que al implementar sistema de almacenamiento se necesitará reemplazo de baterías 2 veces al año debido a que estas reducen su ciclo de vida al no haber en Masharrerrain las condiciones estándar de operación de dicho sistema.
- Es de gran importancia conocer que, al implementar el sistema o la solución de energización obtenida mediante la aplicación de la metodología propuesta, se tiene un sistema híbrido compuesto de 115 kW de potencia instalada con tecnología solar y eólica, y tan solo 4,3 kW en un grupo electrógeno Diesel. Esta distribución se hizo con el fin de lograr un abastecimiento de energía eléctrica conveniente, con tan solo 7,68 g de emisiones de CO₂ por cada kWh generado del generador Diesel, promoviendo el aprovechamiento del potencial energético solar y eólico con el fin de contribuir con el desarrollo y calidad de vida de los habitantes de la comunidad.
- Se logró establecer una propuesta propia de metodología en base a la metodología actual PIEC, partiendo de la concepción de los MCDM con el fin de evaluar múltiples criterios de aspecto social, técnico y ambiental, aportándoles una mayor prioridad que los criterios económicos, logrando un procedimiento para tomar decisiones adecuadas en los sistemas de generación de energía eléctrica para las ZNI o localidad remota.
- Se elaboró una herramienta interfaz gráfica (GUIDE) de gran utilidad, puesto que permite llevar a cabo la ponderación lineal de los datos ingresados por el usuario para cada uno de los subcriterios de forma más rápida y eficaz, generando como resultado un ranking desde la alternativa más adecuada hasta la menos apropiada.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- [1] Observatorio de Energías Renovables en AL y el Caribe
Disponible en:
http://www.renenergyobservatory.org/uploads/media/Colombia_Productos_1_y_2_Esp_02.pdf
- [2] Análisis y revisión de los objetivos de política energética colombiana de largo plazo y actualización de sus estrategias de desarrollo.
Disponible en:
<http://www.upme.gov.co/Docs/PEN/PEN%202010%20VERSION%20FINAL.pdf>
- [3] Biomasa residual vegetal: Tecnologías de transformación y estado actual
Universidad de Santander udes , innovaciencia 2014.
Disponible en:
<http://revistas.udes.edu.co/site/index.php/innovaciencia/article/view/255>
- [4] Integración de las energías renovables no convencionales en Colombia
Disponible en:
http://www.upme.gov.co/Estudios/2015/Integracion_Energias_Renovables/RESUMEN_EJECUTIVO_INTEGRACION_ENERGIAS_UPME2015.pdf
- [5] Bases del Plan Nacional de Desarrollo 2014-2018
Disponible en:
<https://colaboracion.dnp.gov.co/cdt/prensa/bases%20plan%20nacional%20de%20desarrollo%202014-2018.pdf>
- [6] Guía para elaboración de un plan de energización rural sostenible
http://www.siel.gov.co/portals/0/fondos/Guia_de_un_PERS.pdf
- [7] Plan indicativo de expansión de cobertura de energía eléctrica 2016-2020
Disponible en:
http://www.upme.gov.co/Siel/Siel/Portals/0/Piec/PIEC_2016-2020_PublicarDic202016.pdf
- [8] Formulación y presentación de proyectos fondos FAER, FAZNI, SGR, FECF y programa PRONE
Disponible en :
[https://www.minminas.gov.co/documents/10180/582044/CARTILLA+ENERGETICA\(1\).pdf/aabe881c-7e42-4738-a70a-0ebc81297daf](https://www.minminas.gov.co/documents/10180/582044/CARTILLA+ENERGETICA(1).pdf/aabe881c-7e42-4738-a70a-0ebc81297daf)
- [9] Aplicación de metodología multicriterio para la priorización de los procesos objeto de costeo en entidades del sector de la salud.
Disponible en: http://www.unilibrecali.edu.co/images2/revista-libre-empresa/pdf_articulos/volumen9-1/Libre_Empresa_99-123_Enero_Junio_2012.pdf

- [10] Métodos para tomar decisiones simples, Alberto Tovar
Disponible en:
<http://www.elfinanciero.com.mx/opinion/metodos-para-tomar-decisiones.html>
- [11] Manual de Análisis de Decisión: Gregory S. Parnell, Terry A. Bresnick, Steven N. Tani, Eric R. Johnson- Handbook of Decision Analysis-John Wiley & Sons, Inc. (12 feb 2013 10).pdf
- [12] Multi-Criteria Applications in Renewable Energy Analysis, a Literature Review Rimal Abu Taha and Tugrul Daim
- [13] Implementación en Microsoft Excel ® de métodos de toma de decisión multiatributo – Natalia Castrillo, Universidad de Valladolid, 2017.
Disponible en:
<https://uvadoc.uva.es/bitstream/10324/22519/1/TFG-I-570.pdf>
- [14] State of art, Abdessamad TAOUFIKALLAH Máster en Organización Industrial y Gestión de Empresas Master of Industrial Organization & Business Administration.
- [15] Aplicación del proceso analítico jerárquico
Disponible en:
http://portal.uned.es/portal/page?_pageid=93,23377989&_dad=portal&_schema=PORTAL&IdArticulo=6890405GR02A01
- [16] Aplicaciones de los modelos multicriteriales a la energía, la sociedad y el medio ambiente, Manuel E. Cortes, Aníbal Borroto, Carlos Álvarez. Universidad de Cienfuegos, Cuba.
Disponible en:
<https://rev-inv-ope.univ-paris1.fr/files/33312/33312-07.pdf>
- [17] La guía solar: Energía eólica y solar en la Guajira
Disponible en:
<http://www.laquiasolar.com/energia-solar-y-eolica-en-la-guajira/>
- [18] Generalidades del Software Homer Pro:
Disponible en:
<http://homerenergy.com/HOMER-testimonials.html>
- [19] Análisis Comparativo de Técnicas de Generación Eléctrica; AHP y Topsis Fuzzificado
Disponible en:
<http://repositorio.upct.es/bitstream/handle/10317/2963/pfc4430.pdf?sequence=1>
- [20] Manual de interfaz gráfica de usuario en MATLAB
Disponible en:
https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/10740/19/%255Bmatlab%255D_MATLAB_GUIDE.pdf

- [21] Definición de costo anual equivalente
Disponible en:
<https://prezi.com/ew0gfprqnm8/cae-costo-anual-equivalente/>
- [22] Costos indicativos de generación eléctrica en Colombia UPME
- [23] Costos nivelados de generación de electricidad [en Colombia, UPME-COLCIENCIAS](#); Grupo de manejo eficiente de la energía y grupo de Microeconomía aplicada. Nov 2015
- [24] Propuesta [regulatoria para la prestación](#) del servicio de energía eléctrica a zonas no interconectadas- DOCUMENTO CREG-037. Proyecto de inversiones y gasto de AOM para la actividad de generación en ZNI utilizando los recursos renovables; CORPOEMA-CREG 2012.

7. ANEXOS

Anexo 1. Manual de usuario para la aplicación de metodología propuesta

PRESENTACIÓN

Este manual tiene como finalidad fin de proporcionar al usuario o decisor un refuerzo a la hora de emplear la matriz de decisiones y la metodología desarrollada, siendo de ayuda a la hora de conocer el procedimiento adecuado al momento de fomentar la energización en zonas remotas.

Enseguida se describirán los aspectos e información necesaria para utilizar la metodología propuesta, en el cual se ha llevado a cabo la implementación de los métodos AHP y ponderación lineal como apoyo a la toma de decisión multiatributo.

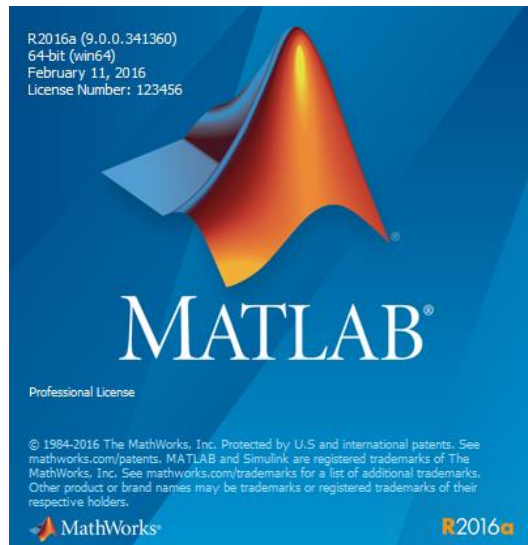
Se asume que la aplicación de MCDM es una línea de investigación con mucha aplicación por tal motivo la metodología propuesta y la herramienta de interfaz grafica quedan a disposición expertos que quieran optimizar los resultados, los cuales examinarán diversas técnicas y herramientas que contribuyan en el proceso de decisión.

REQUISITOS DEL SISTEMA Y DISPONIBILIDAD DE LA PLATAFORMA

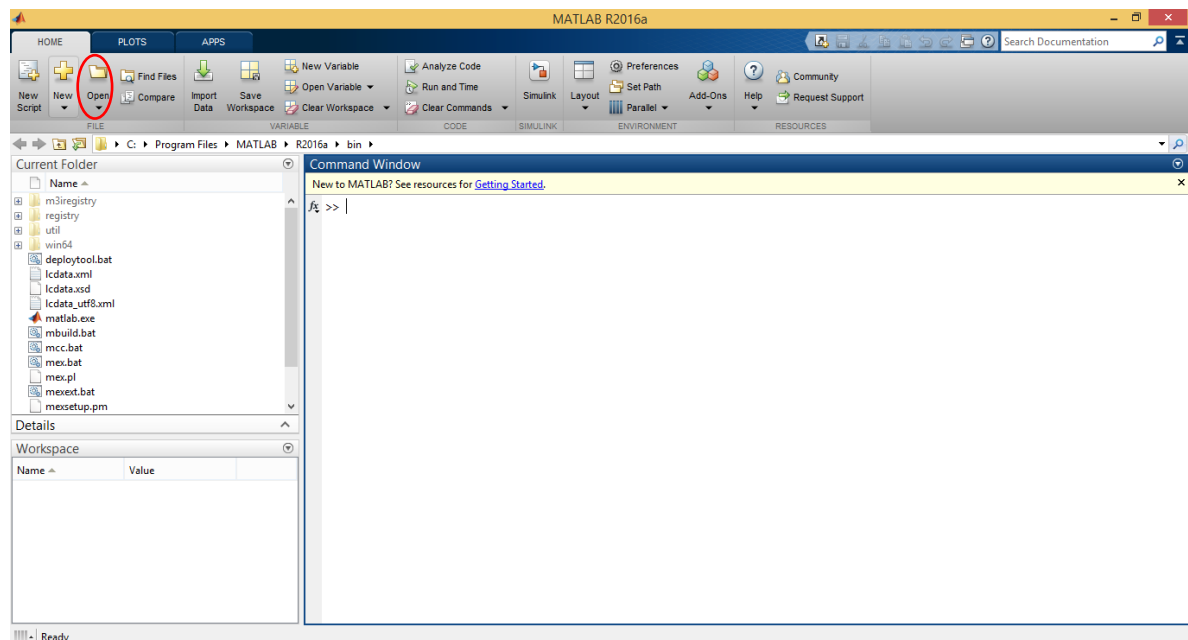
Para poder ejecutar la herramienta GUIDE creada, es necesario contar con el software MATLAB. Si aún no cuentas con MATLAB, debes saber que la instalación cuenta con las siguientes restricciones:

- **Sistema operativo:** Windows 8.1, Windows 8, Windows Server 2016
- **Procesadores:** Cualquier procesador INTEL o AMD, se recomienda el soporte para el conjunto de instrucciones AVX2
- **Espacio en Disco RAM:** De 4 a 6 GB para una instalación típica de Matlab

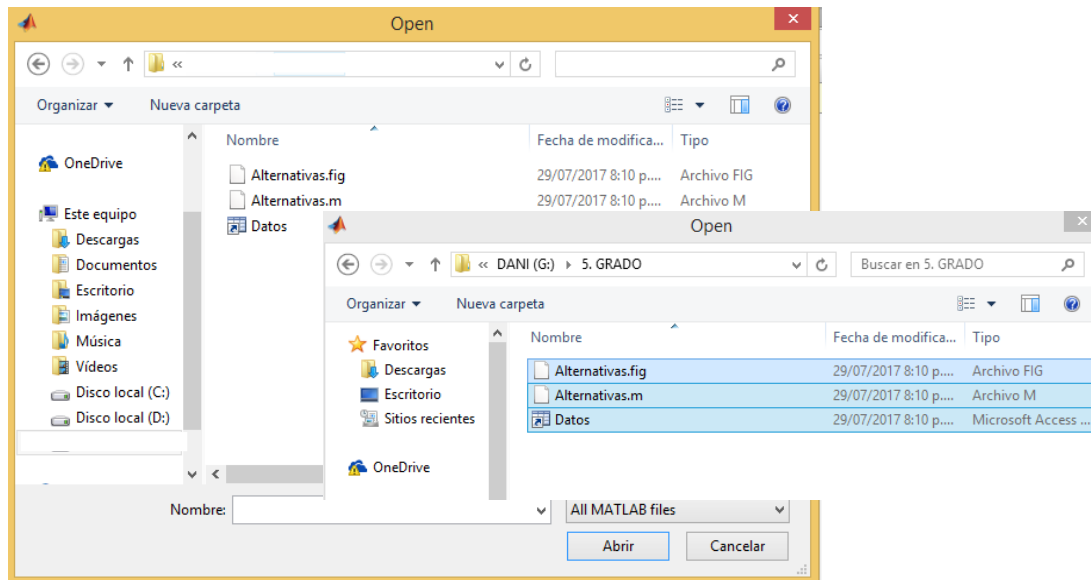
Después de haber descargado de forma exitosa MATLAB, ya tendrás disponible la interfaz gráfica. Cuando hayas descargado MATLAB se mostrará en tu pantalla la siguiente imagen, que muestra algunas especificaciones como lo es: la versión del software, y el número de licencia.



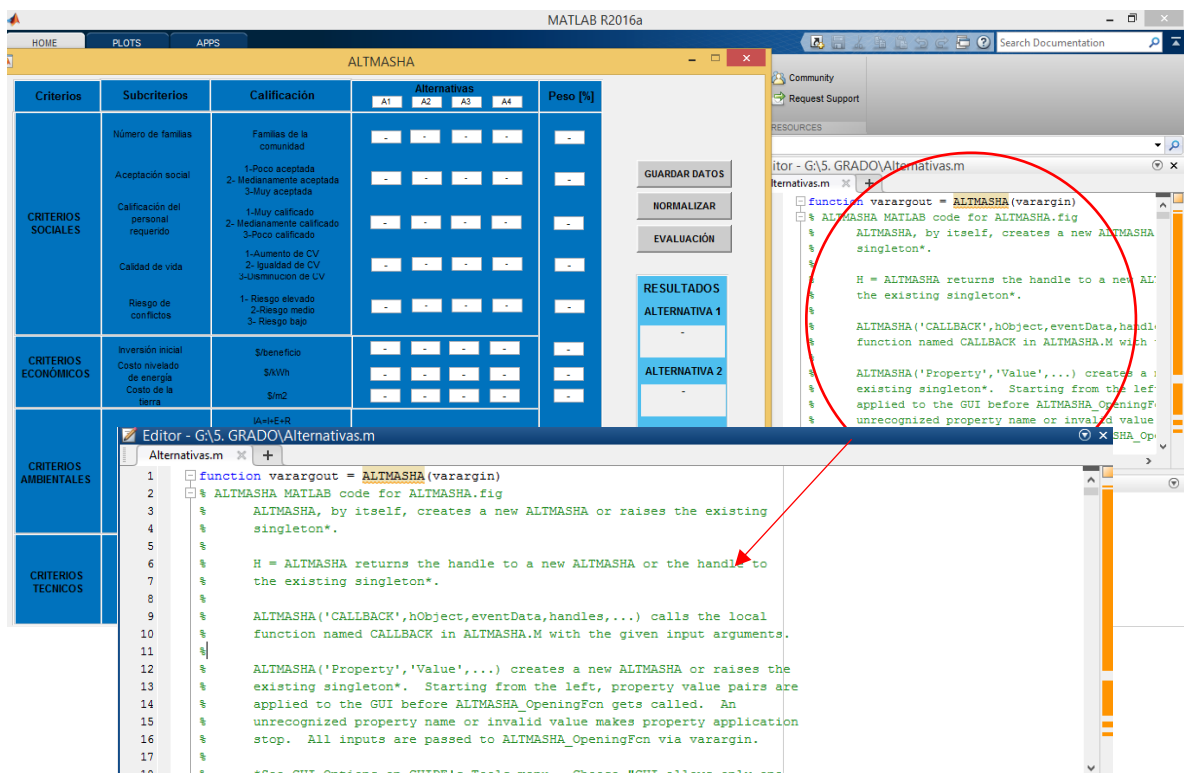
Para lograr tener acceso a la interfaz GUIDE se abre MATLAB y se dirige a la ventana HOME y luego se oprime OPEN, al oprimir OPEN se genera una ventana que permite localizar en la carpeta guardada los archivos descargos pertenecientes a la herramienta GUIDE.



Ya conociendo la ubicación donde se encuentran los achivos descargados se proceden a seleccionarlos todos para visualizar la herramienta de la forma correcta.



Al abrir los tres archivos aparecerá el código creado en Matlab, por otra parte, se ve de forma instantánea la interfaz grafica GUIDE. La herramienta permite editar el código según el usuario lo desee, para lo cual debe tener conocimiento del uso de dicho software.



La siguiente imagen muestra de manera gráfica la interfaz creada, y a continuación, se especifican los componentes. Todos los datos introducidos en la herramienta GUIDE deben ser valores numéricos. Como se describe anteriormente la herramienta grafica cuenta con 13 subcriterios, los cuales se establecieron en esta metodología para lograr una validad más uniforme e integra en el momento de la viabilidad del proyecto.

Así mismo se podrá ver un ejemplo que para este proyecto, sería basado en el caso de estudio, donde se evaluaron cuatro alternativas para la energización de la comunidad de Masharrerrain, ubicada en el municipio de Uribia.

Criterios	Subcriterios	Calificación	Alternativas				Peso [%]
			A1	A2	A3	A4	
CRITERIOS SOCIALES	Número de familias	Familias de la comunidad	200	200	200	200	3.75
	Aceptación social	1-Poco aceptada 2- Medianamente aceptada 3-Muy aceptada	2	3	1	2	2.5
	Calificación del personal requerido	1-Muy calificado 2- Medianamente calificado 3-Poco calificado	2	1	3	2	2.5
	Calidad de vida	1-Aumento de CV 2- Igualdad de CV 3-Uismnucion de CV	1	1	1	1	16.25
	Riesgo de conflictos	1- Riesgo elevado 2-Riesgo medio 3- Riesgo bajo	2	2	1	2	2.5
CRITERIOS ECONÓMICOS	Inversión inicial	\$/beneficio	12720	14220	12000	27000	7.5
	Costo nivelado de energía	\$/kWh	52354	53200	58086	58928	11.25
	Costo de la tierra	\$/m2	62000	84000	11600	54000	3
CRITERIOS AMBIENTALES	Impacto ambiental ACV	IA=I+E+R I: Intensidad del impacto 1-Baja, 2-Media, 3-Baja E: Extensión del impacto 1-Baja, 2-Media, 3-Baja R: Reversibilidad del impacto 1-Baja, 2-Media, 3-Baja	5	3	9	7	10.5
	Emisiones	Toneladas	4	6	127.3	12.5	9.25
CRITERIOS TECNICOS	Eficiencia global	%	68	75	22	57	6.75
	Dispersión del recurso disponible	1- Fuente a más de 10 Km 2-Fuente entre 1 y 10 Km 3-Fuente a menos de 1 Km	3	2	1	2	11.75
	Energía/familia	Ef	213568	213568	213568	213568	12.5

GUARDAR DATOS

NORMALIZAR

EVALUACIÓN

RESULTADOS

ALTERNATIVA 1
0.0109557

ALTERNATIVA 2
0.00404354

ALTERNATIVA 3
0.00793665

ALTERNATIVA 4
0.00873631

COMPONENTES

En las columnas se muestran: Criterios, subcriterios, calificación, alternativas y pesos. También se muestran una serie de botones y una tabla que alude a los resultados obtenidos. Ahora se explicarán cada una.

CRITERIOS: Para lograr un análisis integral es necesario evaluar los aspectos que interfieren de manera directa el proyecto, por esto se establecieron criterios sociales, económicos, ambientales y técnicos.

SUBCRITERIOS: Pertenecen a los criterios, y permiten hacer una evaluación particular, para que el usuario o decisor establezca la prioridad de cada uno al momento de estudiar la viabilidad del proyecto según sus propios conceptos.

CALIFICACIÓN: Este parámetro muestra el tipo de calificación que se debe otorgar a cada subcriterio, teniendo en cuenta las restricciones adjuntas en la columna, donde se especifica el rango o el tipo de unidad que puede ser asignado.

ALTERNATIVAS: Se disponen de cuatro alternativas, las cuales deben ser con anterioridad estudiadas al realizar análisis técnicos y la evaluación de potenciales energéticos, donde el usuario tendrá un ranking de las alternativas con mejor aprovechamiento para la energización de la región deseada.

PESOS: Son valores porcentuales que el usuario o decisor asigna a cada uno de los subcriterios de acuerdo con la finalidad u objetivo que se pretenda lograr con dicho proyecto.

Así mismo se observa que la interfaz gráfica GUIDE, cuenta con tres botones, los cuales cumplen diferentes funciones.

Botón *GUARDAR DATOS*: Como su nombre lo indica tiene la función de almacenar toda la información que el usuario o decisor ingresó a la matriz.

Botón *NORMALIZAR*: Debido a que las unidades de los datos correspondientes a cada uno de los subcriterios no cuentan con la misma tipología, es necesario normalizar los valores para proceder a realizar una evaluación por medio de la aplicación del método ponderación lineal.

Botón *EVALUACIÓN*: Al oprimir este botón la herramienta evalúa los datos haciendo uso de una ecuación ya enmarcada en el programa, la cual relaciona el peso que asigno el usuario con los valores de cada subcriterio. Obteniendo la alternativa más adecuada para la energización en la zona que se desea implementar el proyecto.

Por último se observará en *RESULTADOS*, las alternativas propuestas organizadas de forma descendente, siendo la *ALTERNATIVA 1*, aquella combinación o sistema de generación de energía eléctrica más apropiado a implementar y *ALTERNATIVA 4*, la de menor relevancia.

USO DE INTERFAZ GUIDE

El proceso de obtención de la información es con mayor razón el fundamento más importante para llevar a cabo una buena ejecución del proyecto dando viabilidad técnica, económica, social y ambiental, para esto se debe seguir los siguientes pasos:

PASO 1: Recopilar la información de la zona a energizar y analizar los potenciales energéticos de la zona y establecer los criterios.

PASO 2: Realizar evaluaciones pertinentes para dar valor a cada uno de los criterios establecidos y posteriormente aplicar el método para la toma de decisión seleccionado.

PASO 3: Evaluar las diferentes alternativas de generación eléctrica para las necesidades de la zona en la que se quiere implementar el sistema y concretar las posibles alternativas para cumplir el objetivo de energización.

PASO 4: Explicar a detalle los criterios de evaluación de cada una de las alternativas priorizando los sistemas de generación que usen energéticos diferentes a los combustibles fósiles.

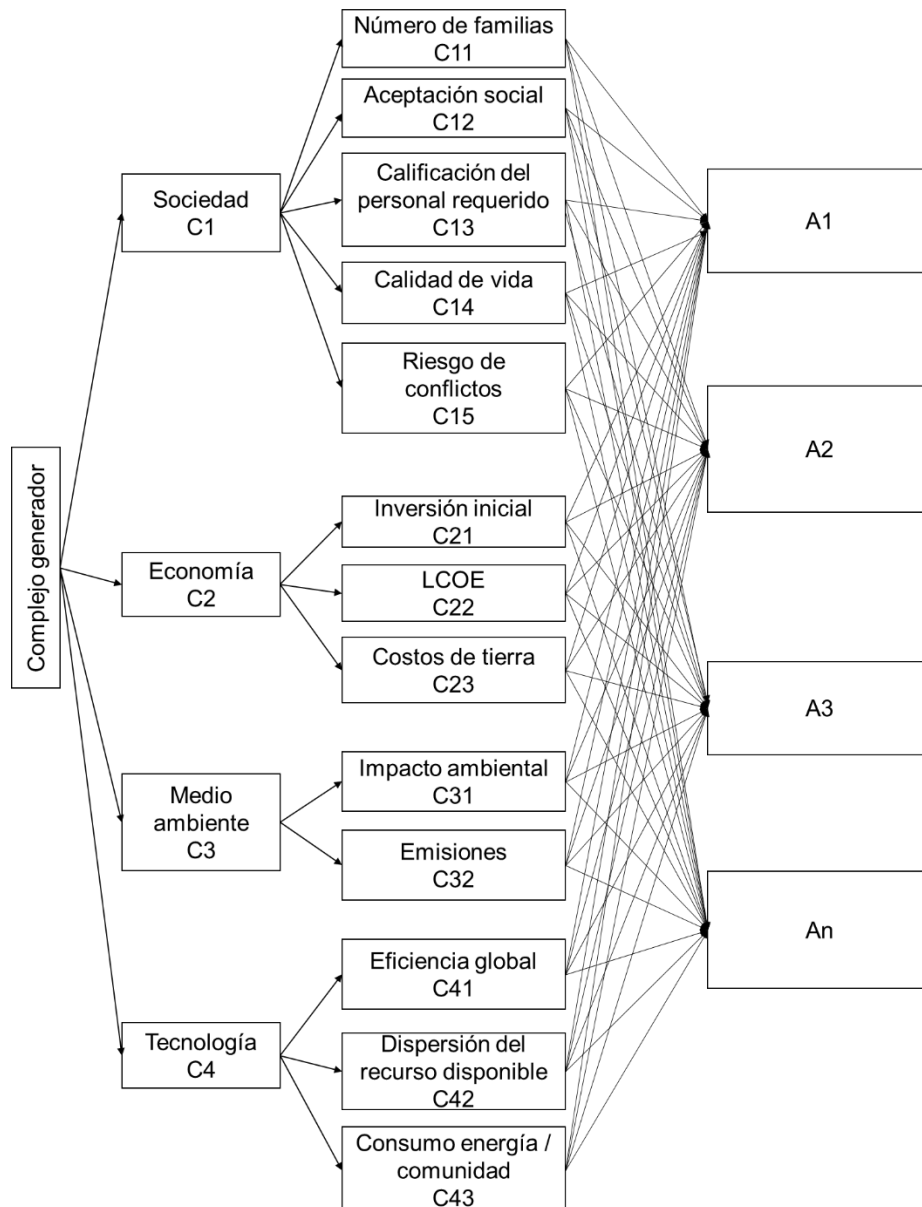
PASO 5: Aplicar el método AHP y seleccionar por medio del resultado de la asignación de pesos la alternativa de solución energética más conveniente, considerando la relación de costo con los beneficios reales y sociales obtenidos durante el desarrollo del proyecto.

PASO 6: Fijar si la comunidad o la zona está catalogada como usuario disperso, para establecer la factibilidad de conexión a red o de sistemas de generación individual.

PASO 7: Estudiar la viabilidad del proyecto de acuerdo con los requerimientos de la comunidad y así poder contribuir a la generación de soluciones para lo población.

El principal objetivo es establecer una matriz de decisión que tenga relación con las alternativas, los criterios, los subcriterios, los valores de calificación y el establecimiento de pesos o prioridades otorgadas a cada uno de los subcriterios. Para esto es clave la aplicación del método recomendado, y es el método AHP.

Primero el usuario o decisor definirá el complejo generador como se ve a continuación, estableciendo las alternativas de energización de acuerdo con los potenciales energéticos de la zona, luego se crearán las prioridades de los subcriterios dando una valoración haciendo uso de la escala de Saaty mostrada en la tabla 12.



Consecutivamente el usuario asignará unos porcentajes de peso o prioridad a los subcriterios, los cuales serán relacionados directamente con los valores reales de referencia por medio del método de ponderación lineal, donde también es necesario aplicar el método recomendado AHP.

Para esto se necesita realizar para cada subcriterio definido las comparaciones binarias de las alternativas propuestas, como se muestra en la siguiente tabla. Donde C, corresponde al subcriterio analizado y A1, A2, A3 ... An son las alternativas establecidas.

C	A1	A2	A3	...An
A1				
A2				
A3				
...An				

Se requiere realizar las comparaciones binarias para lograr conocer las consistencias de estas comparaciones, y para determinar estas inconsistencias se calcula el índice de coherencia y el cociente de coherencia.

Para esto se realizó la herramienta de ayuda en Matlab. De tal forma el usuario después de haber realizado una recopilación de información y evaluación social, económica, ambiental y técnica de la zona donde quiere implementar un sistema de energización pueda ingresar los datos y procede a tener la decisión más acertada respecto a que alternativa de solución de energización es más adecuada a partir de la asignación de pesos que el mismo usuario como ente territorial, administrativo, del sector privado o estatal dará partiendo de principios y prioridades para lograr el beneficio social dando uso a una mentalidad más amigable con el medio ambiente, sin dejar de darle importancia a los criterios técnicos y económicos con el fin de suplir servicio eléctrico a una comunidad determinada y así generar un mejor estilo y calidad de vida.

Anexo 2. Código de la Herramienta GUIDE

```

function varargout = ALTMASHA(varargin)
% ALTMASHA MATLAB code for ALTMASHA.fig
%   ALTMASHA, by itself, creates a new
ALTMASHA or raises the existing
%   singleton*.
%
%   H = ALTMASHA returns the handle to
a new ALTMASHA or the handle to
%   the existing singleton*.
%
%
ALTMASHA('CALLBACK',hObject,eventData,hand
les,...) calls the local
%   function named CALLBACK in
ALTMASHA.M with the given input arguments.
%
%   ALTMASHA('Property','Value',...)
creates a new ALTMASHA or raises the
%   existing singleton*. Starting from
the left, property value pairs are
%   applied to the GUI before
ALTMASHA_OpeningFcn gets called. An
%   unrecognized property name or
invalid value makes property application
%   stop. All inputs are passed to
ALTMASHA_OpeningFcn via varargin.
%
% *See GUI Options on GUIDE's Tools
menu. Choose "GUI allows only one
%   instance to run (singleton)".
%
% See also: GUIDE, GUIDATA, GUIHANDLES

% Edit the above text to modify the
response to help ALTMASHA

% Last Modified by GUIDE v2.5 29-Jul-2017
17:44:42

% Begin initialization code - DO NOT EDIT
gui_Singleton = 1;
gui_State = struct('gui_Name',
mfilename, ...
    'gui_Singleton',
gui_Singleton, ...
    'gui_OpeningFcn',
@ALTMASHA_OpeningFcn, ...
    'gui_OutputFcn',
@ALTMASHA_OutputFcn, ...
    'gui_LayoutFcn', [] ,
    ...
    'gui_Callback', []);
if nargin && ischar(varargin{1})
    gui_State.gui_Callback =
str2func(varargin{1});
end

if nargout
    [varargout{1:nargout}] =
gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
else
    gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
end
% End initialization code - DO NOT EDIT

% --- Executes just before ALTMASHA is
made visible.
function ALTMASHA_OpeningFcn(hObject,
eventdata, handles, varargin)
% This function has no output args, see
OutputFcn.
% hObject   handle to figure
% eventdata reserved - to be defined in a
future version of MATLAB
% handles   structure with handles and
user data (see GUIDATA)
% varargin  command line arguments to
ALTMASHA (see VARARGIN)

% Choose default command line output for
ALTMASHA
handles.output = hObject;
% global C1 C2 C3 C4 C5 C6 C7 C8 C9 C10
C11 C12 C13
guidata(hObject, handles);

% UIWAIT makes ALTMASHA wait for user
response (see UIRESUME)
% uiwait(handles.figure1);

% --- Outputs from this function are
returned to the command line.
function varargout =
ALTMASHA_OutputFcn(hObject, eventdata,
handles)
% varargout  cell array for returning
output args (see VARARGOUT);
% hObject   handle to figure
% eventdata reserved - to be defined in a
future version of MATLAB
% handles   structure with handles and
user data (see GUIDATA)

% Get default command line output from
handles structure
varargout{1} = handles.output;

function C1A1_Callback(hObject, eventdata,
handles)
% C1(1,1) = str2num(x)
% save('Datos.mat','C1','-append');

% --- Executes during object creation,
after setting all properties.
function C1A1_CreateFcn(hObject,
eventdata, handles)

if ispc &&
isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

```

```
function C2A1_Callback(hObject, eventdata,
handles)
% hObject    handle to C2A1 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a
future version of MATLAB
% handles    structure with handles and
user data (see GUIDATA)
```

```
% Hints: get(hObject,'String') returns
contents of C2A1 as text
%         str2double(get(hObject,'String'))
returns contents of C2A1 as a double
```

```
% --- Executes during object creation,
after setting all properties.
```

```
function C2A1_CreateFcn(hObject,
eventdata, handles)
% hObject    handle to C2A1 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a
future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created
until after all CreateFcns called
```

```
% Hint: edit controls usually have a white
background on Windows.
```

```
%         See ISPC and COMPUTER.
if ispc &&
isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUiControlBackgroundColor'))
```

```
set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
```

```
function C3A1_Callback(hObject, eventdata,
handles)
% hObject    handle to C3A1 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a
future version of MATLAB
% handles    structure with handles and
user data (see GUIDATA)
```

```
% Hints: get(hObject,'String') returns
contents of C3A1 as text
%         str2double(get(hObject,'String'))
returns contents of C3A1 as a double
```

```
% --- Executes during object creation,
after setting all properties.
```

```
function C3A1_CreateFcn(hObject,
eventdata, handles)
% hObject    handle to C3A1 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a
future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created
until after all CreateFcns called
```

```
% Hint: edit controls usually have a white
background on Windows.
```

```
%         See ISPC and COMPUTER.
if ispc &&
isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUiControlBackgroundColor'))
```

```
set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
```

```
function
C4A1_Callback(hObject,
eventdata, handles)
% hObject    handle to C4A1 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a
future version of MATLAB
% handles    structure with handles and
user data (see GUIDATA)
```

```
% Hints: get(hObject,'String') returns
contents of C4A1 as text
%         str2double(get(hObject,'String'))
returns contents of C4A1 as a double
```

```
% --- Executes during object creation,
after setting all properties.
```

```
function C4A1_CreateFcn(hObject,
eventdata, handles)
% hObject    handle to C4A1 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a
future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created
until after all CreateFcns called
```

```
% Hint: edit controls usually have a white
background on Windows.
```

```
%         See ISPC and COMPUTER.
if ispc &&
isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUiControlBackgroundColor'))
```

```
set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
```

```
function C5A1_Callback(hObject, eventdata,
handles)
% hObject    handle to C5A1 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a
future version of MATLAB
% handles    structure with handles and
user data (see GUIDATA)
```

```
% Hints: get(hObject,'String') returns
contents of C5A1 as text
%         str2double(get(hObject,'String'))
returns contents of C5A1 as a double
```

```
% --- Executes during object creation,
after setting all properties.
```

```
function C5A1_CreateFcn(hObject,
eventdata, handles)
% hObject    handle to C5A1 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a
future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created
until after all CreateFcns called
```

```
% Hint: edit controls usually have a white
background on Windows.
```

```
%         See ISPC and COMPUTER.
if ispc &&
isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUiControlBackgroundColor'))
```

```
set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
```

end

```
function C6A1_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to C6A1 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)
```

```
% Hints: get(hObject,'String') returns contents of C6A1 as text
%         str2double(get(hObject,'String')) returns contents of C6A1 as a double
```

```
% --- Executes during object creation, after setting all properties.
```

```
function C6A1_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to C6A1 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created until after all CreateFcns called
```

```
% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
```

```
%         See ISPC and COMPUTER.
if ispc &&
isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUiControlBackgroundColor'))
```

```
set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
```

```
function C7A1_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to C7A1 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)
```

```
% Hints: get(hObject,'String') returns contents of C7A1 as text
%         str2double(get(hObject,'String')) returns contents of C7A1 as a double
```

```
% --- Executes during object creation, after setting all properties.
```

```
function C7A1_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to C7A1 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created until after all CreateFcns called
```

```
% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
```

```
%         See ISPC and COMPUTER.
if ispc &&
isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUiControlBackgroundColor'))
```

```
set(hObject,'BackgroundColor','white');
```

```
function C8A1_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to C8A1 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)
```

```
% Hints: get(hObject,'String') returns contents of C8A1 as text
%         str2double(get(hObject,'String')) returns contents of C8A1 as a double
```

```
% --- Executes during object creation, after setting all properties.
```

```
function C8A1_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to C8A1 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created until after all CreateFcns called
```

```
% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
```

```
%         See ISPC and COMPUTER.
if ispc &&
isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUiControlBackgroundColor'))
```

```
set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
```

```
function C9A1_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to C9A1 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)
```

```
% Hints: get(hObject,'String') returns contents of C9A1 as text
%         str2double(get(hObject,'String')) returns contents of C9A1 as a double
```

```
% --- Executes during object creation, after setting all properties.
```

```
function C9A1_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to C9A1 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created until after all CreateFcns called
```

```
% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
```

```
%         See ISPC and COMPUTER.
if ispc &&
isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUiControlBackgroundColor'))
```

```
set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
```

```
function C10A1_Callback(hObject,
eventdata, handles)
% hObject    handle to C10A1 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a
future version of MATLAB
% handles    structure with handles and
user data (see GUIDATA)
```

```
% Hints: get(hObject,'String') returns
contents of C10A1 as text
%         str2double(get(hObject,'String'))
returns contents of C10A1 as a double
```

```
% --- Executes during object creation,
after setting all properties.
```

```
function C10A1_CreateFcn(hObject,
eventdata, handles)
% hObject    handle to C10A1 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a
future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created
until after all CreateFcns called
```

```
% Hint: edit controls usually have a white
background on Windows.
```

```
%         See ISPC and COMPUTER.
if ispc &&
isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
```

```
set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
```

```
function C11A1_Callback(hObject,
eventdata, handles)
% hObject    handle to C11A1 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a
future version of MATLAB
% handles    structure with handles and
user data (see GUIDATA)
```

```
% Hints: get(hObject,'String') returns
contents of C11A1 as text
%         str2double(get(hObject,'String'))
returns contents of C11A1 as a double
```

```
% --- Executes during object creation,
after setting all properties.
```

```
function C11A1_CreateFcn(hObject,
eventdata, handles)
% hObject    handle to C11A1 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a
future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created
until after all CreateFcns called
```

```
% Hint: edit controls usually have a white
background on Windows.
```

```
%         See ISPC and COMPUTER.
```

```
if ispc &&
```

```
isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
```

```
set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
```

```
function C12A1_Callback(hObject,
eventdata, handles)
% hObject    handle to C12A1 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a
future version of MATLAB
% handles    structure with handles and
user data (see GUIDATA)
```

```
% Hints: get(hObject,'String') returns
contents of C12A1 as text
%         str2double(get(hObject,'String'))
returns contents of C12A1 as a double
```

```
% --- Executes during object creation,
after setting all properties.
```

```
function C12A1_CreateFcn(hObject,
eventdata, handles)
% hObject    handle to C12A1 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a
future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created
until after all CreateFcns called
```

```
% Hint: edit controls usually have a white
background on Windows.
```

```
%         See ISPC and COMPUTER.
if ispc &&
isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
```

```
set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
```

```
function A1_Callback(hObject, eventdata,
handles)
% hObject    handle to A1 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a
future version of MATLAB
% handles    structure with handles and
user data (see GUIDATA)
```

```
% Hints: get(hObject,'String') returns
contents of A1 as text
%         str2double(get(hObject,'String'))
returns contents of A1 as a double
```

```
% --- Executes during object creation,
after setting all properties.
```

```
function A1_CreateFcn(hObject, eventdata,
handles)
% hObject    handle to A1 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a
future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created
until after all CreateFcns called
```

```
% Hint: edit controls usually have a white
background on Windows.
%       See ISPC and COMPUTER.
if ispc &&
isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUiControlBackgroundColor'))

set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
```

```
function edit18_Callback(hObject,
eventdata, handles)
% hObject    handle to edit18 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a
future version of MATLAB
% handles    structure with handles and
user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns
contents of edit18 as text
%       str2double(get(hObject,'String'))
returns contents of edit18 as a double
```

```
% --- Executes during object creation,
after setting all properties.
function edit18_CreateFcn(hObject,
eventdata, handles)
% hObject    handle to edit18 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a
future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created
until after all CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white
background on Windows.
%       See ISPC and COMPUTER.
if ispc &&
isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUiControlBackgroundColor'))

set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
```

```
function edit19_Callback(hObject,
eventdata, handles)
% hObject    handle to edit19 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a
future version of MATLAB
% handles    structure with handles and
user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns
contents of edit19 as text
%       str2double(get(hObject,'String'))
returns contents of edit19 as a double
```

```
% --- Executes during object creation,
after setting all properties.
function edit19_CreateFcn(hObject,
eventdata, handles)
% hObject    handle to edit19 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a
future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created
until after all CreateFcns called
```

```
% Hint: edit controls
usually have a white
background on Windows.
%       See ISPC and COMPUTER.
if ispc &&
isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUiControlBackgroundColor'))

set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
```

```
function edit20_Callback(hObject,
eventdata, handles)
% hObject    handle to edit20 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a
future version of MATLAB
% handles    structure with handles and
user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns
contents of edit20 as text
%       str2double(get(hObject,'String'))
returns contents of edit20 as a double
```

```
% --- Executes during object creation,
after setting all properties.
function edit20_CreateFcn(hObject,
eventdata, handles)
% hObject    handle to edit20 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a
future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created
until after all CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white
background on Windows.
%       See ISPC and COMPUTER.
if ispc &&
isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUiControlBackgroundColor'))

set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
```

```
function edit21_Callback(hObject,
eventdata, handles)
% hObject    handle to edit21 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a
future version of MATLAB
% handles    structure with handles and
user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns
contents of edit21 as text
%       str2double(get(hObject,'String'))
returns contents of edit21 as a double
```

```
% --- Executes during object creation,
after setting all properties.
function edit21_CreateFcn(hObject,
eventdata, handles)
% hObject    handle to edit21 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a
future version of MATLAB
```

```
% handles empty - handles not created
until after all CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white
background on Windows.
% See ISPC and COMPUTER.
if ispc &&
isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUiControlBackgroundColor'))

set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function edit22_Callback(hObject,
eventdata, handles)
% hObject handle to edit22 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a
future version of MATLAB
% handles structure with handles and
user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns
contents of edit22 as text
% str2double(get(hObject,'String'))
returns contents of edit22 as a double

% --- Executes during object creation,
after setting all properties.
function edit22_CreateFcn(hObject,
eventdata, handles)
% hObject handle to edit22 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a
future version of MATLAB
% handles empty - handles not created
until after all CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white
background on Windows.
% See ISPC and COMPUTER.
if ispc &&
isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUiControlBackgroundColor'))

set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function edit23_Callback(hObject,
eventdata, handles)
% hObject handle to edit23 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a
future version of MATLAB
% handles structure with handles and
user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns
contents of edit23 as text
% str2double(get(hObject,'String'))
returns contents of edit23 as a double

% --- Executes during object creation,
after setting all properties.
function edit23_CreateFcn(hObject,
eventdata, handles)
% hObject handle to edit23 (see GCBO)
```

```
% eventdata reserved - to
be defined in a future
version of MATLAB
% handles empty - handles not created
until after all CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white
background on Windows.
% See ISPC and COMPUTER.
if ispc &&
isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUiControlBackgroundColor'))

set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function edit24_Callback(hObject,
eventdata, handles)
% hObject handle to edit24 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a
future version of MATLAB
% handles structure with handles and
user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns
contents of edit24 as text
% str2double(get(hObject,'String'))
returns contents of edit24 as a double

% --- Executes during object creation,
after setting all properties.
function edit24_CreateFcn(hObject,
eventdata, handles)
% hObject handle to edit24 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a
future version of MATLAB
% handles empty - handles not created
until after all CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white
background on Windows.
% See ISPC and COMPUTER.
if ispc &&
isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUiControlBackgroundColor'))

set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function edit25_Callback(hObject,
eventdata, handles)
% hObject handle to edit25 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a
future version of MATLAB
% handles structure with handles and
user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns
contents of edit25 as text
% str2double(get(hObject,'String'))
returns contents of edit25 as a double

% --- Executes during object creation,
after setting all properties.
```

```
function edit25_CreateFcn(hObject,
eventdata, handles)
% hObject    handle to edit25 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a
future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created
until after all CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white
background on Windows.
%         See ISPC and COMPUTER.
if ispc &&
isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUiControlBackgroundColor'))

set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
```

```
function edit26_Callback(hObject,
eventdata, handles)
% hObject    handle to edit26 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a
future version of MATLAB
% handles    structure with handles and
user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns
contents of edit26 as text
%         str2double(get(hObject,'String'))
returns contents of edit26 as a double
```

```
% --- Executes during object creation,
after setting all properties.
function edit26_CreateFcn(hObject,
eventdata, handles)
% hObject    handle to edit26 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a
future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created
until after all CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white
background on Windows.
%         See ISPC and COMPUTER.
if ispc &&
isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUiControlBackgroundColor'))

set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
```

```
function edit27_Callback(hObject,
eventdata, handles)
% hObject    handle to edit27 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a
future version of MATLAB
% handles    structure with handles and
user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns
contents of edit27 as text
%         str2double(get(hObject,'String'))
returns contents of edit27 as a double
```

```
% --- Executes during object
creation, after setting all
properties.
function edit27_CreateFcn(hObject,
eventdata, handles)
% hObject    handle to edit27 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a
future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created
until after all CreateFcns called
```

```
% Hint: edit controls usually have a white
background on Windows.
%         See ISPC and COMPUTER.
if ispc &&
isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUiControlBackgroundColor'))

set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
```

```
function edit28_Callback(hObject,
eventdata, handles)
% hObject    handle to edit28 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a
future version of MATLAB
% handles    structure with handles and
user data (see GUIDATA)
```

```
% Hints: get(hObject,'String') returns
contents of edit28 as text
%         str2double(get(hObject,'String'))
returns contents of edit28 as a double
```

```
% --- Executes during object creation,
after setting all properties.
function edit28_CreateFcn(hObject,
eventdata, handles)
% hObject    handle to edit28 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a
future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created
until after all CreateFcns called
```

```
% Hint: edit controls usually have a white
background on Windows.
%         See ISPC and COMPUTER.
if ispc &&
isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUiControlBackgroundColor'))

set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
```

```
function edit29_Callback(hObject,
eventdata, handles)
% hObject    handle to edit29 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a
future version of MATLAB
% handles    structure with handles and
user data (see GUIDATA)
```

```
% Hints: get(hObject,'String') returns
contents of edit29 as text
%         str2double(get(hObject,'String'))
returns contents of edit29 as a double
```

```
% --- Executes during object creation,
after setting all properties.
function edit29_CreateFcn(hObject,
eventdata, handles)
% hObject    handle to edit29 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a
future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created
until after all CreateFcns called
```

```
% Hint: edit controls usually have a white
background on Windows.
%         See ISPC and COMPUTER.
if ispc &&
isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUiControlBackgroundColor'))
```

```
set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
```

```
function edit30_Callback(hObject,
eventdata, handles)
% hObject    handle to edit30 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a
future version of MATLAB
% handles    structure with handles and
user data (see GUIDATA)
```

```
% Hints: get(hObject,'String') returns
contents of edit30 as text
%         str2double(get(hObject,'String'))
returns contents of edit30 as a double
```

```
% --- Executes during object creation,
after setting all properties.
function edit30_CreateFcn(hObject,
eventdata, handles)
% hObject    handle to edit30 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a
future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created
until after all CreateFcns called
```

```
% Hint: edit controls usually have a white
background on Windows.
%         See ISPC and COMPUTER.
if ispc &&
isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUiControlBackgroundColor'))
```

```
set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
```

```
function edit31_Callback(hObject,
eventdata, handles)
% hObject    handle to edit31 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a
future version of MATLAB
% handles    structure with handles and
user data (see GUIDATA)
```

```
% Hints: get(hObject,'String') returns
contents of edit31 as text
```

```
%
```

```
str2double(get(hObject,'String')) returns
contents of edit31 as a double
```

```
% --- Executes during object creation,
after setting all properties.
function edit31_CreateFcn(hObject,
eventdata, handles)
% hObject    handle to edit31 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a
future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created
until after all CreateFcns called
```

```
% Hint: edit controls usually have a white
background on Windows.
%         See ISPC and COMPUTER.
if ispc &&
isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUiControlBackgroundColor'))
```

```
set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
```

```
function edit32_Callback(hObject,
eventdata, handles)
% hObject    handle to edit32 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a
future version of MATLAB
% handles    structure with handles and
user data (see GUIDATA)
```

```
% Hints: get(hObject,'String') returns
contents of edit32 as text
%         str2double(get(hObject,'String'))
returns contents of edit32 as a double
```

```
% --- Executes during object creation,
after setting all properties.
function edit32_CreateFcn(hObject,
eventdata, handles)
% hObject    handle to edit32 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a
future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created
until after all CreateFcns called
```

```
% Hint: edit controls usually have a white
background on Windows.
%         See ISPC and COMPUTER.
if ispc &&
isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUiControlBackgroundColor'))
```

```
set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
```

```
function edit33_Callback(hObject,
eventdata, handles)
% hObject    handle to edit33 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a
future version of MATLAB
```



```

% handles      structure with handles and
user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns
contents of edit33 as text
%          str2double(get(hObject,'String'))
returns contents of edit33 as a double

% --- Executes during object creation,
after setting all properties.
function edit33_CreateFcn(hObject,
eventdata, handles)
% hObject      handle to edit33 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a
future version of MATLAB
% handles      empty - handles not created
until after all CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white
background on Windows.
%          See ISPC and COMPUTER.
if ispc &&
isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUiControlBackgroundColor'))

set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function edit34_Callback(hObject,
eventdata, handles)
% hObject      handle to edit34 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a
future version of MATLAB
% handles      structure with handles and
user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns
contents of edit34 as text
%          str2double(get(hObject,'String'))
returns contents of edit34 as a double

% --- Executes during object creation,
after setting all properties.
function edit34_CreateFcn(hObject,
eventdata, handles)
% hObject      handle to edit34 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a
future version of MATLAB
% handles      empty - handles not created
until after all CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white
background on Windows.
%          See ISPC and COMPUTER.
if ispc &&
isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUiControlBackgroundColor'))

set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function edit35_Callback(hObject,
eventdata, handles)
% hObject      handle to edit35 (see GCBO)

```

```

% eventdata reserved - to
be defined in a future
version of MATLAB
% handles      structure with handles and
user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns
contents of edit35 as text
%          str2double(get(hObject,'String'))
returns contents of edit35 as a double

% --- Executes during object creation,
after setting all properties.
function edit35_CreateFcn(hObject,
eventdata, handles)
% hObject      handle to edit35 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a
future version of MATLAB
% handles      empty - handles not created
until after all CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white
background on Windows.
%          See ISPC and COMPUTER.
if ispc &&
isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUiControlBackgroundColor'))

set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function edit36_Callback(hObject,
eventdata, handles)
% hObject      handle to edit36 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a
future version of MATLAB
% handles      structure with handles and
user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns
contents of edit36 as text
%          str2double(get(hObject,'String'))
returns contents of edit36 as a double

% --- Executes during object creation,
after setting all properties.
function edit36_CreateFcn(hObject,
eventdata, handles)
% hObject      handle to edit36 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a
future version of MATLAB
% handles      empty - handles not created
until after all CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white
background on Windows.
%          See ISPC and COMPUTER.
if ispc &&
isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUiControlBackgroundColor'))

set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

```

```
function edit37_Callback(hObject,
eventdata, handles)
% hObject    handle to edit37 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a
future version of MATLAB
% handles    structure with handles and
user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns
contents of edit37 as text
%         str2double(get(hObject,'String'))
returns contents of edit37 as a double
```

```
% --- Executes during object creation,
after setting all properties.
function edit37_CreateFcn(hObject,
eventdata, handles)
% hObject    handle to edit37 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a
future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created
until after all CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white
background on Windows.
%         See ISPC and COMPUTER.
if ispc &&
isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUiControlBackgroundColor'))

set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
```

```
function edit38_Callback(hObject,
eventdata, handles)
% hObject    handle to edit38 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a
future version of MATLAB
% handles    structure with handles and
user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns
contents of edit38 as text
%         str2double(get(hObject,'String'))
returns contents of edit38 as a double
```

```
% --- Executes during object creation,
after setting all properties.
function edit38_CreateFcn(hObject,
eventdata, handles)
% hObject    handle to edit38 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a
future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created
until after all CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white
background on Windows.
%         See ISPC and COMPUTER.
if ispc &&
isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUiControlBackgroundColor'))

set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
```

```
function
edit39_Callback(hObject,
eventdata, handles)
% hObject    handle to edit39 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a
future version of MATLAB
% handles    structure with handles and
user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns
contents of edit39 as text
%         str2double(get(hObject,'String'))
returns contents of edit39 as a double
```

```
% --- Executes during object creation,
after setting all properties.
function edit39_CreateFcn(hObject,
eventdata, handles)
% hObject    handle to edit39 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a
future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created
until after all CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white
background on Windows.
%         See ISPC and COMPUTER.
if ispc &&
isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUiControlBackgroundColor'))

set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
```

```
function edit40_Callback(hObject,
eventdata, handles)
% hObject    handle to edit40 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a
future version of MATLAB
% handles    structure with handles and
user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns
contents of edit40 as text
%         str2double(get(hObject,'String'))
returns contents of edit40 as a double
```

```
% --- Executes during object creation,
after setting all properties.
function edit40_CreateFcn(hObject,
eventdata, handles)
% hObject    handle to edit40 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a
future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created
until after all CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white
background on Windows.
%         See ISPC and COMPUTER.
if ispc &&
isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUiControlBackgroundColor'))

set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
```

end

```
function edit41_Callback(hObject,
eventdata, handles)
% hObject    handle to edit41 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a
future version of MATLAB
% handles    structure with handles and
user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns
contents of edit41 as text
%          str2double(get(hObject,'String'))
returns contents of edit41 as a double
```

```
% --- Executes during object creation,
after setting all properties.
function edit41_CreateFcn(hObject,
eventdata, handles)
% hObject    handle to edit41 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a
future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created
until after all CreateFcns called
```

```
% Hint: edit controls usually have a white
background on Windows.
%          See ISPC and COMPUTER.
if ispc &&
isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUiControlBackgroundColor'))

set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
```

```
function edit42_Callback(hObject,
eventdata, handles)
% hObject    handle to edit42 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a
future version of MATLAB
% handles    structure with handles and
user data (see GUIDATA)
```

```
% Hints: get(hObject,'String') returns
contents of edit42 as text
%          str2double(get(hObject,'String'))
returns contents of edit42 as a double
```

```
% --- Executes during object creation,
after setting all properties.
function edit42_CreateFcn(hObject,
eventdata, handles)
% hObject    handle to edit42 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a
future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created
until after all CreateFcns called
```

```
% Hint: edit controls usually have a white
background on Windows.
%          See ISPC and COMPUTER.
if ispc &&
isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUiControlBackgroundColor'))

set(hObject,'BackgroundColor','white');
```

```
function edit43_Callback(hObject,
eventdata, handles)
% hObject    handle to edit43 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a
future version of MATLAB
% handles    structure with handles and
user data (see GUIDATA)
```

```
% Hints: get(hObject,'String') returns
contents of edit43 as text
%          str2double(get(hObject,'String'))
returns contents of edit43 as a double
```

```
% --- Executes during object creation,
after setting all properties.
function edit43_CreateFcn(hObject,
eventdata, handles)
% hObject    handle to edit43 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a
future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created
until after all CreateFcns called
```

```
% Hint: edit controls usually have a white
background on Windows.
%          See ISPC and COMPUTER.
if ispc &&
isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUiControlBackgroundColor'))

set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
```

```
function A2_Callback(hObject, eventdata,
handles)
% hObject    handle to A2 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a
future version of MATLAB
% handles    structure with handles and
user data (see GUIDATA)
```

```
% Hints: get(hObject,'String') returns
contents of A2 as text
%          str2double(get(hObject,'String'))
returns contents of A2 as a double
```

```
% --- Executes during object creation,
after setting all properties.
function A2_CreateFcn(hObject, eventdata,
handles)
% hObject    handle to A2 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a
future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created
until after all CreateFcns called
```

```
% Hint: edit controls usually have a white
background on Windows.
%          See ISPC and COMPUTER.
if ispc &&
isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUiControlBackgroundColor'))
```

```

set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function A3_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to A3 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a
future version of MATLAB
% handles    structure with handles and
user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns
contents of A3 as text
%          str2double(get(hObject,'String'))
returns contents of A3 as a double

% --- Executes during object creation,
after setting all properties.
function A3_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to A3 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a
future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created
until after all CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white
background on Windows.
%          See ISPC and COMPUTER.
if ispc &&
isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUiControlBackgroundColor'))

set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function A4_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to A4 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a
future version of MATLAB
% handles    structure with handles and
user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns
contents of A4 as text
%          str2double(get(hObject,'String'))
returns contents of A4 as a double

% --- Executes during object creation,
after setting all properties.
function A4_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to A4 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a
future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created
until after all CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white
background on Windows.
%          See ISPC and COMPUTER.

```

```

if ispc &&

isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUiControlBackgroundColor'))

set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function C2A2_Callback(hObject, eventdata, handles)
x = get(hObject,'String')
% C1(1,2) = str2num(x)
% save('Datos.mat','C1','-append');

% --- Executes during object creation,
after setting all properties.
function C2A2_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to C2A2 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a
future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created
until after all CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white
background on Windows.
%          See ISPC and COMPUTER.
if ispc &&
isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUiControlBackgroundColor'))

set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function edit70_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to C2A2 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a
future version of MATLAB
% handles    structure with handles and
user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns
contents of C2A2 as text
%          str2double(get(hObject,'String'))
returns contents of C2A2 as a double

% --- Executes during object creation,
after setting all properties.
function edit70_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to C2A2 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a
future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created
until after all CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white
background on Windows.
%          See ISPC and COMPUTER.
if ispc &&
isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUiControlBackgroundColor'))

```

```
set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
```

```
function C3A2_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to C3A2 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a
future version of MATLAB
% handles    structure with handles and
user data (see GUIDATA)
```

```
% Hints: get(hObject,'String') returns
contents of C3A2 as text
%         str2double(get(hObject,'String'))
returns contents of C3A2 as a double
```

```
% --- Executes during object creation,
after setting all properties.
```

```
function C3A2_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to C3A2 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a
future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created
until after all CreateFcns called
```

```
% Hint: edit controls usually have a white
background on Windows.
```

```
%         See ISPC and COMPUTER.
if ispc &&
isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
```

```
set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
```

```
function C4A2_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to C4A2 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a
future version of MATLAB
% handles    structure with handles and
user data (see GUIDATA)
```

```
% Hints: get(hObject,'String') returns
contents of C4A2 as text
%         str2double(get(hObject,'String'))
returns contents of C4A2 as a double
```

```
% --- Executes during object creation,
after setting all properties.
```

```
function C4A2_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to C4A2 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a
future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created
until after all CreateFcns called
```

```
% Hint: edit controls usually have a white
background on Windows.
```

```
%         See ISPC and COMPUTER.
```

```
if ispc &&
```

```
isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
```

```
set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
```

```
function C5A2_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to C5A2 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a
future version of MATLAB
% handles    structure with handles and
user data (see GUIDATA)
```

```
% Hints: get(hObject,'String') returns
contents of C5A2 as text
%         str2double(get(hObject,'String'))
returns contents of C5A2 as a double
```

```
% --- Executes during object creation,
after setting all properties.
```

```
function C5A2_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to C5A2 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a
future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created
until after all CreateFcns called
```

```
% Hint: edit controls usually have a white
background on Windows.
```

```
%         See ISPC and COMPUTER.
if ispc &&
isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
```

```
% Hint: edit controls usually have a white
background on Windows.
```

```
%         See ISPC and COMPUTER.
if ispc &&
isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
```

```
set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
```

```
function C1A3_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to C1A3 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a
future version of MATLAB
% handles    structure with handles and
user data (see GUIDATA)
```

```
% Hints: get(hObject,'String') returns
contents of C1A3 as text
%         str2double(get(hObject,'String'))
returns contents of C1A3 as a double
```

```
% --- Executes during object creation,
after setting all properties.
```

```
function C1A3_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to C1A3 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a
future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created
until after all CreateFcns called
```

```
% Hint: edit controls usually have a white
background on Windows.
```

```
%         See ISPC and COMPUTER.
if ispc &&
isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
```

```
% Hint: edit controls usually have a white
background on Windows.
%       See ISPC and COMPUTER.
if ispc &&
isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))

set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
```

```
function C2A3_Callback(hObject, eventdata,
handles)
% hObject    handle to C2A3 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a
future version of MATLAB
% handles    structure with handles and
user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns
contents of C2A3 as text
%       str2double(get(hObject,'String'))
returns contents of C2A3 as a double
```

```
% --- Executes during object creation,
after setting all properties.
function C2A3_CreateFcn(hObject,
eventdata, handles)
% hObject    handle to C2A3 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a
future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created
until after all CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white
background on Windows.
%       See ISPC and COMPUTER.
if ispc &&
isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))

set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
```

```
function C3A3_Callback(hObject, eventdata,
handles)
% hObject    handle to C3A3 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a
future version of MATLAB
% handles    structure with handles and
user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns
contents of C3A3 as text
%       str2double(get(hObject,'String'))
returns contents of C3A3 as a double
```

```
% --- Executes during object creation,
after setting all properties.
function C3A3_CreateFcn(hObject,
eventdata, handles)
% hObject    handle to C3A3 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a
future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created
until after all CreateFcns called
```

```
% Hint: edit controls
usually have a white
background on Windows.
%       See ISPC and COMPUTER.
if ispc &&
isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))

set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
```

```
function C4A3_Callback(hObject, eventdata,
handles)
% hObject    handle to C4A3 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a
future version of MATLAB
% handles    structure with handles and
user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns
contents of C4A3 as text
%       str2double(get(hObject,'String'))
returns contents of C4A3 as a double
```

```
% --- Executes during object creation,
after setting all properties.
function C4A3_CreateFcn(hObject,
eventdata, handles)
% hObject    handle to C4A3 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a
future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created
until after all CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white
background on Windows.
%       See ISPC and COMPUTER.
if ispc &&
isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))

set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
```

```
function C5A3_Callback(hObject, eventdata,
handles)
% hObject    handle to C5A3 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a
future version of MATLAB
% handles    structure with handles and
user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns
contents of C5A3 as text
%       str2double(get(hObject,'String'))
returns contents of C5A3 as a double
```

```
% --- Executes during object creation,
after setting all properties.
function C5A3_CreateFcn(hObject,
eventdata, handles)
% hObject    handle to C5A3 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a
future version of MATLAB
```

```

% handles    empty - handles not created
until after all CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white
background on Windows.
%         See ISPC and COMPUTER.
if ispc &&
isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUiControlBackgroundColor'))

set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function C1A4_Callback(hObject, eventdata,
handles)
% hObject    handle to C1A4 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a
future version of MATLAB
% handles    structure with handles and
user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns
contents of C1A4 as text
%         str2double(get(hObject,'String'))
returns contents of C1A4 as a double

% --- Executes during object creation,
after setting all properties.
function C1A4_CreateFcn(hObject,
eventdata, handles)
% hObject    handle to C1A4 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a
future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created
until after all CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white
background on Windows.
%         See ISPC and COMPUTER.
if ispc &&
isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUiControlBackgroundColor'))

set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function C2A4_Callback(hObject, eventdata,
handles)
% hObject    handle to C2A4 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a
future version of MATLAB
% handles    structure with handles and
user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns
contents of C2A4 as text
%         str2double(get(hObject,'String'))
returns contents of C2A4 as a double

% --- Executes during object creation,
after setting all properties.
function C2A4_CreateFcn(hObject,
eventdata, handles)
% hObject    handle to C2A4 (see GCBO)

```

```

% eventdata reserved - to
be defined in a future
version of MATLAB
% handles    empty - handles not created
until after all CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white
background on Windows.
%         See ISPC and COMPUTER.
if ispc &&
isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUiControlBackgroundColor'))

set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function C3A4_Callback(hObject, eventdata,
handles)
% hObject    handle to C3A4 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a
future version of MATLAB
% handles    structure with handles and
user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns
contents of C3A4 as text
%         str2double(get(hObject,'String'))
returns contents of C3A4 as a double

% --- Executes during object creation,
after setting all properties.
function C3A4_CreateFcn(hObject,
eventdata, handles)
% hObject    handle to C3A4 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a
future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created
until after all CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white
background on Windows.
%         See ISPC and COMPUTER.
if ispc &&
isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUiControlBackgroundColor'))

set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function C4A4_Callback(hObject, eventdata,
handles)
% hObject    handle to C4A4 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a
future version of MATLAB
% handles    structure with handles and
user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns
contents of C4A4 as text
%         str2double(get(hObject,'String'))
returns contents of C4A4 as a double

% --- Executes during object creation,
after setting all properties.

```

```
function C4A4_CreateFcn(hObject,
eventdata, handles)
% hObject    handle to C4A4 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a
future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created
until after all CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white
background on Windows.
%         See ISPC and COMPUTER.
if ispc &&
isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUiControlBackgroundColor'))

set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
```

```
function C5A4_Callback(hObject, eventdata,
handles)
% hObject    handle to C5A4 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a
future version of MATLAB
% handles    structure with handles and
user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns
contents of C5A4 as text
%         str2double(get(hObject,'String'))
returns contents of C5A4 as a double
```

```
% --- Executes during object creation,
after setting all properties.
function C5A4_CreateFcn(hObject,
eventdata, handles)
% hObject    handle to C5A4 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a
future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created
until after all CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white
background on Windows.
%         See ISPC and COMPUTER.
if ispc &&
isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUiControlBackgroundColor'))

set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
```

```
function C6A2_Callback(hObject, eventdata,
handles)
% hObject    handle to C6A2 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a
future version of MATLAB
% handles    structure with handles and
user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns
contents of C6A2 as text
%         str2double(get(hObject,'String'))
returns contents of C6A2 as a double
```

```
% --- Executes during object
creation, after setting all
properties.
function C6A2_CreateFcn(hObject,
eventdata, handles)
% hObject    handle to C6A2 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a
future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created
until after all CreateFcns called
```

```
% Hint: edit controls usually have a white
background on Windows.
%         See ISPC and COMPUTER.
if ispc &&
isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUiControlBackgroundColor'))

set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
```

```
function C7A2_Callback(hObject, eventdata,
handles)
% hObject    handle to C7A2 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a
future version of MATLAB
% handles    structure with handles and
user data (see GUIDATA)
```

```
% Hints: get(hObject,'String') returns
contents of C7A2 as text
%         str2double(get(hObject,'String'))
returns contents of C7A2 as a double
```

```
% --- Executes during object creation,
after setting all properties.
function C7A2_CreateFcn(hObject,
eventdata, handles)
% hObject    handle to C7A2 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a
future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created
until after all CreateFcns called
```

```
% Hint: edit controls usually have a white
background on Windows.
%         See ISPC and COMPUTER.
if ispc &&
isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUiControlBackgroundColor'))

set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
```

```
function C8A2_Callback(hObject, eventdata,
handles)
% hObject    handle to C8A2 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a
future version of MATLAB
% handles    structure with handles and
user data (see GUIDATA)
```

```
% Hints: get(hObject,'String') returns
contents of C8A2 as text
%         str2double(get(hObject,'String'))
returns contents of C8A2 as a double
```



```

% --- Executes during object creation,
after setting all properties.
function C8A2_CreateFcn(hObject,
eventdata, handles)
% hObject    handle to C8A2 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a
future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created
until after all CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white
background on Windows.
%         See ISPC and COMPUTER.
if ispc &&
isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUiControlBackgroundColor'))

set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function C9A2_Callback(hObject, eventdata,
handles)
% hObject    handle to C9A2 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a
future version of MATLAB
% handles    structure with handles and
user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns
contents of C9A2 as text
%         str2double(get(hObject,'String'))
returns contents of C9A2 as a double

% --- Executes during object creation,
after setting all properties.
function C9A2_CreateFcn(hObject,
eventdata, handles)
% hObject    handle to C9A2 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a
future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created
until after all CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white
background on Windows.
%         See ISPC and COMPUTER.
if ispc &&
isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUiControlBackgroundColor'))

set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function C10A2_Callback(hObject,
eventdata, handles)
% hObject    handle to C10A2 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a
future version of MATLAB
% handles    structure with handles and
user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns
contents of C10A2 as text

```

```

%
str2double(get(hObject,'String')) returns
contents of C10A2 as a double

% --- Executes during object creation,
after setting all properties.
function C10A2_CreateFcn(hObject,
eventdata, handles)
% hObject    handle to C10A2 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a
future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created
until after all CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white
background on Windows.
%         See ISPC and COMPUTER.
if ispc &&
isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUiControlBackgroundColor'))

set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function C11A2_Callback(hObject,
eventdata, handles)
% hObject    handle to C11A2 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a
future version of MATLAB
% handles    structure with handles and
user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns
contents of C11A2 as text
%         str2double(get(hObject,'String'))
returns contents of C11A2 as a double

% --- Executes during object creation,
after setting all properties.
function C11A2_CreateFcn(hObject,
eventdata, handles)
% hObject    handle to C11A2 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a
future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created
until after all CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white
background on Windows.
%         See ISPC and COMPUTER.
if ispc &&
isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUiControlBackgroundColor'))

set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function C12A2_Callback(hObject,
eventdata, handles)
% hObject    handle to C12A2 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a
future version of MATLAB

```

```
% handles structure with handles and
user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns
contents of C12A2 as text
% str2double(get(hObject,'String'))
returns contents of C12A2 as a double

% --- Executes during object creation,
after setting all properties.
function C12A2_CreateFcn(hObject,
eventdata, handles)
% hObject handle to C12A2 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a
future version of MATLAB
% handles empty - handles not created
until after all CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white
background on Windows.
% See ISPC and COMPUTER.
if ispc &&
isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUiControlBackgroundColor'))

set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function C6A3_Callback(hObject, eventdata,
handles)
% hObject handle to C6A3 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a
future version of MATLAB
% handles structure with handles and
user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns
contents of C6A3 as text
% str2double(get(hObject,'String'))
returns contents of C6A3 as a double

% --- Executes during object creation,
after setting all properties.
function C6A3_CreateFcn(hObject,
eventdata, handles)
% hObject handle to C6A3 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a
future version of MATLAB
% handles empty - handles not created
until after all CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white
background on Windows.
% See ISPC and COMPUTER.
if ispc &&
isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUiControlBackgroundColor'))

set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function C7A3_Callback(hObject, eventdata,
handles)
% hObject handle to C7A3 (see GCBO)
```

```
% eventdata reserved - to
be defined in a future
version of MATLAB
% handles structure with handles and
user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns
contents of C7A3 as text
% str2double(get(hObject,'String'))
returns contents of C7A3 as a double

% --- Executes during object creation,
after setting all properties.
function C7A3_CreateFcn(hObject,
eventdata, handles)
% hObject handle to C7A3 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a
future version of MATLAB
% handles empty - handles not created
until after all CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white
background on Windows.
% See ISPC and COMPUTER.
if ispc &&
isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUiControlBackgroundColor'))

set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function C8A3_Callback(hObject, eventdata,
handles)
% hObject handle to C8A3 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a
future version of MATLAB
% handles structure with handles and
user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns
contents of C8A3 as text
% str2double(get(hObject,'String'))
returns contents of C8A3 as a double

% --- Executes during object creation,
after setting all properties.
function C8A3_CreateFcn(hObject,
eventdata, handles)
% hObject handle to C8A3 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a
future version of MATLAB
% handles empty - handles not created
until after all CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white
background on Windows.
% See ISPC and COMPUTER.
if ispc &&
isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUiControlBackgroundColor'))

set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
```

```
function C9A3_Callback(hObject, eventdata,
handles)
% hObject    handle to C9A3 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a
future version of MATLAB
% handles    structure with handles and
user data (see GUIDATA)
```

```
% Hints: get(hObject,'String') returns
contents of C9A3 as text
%         str2double(get(hObject,'String'))
returns contents of C9A3 as a double
```

```
% --- Executes during object creation,
after setting all properties.
```

```
function C9A3_CreateFcn(hObject,
eventdata, handles)
% hObject    handle to C9A3 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a
future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created
until after all CreateFcns called
```

```
% Hint: edit controls usually have a white
background on Windows.
```

```
%         See ISPC and COMPUTER.
if ispc &&
isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUiControlBackgroundColor'))
```

```
set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
```

```
function C10A3_Callback(hObject,
eventdata, handles)
% hObject    handle to C10A3 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a
future version of MATLAB
% handles    structure with handles and
user data (see GUIDATA)
```

```
% Hints: get(hObject,'String') returns
contents of C10A3 as text
%         str2double(get(hObject,'String'))
returns contents of C10A3 as a double
```

```
% --- Executes during object creation,
after setting all properties.
```

```
function C10A3_CreateFcn(hObject,
eventdata, handles)
% hObject    handle to C10A3 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a
future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created
until after all CreateFcns called
```

```
% Hint: edit controls usually have a white
background on Windows.
```

```
%         See ISPC and COMPUTER.
if ispc &&
isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUiControlBackgroundColor'))
```

```
set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
```

```
function
C11A3_Callback(hObject,
eventdata, handles)
% hObject    handle to C11A3 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a
future version of MATLAB
% handles    structure with handles and
user data (see GUIDATA)
```

```
% Hints: get(hObject,'String') returns
contents of C11A3 as text
%         str2double(get(hObject,'String'))
returns contents of C11A3 as a double
```

```
% --- Executes during object creation,
after setting all properties.
```

```
function C11A3_CreateFcn(hObject,
eventdata, handles)
% hObject    handle to C11A3 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a
future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created
until after all CreateFcns called
```

```
% Hint: edit controls usually have a white
background on Windows.
```

```
%         See ISPC and COMPUTER.
if ispc &&
isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUiControlBackgroundColor'))
```

```
set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
```

```
function C12A3_Callback(hObject,
eventdata, handles)
% hObject    handle to C12A3 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a
future version of MATLAB
% handles    structure with handles and
user data (see GUIDATA)
```

```
% Hints: get(hObject,'String') returns
contents of C12A3 as text
%         str2double(get(hObject,'String'))
returns contents of C12A3 as a double
```

```
% --- Executes during object creation,
after setting all properties.
```

```
function C12A3_CreateFcn(hObject,
eventdata, handles)
% hObject    handle to C12A3 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a
future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created
until after all CreateFcns called
```

```
% Hint: edit controls usually have a white
background on Windows.
```

```
%         See ISPC and COMPUTER.
if ispc &&
isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUiControlBackgroundColor'))
```

```
set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
```

end

```
function C6A4_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to C6A4 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of C6A4 as text
%         str2double(get(hObject,'String')) returns contents of C6A4 as a double

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function C6A4_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to C6A4 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created until after all CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
%         See ISPC and COMPUTER.
if ispc &&
isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))

set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
```

```
function C7A4_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to C7A4 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of C7A4 as text
%         str2double(get(hObject,'String')) returns contents of C7A4 as a double

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function C7A4_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to C7A4 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created until after all CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
%         See ISPC and COMPUTER.
if ispc &&
isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))

set(hObject,'BackgroundColor','white');
```

```
function C8A4_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to C8A4 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of C8A4 as text
%         str2double(get(hObject,'String')) returns contents of C8A4 as a double
```

```
% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function C8A4_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to C8A4 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created until after all CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
%         See ISPC and COMPUTER.
if ispc &&
isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))

set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
```

```
function C9A4_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to C9A4 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of C9A4 as text
%         str2double(get(hObject,'String')) returns contents of C9A4 as a double
```

```
% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function C9A4_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to C9A4 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created until after all CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
%         See ISPC and COMPUTER.
if ispc &&
isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
```

```

set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function C10A4_Callback(hObject,
eventdata, handles)
% hObject    handle to C10A4 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a
future version of MATLAB
% handles    structure with handles and
user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns
contents of C10A4 as text
%          str2double(get(hObject,'String'))
returns contents of C10A4 as a double

% --- Executes during object creation,
after setting all properties.
function C10A4_CreateFcn(hObject,
eventdata, handles)
% hObject    handle to C10A4 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a
future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created
until after all CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white
background on Windows.
%          See ISPC and COMPUTER.
if ispc &&
isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))

set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function C11A4_Callback(hObject,
eventdata, handles)
% hObject    handle to C11A4 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a
future version of MATLAB
% handles    structure with handles and
user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns
contents of C11A4 as text
%          str2double(get(hObject,'String'))
returns contents of C11A4 as a double

% --- Executes during object creation,
after setting all properties.
function C11A4_CreateFcn(hObject,
eventdata, handles)
% hObject    handle to C11A4 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a
future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created
until after all CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white
background on Windows.
%          See ISPC and COMPUTER.

```

```

if ispc &&

isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))

set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function C12A4_Callback(hObject,
eventdata, handles)
% hObject    handle to C12A4 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a
future version of MATLAB
% handles    structure with handles and
user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns
contents of C12A4 as text
%          str2double(get(hObject,'String'))
returns contents of C12A4 as a double

% --- Executes during object creation,
after setting all properties.
function C12A4_CreateFcn(hObject,
eventdata, handles)
% hObject    handle to C12A4 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a
future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created
until after all CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white
background on Windows.
%          See ISPC and COMPUTER.
if ispc &&
isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))

set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function C13A1_Callback(hObject,
eventdata, handles)
% hObject    handle to C13A1 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a
future version of MATLAB
% handles    structure with handles and
user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns
contents of C13A1 as text
%          str2double(get(hObject,'String'))
returns contents of C13A1 as a double

% --- Executes during object creation,
after setting all properties.
function C13A1_CreateFcn(hObject,
eventdata, handles)
% hObject    handle to C13A1 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a
future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created
until after all CreateFcns called

```

```
% Hint: edit controls usually have a white
background on Windows.
%       See ISPC and COMPUTER.
if ispc &&
isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUiControlBackgroundColor'))

set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
```

```
function C13A2_Callback(hObject,
eventdata, handles)
% hObject    handle to C13A2 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a
future version of MATLAB
% handles    structure with handles and
user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns
contents of C13A2 as text
%       str2double(get(hObject,'String'))
returns contents of C13A2 as a double
```

```
% --- Executes during object creation,
after setting all properties.
function C13A2_CreateFcn(hObject,
eventdata, handles)
% hObject    handle to C13A2 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a
future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created
until after all CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white
background on Windows.
%       See ISPC and COMPUTER.
if ispc &&
isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUiControlBackgroundColor'))

set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
```

```
function C13A3_Callback(hObject,
eventdata, handles)
% hObject    handle to C13A3 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a
future version of MATLAB
% handles    structure with handles and
user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns
contents of C13A3 as text
%       str2double(get(hObject,'String'))
returns contents of C13A3 as a double
```

```
% --- Executes during object creation,
after setting all properties.
function C13A3_CreateFcn(hObject,
eventdata, handles)
% hObject    handle to C13A3 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a
future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created
until after all CreateFcns called
```

```
% Hint: edit controls
usually have a white
background on Windows.
%       See ISPC and COMPUTER.
if ispc &&
isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUiControlBackgroundColor'))

set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
```

```
function C13A4_Callback(hObject,
eventdata, handles)
% hObject    handle to C13A4 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a
future version of MATLAB
% handles    structure with handles and
user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns
contents of C13A4 as text
%       str2double(get(hObject,'String'))
returns contents of C13A4 as a double
```

```
% --- Executes during object creation,
after setting all properties.
function C13A4_CreateFcn(hObject,
eventdata, handles)
% hObject    handle to C13A4 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a
future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created
until after all CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white
background on Windows.
%       See ISPC and COMPUTER.
if ispc &&
isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUiControlBackgroundColor'))

set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
```

```
% --- Executes on button press in GUARDAR.
function GUARDAR_Callback(hObject,
eventdata, handles)
C1A1 =
str2double(get(handles.C1A1,'String'));
DATOS_CRITERIOS(1,1) = C1A1;
C1A2 =
str2double(get(handles.C1A2,'String'));
DATOS_CRITERIOS(1,2) = C1A2;
C1A3 =
str2double(get(handles.C1A3,'String'));
DATOS_CRITERIOS(1,3) = C1A3;
C1A4 =
str2double(get(handles.C1A4,'String'));
DATOS_CRITERIOS(1,4) = C1A4;

C2A1 =
str2double(get(handles.C2A1,'String'));
DATOS_CRITERIOS(2,1) = C2A1;
C2A2 =
str2double(get(handles.C2A2,'String'));
DATOS_CRITERIOS(2,2) = C2A2;
```

```

C2A3 =
str2double(get(handles.C2A3, 'String'));
DATOS_CRITERIOS(2,3) = C2A3;
C2A4 =
str2double(get(handles.C2A4, 'String'));
DATOS_CRITERIOS(2,4) = C2A4;

C3A1 =
str2double(get(handles.C3A1, 'String'));
DATOS_CRITERIOS(3,1) = C3A1;
C3A2 =
str2double(get(handles.C3A2, 'String'));
DATOS_CRITERIOS(3,2) = C3A2;
C3A3 =
str2double(get(handles.C3A3, 'String'));
DATOS_CRITERIOS(3,3) = C3A3;
C3A4 =
str2double(get(handles.C3A4, 'String'));
DATOS_CRITERIOS(3,4) = C3A4;

C4A1 =
str2double(get(handles.C4A1, 'String'));
DATOS_CRITERIOS(4,1) = C4A1;
C4A2 =
str2double(get(handles.C4A2, 'String'));
DATOS_CRITERIOS(4,2) = C4A2;
C4A3 =
str2double(get(handles.C4A3, 'String'));
DATOS_CRITERIOS(4,3) = C4A3;
C4A4 =
str2double(get(handles.C4A4, 'String'));
DATOS_CRITERIOS(4,4) = C4A4;

C5A1 =
str2double(get(handles.C5A1, 'String'));
DATOS_CRITERIOS(5,1) = C5A1;
C5A2 =
str2double(get(handles.C5A2, 'String'));
DATOS_CRITERIOS(5,2) = C5A2;
C5A3 =
str2double(get(handles.C5A3, 'String'));
DATOS_CRITERIOS(5,3) = C5A3;
C5A4 =
str2double(get(handles.C5A4, 'String'));
DATOS_CRITERIOS(5,4) = C5A4;

C6A1 =
str2double(get(handles.C6A1, 'String'));
DATOS_CRITERIOS(6,1) = C6A1;
C6A2 =
str2double(get(handles.C6A2, 'String'));
DATOS_CRITERIOS(6,2) = C6A2;
C6A3 =
str2double(get(handles.C6A3, 'String'));
DATOS_CRITERIOS(6,3) = C6A3;
C6A4 =
str2double(get(handles.C6A4, 'String'));
DATOS_CRITERIOS(6,4) = C6A4;

C7A1 =
str2double(get(handles.C7A1, 'String'));
DATOS_CRITERIOS(7,1) = C7A1;
C7A2 =
str2double(get(handles.C7A2, 'String'));
DATOS_CRITERIOS(7,2) = C7A2;
C7A3 =
str2double(get(handles.C7A3, 'String'));
DATOS_CRITERIOS(7,3) = C7A3;
C7A4 =
str2double(get(handles.C7A4, 'String'));
DATOS_CRITERIOS(7,4) = C7A4;

```

```

C8A1 =
str2double(get(handles.C8A1, 'String'));
DATOS_CRITERIOS(8,1) = C8A1;
C8A2 =
str2double(get(handles.C8A2, 'String'));
DATOS_CRITERIOS(8,2) = C8A2;
C8A3 =
str2double(get(handles.C8A3, 'String'));
DATOS_CRITERIOS(8,3) = C8A3;
C8A4 =
str2double(get(handles.C8A4, 'String'));
DATOS_CRITERIOS(8,4) = C8A4;

C9A1 =
str2double(get(handles.C9A1, 'String'));
DATOS_CRITERIOS(9,1) = C9A1;
C9A2 =
str2double(get(handles.C9A2, 'String'));
DATOS_CRITERIOS(9,2) = C9A2;
C9A3 =
str2double(get(handles.C9A3, 'String'));
DATOS_CRITERIOS(9,3) = C9A3;
C9A4 =
str2double(get(handles.C9A4, 'String'));
DATOS_CRITERIOS(9,4) = C9A4;

C10A1 =
str2double(get(handles.C10A1, 'String'));
DATOS_CRITERIOS(10,1) = C10A1;
C10A2 =
str2double(get(handles.C10A2, 'String'));
DATOS_CRITERIOS(10,2) = C10A2;
C10A3 =
str2double(get(handles.C10A3, 'String'));
DATOS_CRITERIOS(10,3) = C10A3;
C10A4 =
str2double(get(handles.C10A4, 'String'));
DATOS_CRITERIOS(10,4) = C10A4;

C11A1 =
str2double(get(handles.C11A1, 'String'));
DATOS_CRITERIOS(11,1) = C11A1;
C11A2 =
str2double(get(handles.C11A2, 'String'));
DATOS_CRITERIOS(11,2) = C11A2;
C11A3 =
str2double(get(handles.C11A3, 'String'));
DATOS_CRITERIOS(11,3) = C11A3;
C11A4 =
str2double(get(handles.C11A4, 'String'));
DATOS_CRITERIOS(11,4) = C11A4;

C12A1 =
str2double(get(handles.C12A1, 'String'));
DATOS_CRITERIOS(12,1) = C12A1;
C12A2 =
str2double(get(handles.C12A2, 'String'));
DATOS_CRITERIOS(12,2) = C12A2;
C12A3 =
str2double(get(handles.C12A3, 'String'));
DATOS_CRITERIOS(12,3) = C12A3;
C12A4 =
str2double(get(handles.C12A4, 'String'));
DATOS_CRITERIOS(12,4) = C12A4;

C13A1 =
str2double(get(handles.C13A1, 'String'));
DATOS_CRITERIOS(13,1) = C13A1;

```

```

C13A2 =
str2double(get(handles.C13A2,'String'));
DATOS_CRITERIOS(13,2) = C13A2;
C13A3 =
str2double(get(handles.C13A3,'String'));
DATOS_CRITERIOS(13,3) = C13A3;
C13A4 =
str2double(get(handles.C13A4,'String'));
DATOS_CRITERIOS(13,4) = C13A4;

save('Datos.mat','DATOS_CRITERIOS','-
append');

PC1 =
str2double(get(handles.PC1,'String'));
PESOS(1,1) = PC1;
PC2 =
str2double(get(handles.PC2,'String'));
PESOS(2,1) = PC2;
PC3 =
str2double(get(handles.PC3,'String'));
PESOS(3,1) = PC3;
PC4 =
str2double(get(handles.PC4,'String'));
PESOS(4,1) = PC4;
PC5 =
str2double(get(handles.PC5,'String'));
PESOS(5,1) = PC5;
PC6 =
str2double(get(handles.PC6,'String'));
PESOS(6,1) = PC6;
PC7 =
str2double(get(handles.PC7,'String'));
PESOS(7,1) = PC7;
PC8 =
str2double(get(handles.PC8,'String'));
PESOS(8,1) = PC8;
PC9 =
str2double(get(handles.PC9,'String'));
PESOS(9,1) = PC9;
PC10 =
str2double(get(handles.PC10,'String'));
PESOS(10,1) = PC10;
PC11 =
str2double(get(handles.PC11,'String'));
PESOS(11,1) = PC11;
PC12 =
str2double(get(handles.PC12,'String'));
PESOS(12,1) = PC12;
PC13 =
str2double(get(handles.PC13,'String'));
PESOS(13,1) = PC13;

save('Datos.mat','PESOS','-append');

function C1A2_Callback(hObject, eventdata,
handles)
% hObject    handle to C1A2 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a
future version of MATLAB
% handles    structure with handles and
user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns
contents of C1A2 as text
%          str2double(get(hObject,'String'))
returns contents of C1A2 as a double

```

```

% --- Executes during object
creation, after setting all
properties.
function C1A2_CreateFcn(hObject,
eventdata, handles)
% hObject    handle to C1A2 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a
future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created
until after all CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white
background on Windows.
%          See ISPC and COMPUTER.
if ispc &&
isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUiControlBackgroundColor'))

set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function PC6_Callback(hObject, eventdata,
handles)
% hObject    handle to PC6 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a
future version of MATLAB
% handles    structure with handles and
user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns
contents of PC6 as text
%          str2double(get(hObject,'String'))
returns contents of PC6 as a double

% --- Executes during object creation,
after setting all properties.
function PC6_CreateFcn(hObject, eventdata,
handles)
% hObject    handle to PC6 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a
future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created
until after all CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white
background on Windows.
%          See ISPC and COMPUTER.
if ispc &&
isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUiControlBackgroundColor'))

set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function PC7_Callback(hObject, eventdata,
handles)
% hObject    handle to PC7 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a
future version of MATLAB
% handles    structure with handles and
user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns
contents of PC7 as text
%          str2double(get(hObject,'String'))
returns contents of PC7 as a double

```



```

% --- Executes during object creation,
after setting all properties.
function PC7_CreateFcn(hObject, eventdata,
handles)
% hObject    handle to PC7 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a
future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created
until after all CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white
background on Windows.
%         See ISPC and COMPUTER.
if ispc &&
isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUiControlBackgroundColor'))

set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function PC8_Callback(hObject, eventdata,
handles)
% hObject    handle to PC8 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a
future version of MATLAB
% handles    structure with handles and
user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns
contents of PC8 as text
%         str2double(get(hObject,'String'))
returns contents of PC8 as a double

% --- Executes during object creation,
after setting all properties.
function PC8_CreateFcn(hObject, eventdata,
handles)
% hObject    handle to PC8 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a
future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created
until after all CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white
background on Windows.
%         See ISPC and COMPUTER.
if ispc &&
isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUiControlBackgroundColor'))

set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function PC9_Callback(hObject, eventdata,
handles)
% hObject    handle to PC9 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a
future version of MATLAB
% handles    structure with handles and
user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns
contents of PC9 as text

```

```

%
str2double(get(hObject,'String')) returns
contents of PC9 as a double

% --- Executes during object creation,
after setting all properties.
function PC9_CreateFcn(hObject, eventdata,
handles)
% hObject    handle to PC9 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a
future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created
until after all CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white
background on Windows.
%         See ISPC and COMPUTER.
if ispc &&
isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUiControlBackgroundColor'))

set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function PC10_Callback(hObject, eventdata,
handles)
% hObject    handle to PC10 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a
future version of MATLAB
% handles    structure with handles and
user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns
contents of PC10 as text
%         str2double(get(hObject,'String'))
returns contents of PC10 as a double

% --- Executes during object creation,
after setting all properties.
function PC10_CreateFcn(hObject,
eventdata, handles)
% hObject    handle to PC10 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a
future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created
until after all CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white
background on Windows.
%         See ISPC and COMPUTER.
if ispc &&
isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUiControlBackgroundColor'))

set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function PC11_Callback(hObject, eventdata,
handles)
% hObject    handle to PC11 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a
future version of MATLAB

```

```

% handles      structure with handles and
user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns
contents of PC11 as text
%          str2double(get(hObject,'String'))
returns contents of PC11 as a double

% --- Executes during object creation,
after setting all properties.
function PC11_CreateFcn(hObject,
eventdata, handles)
% hObject      handle to PC11 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a
future version of MATLAB
% handles      empty - handles not created
until after all CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white
background on Windows.
%          See ISPC and COMPUTER.
if ispc &&
isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUiControlBackgroundColor'))

set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function PC12_Callback(hObject, eventdata,
handles)
% hObject      handle to PC12 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a
future version of MATLAB
% handles      structure with handles and
user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns
contents of PC12 as text
%          str2double(get(hObject,'String'))
returns contents of PC12 as a double

% --- Executes during object creation,
after setting all properties.
function PC12_CreateFcn(hObject,
eventdata, handles)
% hObject      handle to PC12 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a
future version of MATLAB
% handles      empty - handles not created
until after all CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white
background on Windows.
%          See ISPC and COMPUTER.
if ispc &&
isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUiControlBackgroundColor'))

set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function PC2_Callback(hObject, eventdata,
handles)
% hObject      handle to PC2 (see GCBO)

```

```

% eventdata reserved - to
be defined in a future
version of MATLAB
% handles      structure with handles and
user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns
contents of PC2 as text
%          str2double(get(hObject,'String'))
returns contents of PC2 as a double

% --- Executes during object creation,
after setting all properties.
function PC2_CreateFcn(hObject, eventdata,
handles)
% hObject      handle to PC2 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a
future version of MATLAB
% handles      empty - handles not created
until after all CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white
background on Windows.
%          See ISPC and COMPUTER.
if ispc &&
isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUiControlBackgroundColor'))

set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function PC3_Callback(hObject, eventdata,
handles)
% hObject      handle to PC3 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a
future version of MATLAB
% handles      structure with handles and
user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns
contents of PC3 as text
%          str2double(get(hObject,'String'))
returns contents of PC3 as a double

% --- Executes during object creation,
after setting all properties.
function PC3_CreateFcn(hObject, eventdata,
handles)
% hObject      handle to PC3 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a
future version of MATLAB
% handles      empty - handles not created
until after all CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white
background on Windows.
%          See ISPC and COMPUTER.
if ispc &&
isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUiControlBackgroundColor'))

set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

```

```
function PC4_Callback(hObject, eventdata,
handles)
% hObject    handle to PC4 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a
future version of MATLAB
% handles    structure with handles and
user data (see GUIDATA)
```

```
% Hints: get(hObject,'String') returns
contents of PC4 as text
%         str2double(get(hObject,'String'))
returns contents of PC4 as a double
```

```
% --- Executes during object creation,
after setting all properties.
```

```
function PC4_CreateFcn(hObject, eventdata,
handles)
```

```
% hObject    handle to PC4 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a
future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created
until after all CreateFcns called
```

```
% Hint: edit controls usually have a white
background on Windows.
```

```
%         See ISPC and COMPUTER.
```

```
if ispc &&
isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUiControlBackgroundColor'))
```

```
set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
```

```
function PC1_Callback(hObject, eventdata,
handles)
```

```
% hObject    handle to PC1 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a
future version of MATLAB
% handles    structure with handles and
user data (see GUIDATA)
```

```
% Hints: get(hObject,'String') returns
contents of PC1 as text
%         str2double(get(hObject,'String'))
returns contents of PC1 as a double
```

```
% --- Executes during object creation,
after setting all properties.
```

```
function PC1_CreateFcn(hObject, eventdata,
handles)
```

```
% hObject    handle to PC1 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a
future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created
until after all CreateFcns called
```

```
% Hint: edit controls usually have a white
background on Windows.
```

```
%         See ISPC and COMPUTER.
```

```
if ispc &&
isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUiControlBackgroundColor'))
```

```
set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
```

```
function
PC5_Callback(hObject,
eventdata, handles)
```

```
% hObject    handle to PC5 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a
future version of MATLAB
% handles    structure with handles and
user data (see GUIDATA)
```

```
% Hints: get(hObject,'String') returns
contents of PC5 as text
%         str2double(get(hObject,'String'))
returns contents of PC5 as a double
```

```
% --- Executes during object creation,
after setting all properties.
```

```
function PC5_CreateFcn(hObject, eventdata,
handles)
```

```
% hObject    handle to PC5 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a
future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created
until after all CreateFcns called
```

```
% Hint: edit controls usually have a white
background on Windows.
```

```
%         See ISPC and COMPUTER.
```

```
if ispc &&
isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUiControlBackgroundColor'))
```

```
set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
```

```
function PC13_Callback(hObject, eventdata,
handles)
```

```
% hObject    handle to PC13 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a
future version of MATLAB
% handles    structure with handles and
user data (see GUIDATA)
```

```
% Hints: get(hObject,'String') returns
contents of PC13 as text
%         str2double(get(hObject,'String'))
returns contents of PC13 as a double
```

```
% --- Executes during object creation,
after setting all properties.
```

```
function PC13_CreateFcn(hObject,
eventdata, handles)
```

```
% hObject    handle to PC13 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a
future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created
until after all CreateFcns called
```

```
% Hint: edit controls usually have a white
background on Windows.
```

```
%         See ISPC and COMPUTER.
```

```
if ispc &&
isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUiControlBackgroundColor'))
```

```
set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
```

```

% --- Executes on button press in
NORMALIZAR.
function NORMALIZAR_Callback(hObject,
eventdata, handles)
load('Datos.mat', 'DATOS_CRITERIOS');
maxC1 = max(DATOS_CRITERIOS(1,:));
maxC2 = max(DATOS_CRITERIOS(2,:));
maxC3 = max(DATOS_CRITERIOS(3,:));
maxC4 = max(DATOS_CRITERIOS(4,:));
maxC5 = max(DATOS_CRITERIOS(5,:));
maxC6 = max(DATOS_CRITERIOS(6,:));
maxC7 = max(DATOS_CRITERIOS(7,:));
maxC8 = max(DATOS_CRITERIOS(8,:));
maxC9 = max(DATOS_CRITERIOS(9,:));
maxC10 = max(DATOS_CRITERIOS(10,:));
maxC11 = max(DATOS_CRITERIOS(11,:));
maxC12 = max(DATOS_CRITERIOS(12,:));
maxC13 = max(DATOS_CRITERIOS(13,:));

DATOS_Normalizados(1,1) =
DATOS_CRITERIOS(1,1)/maxC1;
DATOS_Normalizados(1,2) =
DATOS_CRITERIOS(1,2)/maxC1;
DATOS_Normalizados(1,3) =
DATOS_CRITERIOS(1,3)/maxC1;
DATOS_Normalizados(1,4) =
DATOS_CRITERIOS(1,4)/maxC1;

DATOS_Normalizados(2,1) =
DATOS_CRITERIOS(2,1)/maxC2;
DATOS_Normalizados(2,2) =
DATOS_CRITERIOS(2,2)/maxC2;
DATOS_Normalizados(2,3) =
DATOS_CRITERIOS(2,3)/maxC2;
DATOS_Normalizados(2,4) =
DATOS_CRITERIOS(2,4)/maxC2;

DATOS_Normalizados(3,1) =
DATOS_CRITERIOS(3,1)/maxC3;
DATOS_Normalizados(3,2) =
DATOS_CRITERIOS(3,2)/maxC3;
DATOS_Normalizados(3,3) =
DATOS_CRITERIOS(3,3)/maxC3;
DATOS_Normalizados(3,4) =
DATOS_CRITERIOS(3,4)/maxC3;

DATOS_Normalizados(4,1) =
DATOS_CRITERIOS(4,1)/maxC4;
DATOS_Normalizados(4,2) =
DATOS_CRITERIOS(4,2)/maxC4;
DATOS_Normalizados(4,3) =
DATOS_CRITERIOS(4,3)/maxC4;
DATOS_Normalizados(4,4) =
DATOS_CRITERIOS(4,4)/maxC4;

DATOS_Normalizados(5,1) =
DATOS_CRITERIOS(5,1)/maxC5;
DATOS_Normalizados(5,2) =
DATOS_CRITERIOS(5,2)/maxC5;
DATOS_Normalizados(5,3) =
DATOS_CRITERIOS(5,3)/maxC5;
DATOS_Normalizados(5,4) =
DATOS_CRITERIOS(5,4)/maxC5;

DATOS_Normalizados(6,1) =
DATOS_CRITERIOS(6,1)/maxC6;
DATOS_Normalizados(6,2) =
DATOS_CRITERIOS(6,2)/maxC6;

DATOS_Normalizados(6,3) =
DATOS_CRITERIOS(6,3)/maxC6;
DATOS_Normalizados(6,4) =
DATOS_CRITERIOS(6,4)/maxC6;

DATOS_Normalizados(7,1) =
DATOS_CRITERIOS(7,1)/maxC7;
DATOS_Normalizados(7,2) =
DATOS_CRITERIOS(7,2)/maxC7;
DATOS_Normalizados(7,3) =
DATOS_CRITERIOS(7,3)/maxC7;
DATOS_Normalizados(7,4) =
DATOS_CRITERIOS(7,4)/maxC7;

DATOS_Normalizados(8,1) =
DATOS_CRITERIOS(8,1)/maxC8;
DATOS_Normalizados(8,2) =
DATOS_CRITERIOS(8,2)/maxC8;
DATOS_Normalizados(8,3) =
DATOS_CRITERIOS(8,3)/maxC8;
DATOS_Normalizados(8,4) =
DATOS_CRITERIOS(8,4)/maxC8;

DATOS_Normalizados(9,1) =
DATOS_CRITERIOS(9,1)/maxC9;
DATOS_Normalizados(9,2) =
DATOS_CRITERIOS(9,2)/maxC9;
DATOS_Normalizados(9,3) =
DATOS_CRITERIOS(9,3)/maxC9;
DATOS_Normalizados(9,4) =
DATOS_CRITERIOS(9,4)/maxC9;

DATOS_Normalizados(10,1) =
DATOS_CRITERIOS(10,1)/maxC10;
DATOS_Normalizados(10,2) =
DATOS_CRITERIOS(10,2)/maxC10;
DATOS_Normalizados(10,3) =
DATOS_CRITERIOS(10,3)/maxC10;
DATOS_Normalizados(10,4) =
DATOS_CRITERIOS(10,4)/maxC10;

DATOS_Normalizados(11,1) =
DATOS_CRITERIOS(11,1)/maxC11;
DATOS_Normalizados(11,2) =
DATOS_CRITERIOS(11,2)/maxC11;
DATOS_Normalizados(11,3) =
DATOS_CRITERIOS(11,3)/maxC11;
DATOS_Normalizados(11,4) =
DATOS_CRITERIOS(11,4)/maxC11;

DATOS_Normalizados(12,1) =
DATOS_CRITERIOS(12,1)/maxC12;
DATOS_Normalizados(12,2) =
DATOS_CRITERIOS(12,2)/maxC12;
DATOS_Normalizados(12,3) =
DATOS_CRITERIOS(12,3)/maxC12;
DATOS_Normalizados(12,4) =
DATOS_CRITERIOS(12,4)/maxC12;

DATOS_Normalizados(13,1) =
DATOS_CRITERIOS(13,1)/maxC13;
DATOS_Normalizados(13,2) =
DATOS_CRITERIOS(13,2)/maxC13;
DATOS_Normalizados(13,3) =
DATOS_CRITERIOS(13,3)/maxC13;
DATOS_Normalizados(13,4) =
DATOS_CRITERIOS(13,4)/maxC13;

save('Datos.mat', 'DATOS_Normalizados', '-
append');

```

```

load('Datos.mat','PESOS');
Sum_pesos=0;
for i=1:13
    Sum_pesos = PESOS(i,1)+Sum_pesos;
end

PESOS_Normalizado(1,1) =
PESOS(1,1)/Sum_pesos;
PESOS_Normalizado(2,1) =
PESOS(2,1)/Sum_pesos;
PESOS_Normalizado(3,1) =
PESOS(3,1)/Sum_pesos;
PESOS_Normalizado(4,1) =
PESOS(4,1)/Sum_pesos;
PESOS_Normalizado(5,1) =
PESOS(5,1)/Sum_pesos;
PESOS_Normalizado(6,1) =
PESOS(6,1)/Sum_pesos;
PESOS_Normalizado(7,1) =
PESOS(7,1)/Sum_pesos;
PESOS_Normalizado(8,1) =
PESOS(8,1)/Sum_pesos;
PESOS_Normalizado(9,1) =
PESOS(9,1)/Sum_pesos;
PESOS_Normalizado(10,1) =
PESOS(10,1)/Sum_pesos;
PESOS_Normalizado(11,1) =
PESOS(11,1)/Sum_pesos;
PESOS_Normalizado(12,1) =
PESOS(12,1)/Sum_pesos;
PESOS_Normalizado(13,1) =
PESOS(13,1)/Sum_pesos;

save('Datos.mat','PESOS_Normalizado','-
append');

% --- Executes on button press in
EVALUACION.
function EVALUACION_Callback(hObject,
eventdata, handles)

load('Datos.mat');
W1 = PESOS_Normalizado(1,1);
W2 = PESOS_Normalizado(2,1);
W3 = PESOS_Normalizado(3,1);
W4 = PESOS_Normalizado(4,1);
W5 = PESOS_Normalizado(5,1);
W6 = PESOS_Normalizado(6,1);
W7 = PESOS_Normalizado(7,1);
W8 = PESOS_Normalizado(8,1);
W9 = PESOS_Normalizado(9,1);
W10 = PESOS_Normalizado(10,1);
W11 = PESOS_Normalizado(11,1);
W12 = PESOS_Normalizado(12,1);
W13 = PESOS_Normalizado(13,1);

NFA1 = DATOS_Normalizados(1,1);
NFA2 = DATOS_Normalizados(1,2);
NFA3 = DATOS_Normalizados(1,3);
NFA4 = DATOS_Normalizados(1,4);

ASA1 = DATOS_Normalizados(2,1);
ASA2 = DATOS_Normalizados(2,2);
ASA3 = DATOS_Normalizados(2,3);
ASA4 = DATOS_Normalizados(2,4);

CPA1 = DATOS_Normalizados(3,1);
CPA2 = DATOS_Normalizados(3,2);
CPA3 = DATOS_Normalizados(3,3);
CPA4 = DATOS_Normalizados(3,4);

CVA1 =
DATOS_Normalizados(4,1);
CVA2 = DATOS_Normalizados(4,2);
CVA3 = DATOS_Normalizados(4,3);
CVA4 = DATOS_Normalizados(4,4);

RCA1 = DATOS_Normalizados(5,1);
RCA2 = DATOS_Normalizados(5,2);
RCA3 = DATOS_Normalizados(5,3);
RCA4 = DATOS_Normalizados(5,4);

CINVA1 = DATOS_Normalizados(6,1);
CINVA2 = DATOS_Normalizados(6,2);
CINVA3 = DATOS_Normalizados(6,3);
CINVA4 = DATOS_Normalizados(6,4);

CINVMAX = max(DATOS_Normalizados(6,:));

CLCOEA1 = DATOS_Normalizados(7,1);
CLCOEA2 = DATOS_Normalizados(7,2);
CLCOEA3 = DATOS_Normalizados(7,3);
CLCOEA4 = DATOS_Normalizados(7,4);

CLCOEMAX = max(DATOS_Normalizados(7,:));

CTA1 = DATOS_Normalizados(8,1);
CTA2 = DATOS_Normalizados(8,2);
CTA3 = DATOS_Normalizados(8,3);
CTA4 = DATOS_Normalizados(8,4);

CTMAX = max(DATOS_Normalizados(8,:));

IAA1 = DATOS_Normalizados(9,1);
IAA2 = DATOS_Normalizados(9,2);
IAA3 = DATOS_Normalizados(9,3);
IAA4 = DATOS_Normalizados(9,4);

EA1 = DATOS_Normalizados(10,1);
EA2 = DATOS_Normalizados(10,2);
EA3 = DATOS_Normalizados(10,3);
EA4 = DATOS_Normalizados(10,4);

EGA1 = DATOS_Normalizados(11,1);
EGA2 = DATOS_Normalizados(11,2);
EGA3 = DATOS_Normalizados(11,3);
EGA4 = DATOS_Normalizados(11,4);

DFA1 = DATOS_Normalizados(12,1);
DFA2 = DATOS_Normalizados(12,2);
DFA3 = DATOS_Normalizados(12,3);
DFA4 = DATOS_Normalizados(12,4);

ECA1 = DATOS_Normalizados(13,1);
ECA2 = DATOS_Normalizados(13,2);
ECA3 = DATOS_Normalizados(13,3);
ECA4 = DATOS_Normalizados(13,4);

EV_A1 = (W1*NFA1 + W2*(ASA1/3) +
W3*(CPA1/3) + W4*(CVA1/3) + W5*(RCA1/3)
...
+ W6*(1-(CINVA1/CINVMAX)) + W7*(1-
(CLCOEA1/CLCOEMAX)) + W8*(1-(CTA1/CTMAX))
...
+ W9*(3/IAA1) + W10*EA1 + W11*EGA1 +
W12*(DFA1/3) + W13*ECA1)/100

EV_A2 = (W1*NFA2 + W2*(ASA2/3) +
W3*(CPA2/3) + W4*(CVA2/3) + W5*(RCA2/3)
...

```

```

+ W6*(1-(CINVA2/CINVMAX)) + W7*(1-
(CLCOEA2/CLCOEMAX)) + W8*(1-(CTA2/CTMAX))
...
+ W9*(3/IAA2) + W10*EA2 + W11*EGA2 +
W12*(DFA2/3) + W13*ECA2)/100

EV_A3 = (W1*NFA3 + W2*(ASA3/3) +
W3*(CPA3/3) + W4*(CVA3/3) + W5*(RCA3/3)
...
+ W6*(1-(CINVA3/CINVMAX)) + W7*(1-
(CLCOEA3/CLCOEMAX)) + W8*(1-(CTA3/CTMAX))
...
+ W9*(3/IAA3) + W10*EA3 + W11*EGA3 +
W12*(DFA3/3) + W13*ECA3)/100

EV_A4 = (W1*NFA4 + W2*(ASA4/3) +
W3*(CPA4/3) + W4*(CVA4/3) + W5*(RCA4/3)
...

```

```

+ W6*(1-
(CINVA4/CINVMAX)) + W7*(1-
(CLCOEA4/CLCOEMAX)) + W8*(1-
(CTA4/CTMAX)) ...
+ W9*(3/IAA4) + W10*EA4 + W11*EGA4 +
W12*(DFA4/3) + W13*ECA4)/100

set(handles.ALTERNATIVA1,'String',EV_A1);
set(handles.ALTERNATIVA2,'String',EV_A2);
set(handles.ALTERNATIVA3,'String',EV_A3);
set(handles.ALTERNATIVA4,'String',EV_A4);

% --- Executes during object creation,
after setting all properties.
function ALTERNATIVA1_CreateFcn(hObject,
 eventdata, handles)
% hObject handle to ALTERNATIVA1 (see
GCBO)

```