



**Universidad de Cienfuegos**  
**Facultad de Ciencias**  
**Económicas y Empresariales**  
**Departamento de Ingeniería Industrial**

**Título: Diseño de un modelo de  
pronóstico para la estimación de la  
demanda de construcción de viviendas  
en la provincia de Cienfuegos.**

**Trabajo de diploma en opción al título de  
Ingeniero Industrial**

**Autor: Julieta Vereá Oviedo**

**Tutores: Msc. Ing. Gretel Martínez Curbelo**  
**Ing. Yunior Palmero Berberena**

**Cienfuegos**  
**2017**

Hago constar que el presente trabajo fue realizado en la Universidad de Cienfuegos como parte de la culminación de los estudios en la carrera de Ingeniería Industrial, autorizado que el mismo sea utilizado por la institución para los fines que estime conveniente tanto de forma parcial como total y que además no podrá ser presentado en eventos, ni publicados sin autorización de la misma.

---

Nombre y Apellidos del Autor

---

Firma

Certifico que el presente trabajo ha sido revisado según acuerdos de la dirección de nuestro centro y el mismo cumple los requisitos que debe tener un trabajo de esta envergadura, referido a las temáticas señaladas.

---

Nombre y Apellidos del Tutor

---

Firma



Pensamiento

"Este es un homenaje a los locos. A los inadaptados. A los rebeldes. A los alborotadores. A las fichas redondas en los huecos cuadrados. A los que ven las cosas de forma diferente. A ellos no les gustan las reglas, y no sienten ningún respeto por el statu quo. Puedes citarlos, discrepar de ellos, glorificarlos o villanizarlos. Casi lo único que no puedes hacer es ignorarlos. Porque ellos cambian las cosas. Son los

que hacen avanzar al género humano. Y aunque algunos los vean como a locos, nosotros vemos su genio. Porque las personas que están lo suficientemente locas como para pensar que pueden cambiar el mundo... son quienes lo cambian".

- *Steve Jobs, Think Different (1997)*



# Dedicatória



A mi mamá por todo el amor y el apoyo que me ha dado en la vida y  
por estar siempre a mi lado justo cuando más lo necesité. Por  
enseñarme a valorar las cosas buenas de la vida y que nada que valga  
la pena será fácil de alcanzar.





Agradecimientos

A mi linda y numerosa familia, a todos mis tíos, primos y un agradecimiento super especial a mi mamá.

A mis incansables e inquebrantables amigos: José, Daniela, Sury y Sunsen.

A quién durante muchos años me han brindado su apoyo incondicional: Jose Luis Liwe (El Chino) y Rogelio.

A quién con su paciencia y dedicación me recuerda que todo es posible: Marlon.

A quienes siempre serán parte de mi vida por cuidar de mí: mi madrina y mi padrino.

A quienes me han aportado su ayuda en todo momento: al colectivo de BANDEC, Rodas.

A todas las amistades importantes que he conocido durante mi estancia en la universidad en especial mis compañeros de aula, entre ellos Rosa.

A mi oponente, a mi tutor y al personal del departamento por la gran ayuda y confianza que me han aportado: Gretel, Michael, Daily, Anibal y demás.

A todos aquellos que de una forma u otra colaboraron para que este trabajo se realizara.



# Resumen

## Resumen

El presente trabajo se realizó con el objetivo fundamental de diseñar un procedimiento para la estimación de la demanda de construcción de viviendas en la provincia de Cienfuegos. Para el cumplimiento del mismo se utilizan entrevistas, revisión de documentos, técnicas estadísticas propias de este tipo de estudio y herramientas automáticas que facilitan el uso de la lógica borrosa.

Como resultados fundamentales se obtienen los sistemas de inferencia difusa que representan las posibles combinaciones de los conductores de la demanda, estos últimos fueron conformados a través de la revisión bibliográfica y de la opinión de expertos.

Por último se exponen las conclusiones y recomendaciones que se derivan del estudio y que permiten definir una vía de seguimiento adecuada para dar continuidad a la temática desarrollada en la investigación.

**Palabras claves:** sistemas de inferencia difusa, demanda, construcción de vivienda.



# Summary

## Summary

The present work was carried out with the fundamental objective of designing a procedure for estimating the demand for housing construction in the province of Cienfuegos. For the fulfillment of the same one is used interviews, revision of documents, statistical techniques proper to this type of study and automatic tools that facilitate the use of the fuzzy logic.

As fundamental results are obtained diffuse inference systems that represent possible combinations of drivers of demand, the latter ones were formed through the literature review and expert opinion.

Finally, we present the conclusions and recommendations that are derived from the study and that allow us to define an adequate follow-up path to give continuity to the thematic area developed in the research.

**Key words:** diffuse inference systems, demand, housing construction.



# Índice



## Contenido

|                                                                                                                                             |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Introducción .....                                                                                                                          | 1  |
| Capítulo I. Marco Teórico-Referencial. ....                                                                                                 | 5  |
| 1.2 Clasificación de los pronósticos.....                                                                                                   | 8  |
| 1.2.1 Pronósticos ateniendo al marco de tiempo .....                                                                                        | 8  |
| 1.2.2 Modelos de pronóstico cuantitativos .....                                                                                             | 9  |
| 1.2.2.1 Modelos de series de tiempo .....                                                                                                   | 9  |
| 1.2.2.2 Modelos de relaciones causales.....                                                                                                 | 11 |
| 1.2.3 Simulación .....                                                                                                                      | 13 |
| 1.2.4 Modelos Cualitativos.....                                                                                                             | 14 |
| 1.2.4.1 Delfos.....                                                                                                                         | 14 |
| 1.2.4.2 Redacción del escenario.....                                                                                                        | 15 |
| 1.2.4.3 Investigación de mercado .....                                                                                                      | 15 |
| 1.2.4.4 Analogía histórica .....                                                                                                            | 16 |
| 1.3 Modelos análisis de demanda de vivienda .....                                                                                           | 18 |
| 1.4 Programa Local de Producción y Venta de Materiales de Construcción. ....                                                                | 21 |
| Capítulo II: Procedimiento para la estimación del pronóstico de la demanda de construcción de viviendas en la provincia de Cienfuegos. .... | 24 |
| Etapa I: Preparación del estudio. ....                                                                                                      | 25 |
| Paso 1: Revisión bibliográfica de los factores que influyen en la construcción de viviendas.....                                            | 25 |
| Paso 2: Selección e instrucción del grupo de trabajo. ....                                                                                  | 25 |
| Paso 3: Identificación de los factores que influyen en la construcción de viviendas. ....                                                   | 27 |
| Paso 4: Determinación de los conductores de la demanda a partir de los factores identificados. ....                                         | 30 |
| Etapa II: Construcción del modelo de pronóstico. ....                                                                                       | 30 |
| Paso 5: Determinación del número de Sistemas de Inferencia Difusa. ....                                                                     | 30 |
| Paso 6: Identificación del tipo de sistema difuso que más se ajusta a los datos. ....                                                       | 30 |
| Paso 7: Parametrización de las variables de entrada y de salida.....                                                                        | 31 |
| Paso 8: Definición de la base de conocimiento o reglas difusas.....                                                                         | 33 |
| Paso 9: Defusificación o proceso de concreción. ....                                                                                        | 34 |
| Paso 10: Obtención de las salidas del sistema. ....                                                                                         | 34 |
| Etapa III: Análisis de los resultados. ....                                                                                                 | 36 |
| Paso 11: Ponderación de los resultados de los Sistemas de Inferencia Difusa.....                                                            | 36 |
| Paso 12: Interpretación de los resultados.....                                                                                              | 40 |

|                                                                                                                                                                      |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Capítulo III: Aplicación del procedimiento propuesto para la estimación del pronóstico de la demanda de construcción de viviendas en la provincia de Cienfuegos..... | 41 |
| Etapa I: Preparación del estudio. ....                                                                                                                               | 41 |
| Paso 1: Revisión bibliográfica de los factores que influyen en la construcción de viviendas.....                                                                     | 41 |
| Paso 2: Selección e instrucción del grupo de trabajo. ....                                                                                                           | 47 |
| Paso 3: Identificación de los factores que influyen en la construcción de viviendas. ....                                                                            | 47 |
| Paso 4: Determinación de los conductores de la demanda a partir de los factores identificados. ....                                                                  | 52 |
| Etapa II: Construcción del modelo de pronóstico. ....                                                                                                                | 53 |
| Paso 5: Determinación del número de Sistemas de Inferencia Difusa. ....                                                                                              | 54 |
| Paso 6: Identificación del tipo de sistema difuso que más se ajusta a los datos.....                                                                                 | 55 |
| Paso 7: Parametrización de las variables de entrada y de salida.....                                                                                                 | 55 |
| Paso 8: Definición de la base de conocimiento o reglas difusas. ....                                                                                                 | 58 |
| Paso 9: Defusificación o proceso de concreción. ....                                                                                                                 | 59 |
| Paso 10: Obtención de las salidas del sistema. ....                                                                                                                  | 59 |
| Etapa III: Análisis de los resultados. ....                                                                                                                          | 61 |
| Paso 11: Ponderación de los resultados de los Sistemas de Inferencia Difusa.....                                                                                     | 61 |
| Paso 12: Interpretación de los resultados.....                                                                                                                       | 64 |
| Conclusiones .....                                                                                                                                                   | 65 |
| Recomendaciones .....                                                                                                                                                | 66 |
| Bibliografía .....                                                                                                                                                   | 67 |



# Introducción

## **Introducción**

La vivienda propia constituye uno de los activos de mayor valor para las familias. En ocasiones la mayoría de las personas que más impedimentos tienen para llegar a una casa propia con las condiciones básicas de habitabilidad, son las mismas que a raíz de bajos ingresos presentan incapacidad de compra en comparación a los precios de las residencias. (Capote, 2016)

El mercado de la vivienda es de gran relevancia para el desarrollo de la sociedad. Su trascendencia viene dada por el mejoramiento del fondo habitacional a través de la construcción de nuevas viviendas o la reparación y rehabilitación de las mismas; lo cual influye en sectores como el de los materiales de construcción, los servicios, entre otros relacionados con la actividad. (Becerra, Juan, & Suárez, 2015)

El Programa de Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos (ONU-HABITAT) tiene el objetivo de promover asentamientos social y ecológicamente sostenibles. Entre sus Objetivos de Desarrollo del Milenio, acogidos el año 2000 por los gobiernos, se encuentran los encaminados a eliminar la desigualdad y promover el desarrollo de las sociedades. Estas metas pueden estar favorecidas por políticas públicas que presten vital importancia al tema de la vivienda.

En Cuba se atiende esta problemática, de acuerdo con lo expuesto en las políticas públicas del Estado cubano en las indicaciones del Comité Ejecutivo del Consejo de Ministros (CECM). En los meses de mayo, junio y julio del 2005 se realiza un estudio completo de los centros productores de materiales de construcción fuera del sistema del MICONS, con el objetivo de precisar la capacidad de producción que referían tener y los recursos que solicitaban para su reanimación.

En el cuarto trimestre del 2011, se crea dentro del MICONS, por Resolución del Ministro de la Construcción, el Grupo Nacional de la Producción Local de Materiales y Venta a la Población, como parte de la implementación de los lineamientos de la política económica y social emanados del VI Congreso del PCC, encargado de rectorar, planificar, organizar, controlar y evaluar el cumplimiento de las políticas aprobadas para el sector de la construcción, relacionadas con el Programa de Producción Local y Venta de Materiales de Construcción.

Este grupo tiene como objetivo promover un movimiento coherente dirigido a lograr la autonomía municipal en la producción de materiales de construcción para la vivienda y el

desarrollo local en un Programa tan complejo y abarcador que requiere realizar un trabajo integrador donde participan activamente diferentes ministerios y entidades, productores estatales y no estatales, comercializadores y el pueblo en general; debiendo armonizar los elementos anteriores de modo que subordinados a los Consejos de Administración Provinciales (CAP) y los Consejos de Administración Municipales (CAM) bajo la Dirección y rectoría del MICONS.

En la provincia de Cienfuegos se realiza en el año 2014 el diseño de un procedimiento que considera acciones para minimizar las debilidades de gestión actuales de los grupos de trabajo municipales contribuyendo al perfeccionamiento de la gestión del Programa de Producción Local de Materiales de Construcción, y por ende garantizando la consolidación de la autarquía territorial, en la Provincia de Cienfuegos.

En el año 2016 se efectúa un estudio diagnóstico en el municipio de Aguada de Pasajeros en el que se obtiene que los objetivos de la cadena no están alineados con los objetivos de los clientes al no constar la demanda de la cadena en función de los mismos. Un análisis posterior con el grupo de expertos del estudio evidencia que la situación se aplica a los demás municipios de la Provincia.

El vertiginoso ritmo de la ciencia y la tecnología es evidente en todas las ramas del quehacer humano que se adaptan a este desarrollo. Cada vez se perfeccionan las herramientas y equipos para la toma de datos de cualquier tipo, y precisamente el volumen de información que se obtienen, y de las variables a tener en cuenta en la solución de los problemas ha traído consigo que los sistemas de análisis y procesamiento del conocimiento adquieran también nuevas dimensiones.

La evaluación de políticas públicas y específicamente de su materialización vista en los programas sociales, trata de ser al paso de los días una práctica habitual para la mayoría de los gobiernos y sociedades en general, proponiéndose como un tipo de insumo para la toma de decisiones. En la actualidad, existe una amplia variedad metodológica para el análisis y evaluación de programas sociales, sin embargo, la realidad social en extremo compleja requiere de un pensamiento más fuerte y de poderosos instrumentos analíticos capaces de comprenderla. Por ello, la aplicación de elementos alternativos como es el caso de la teoría de la lógica difusa –y sus usos–, pueden ser muy útiles para tratar fenómenos sociales porque proveen de una comprensión abstracta y al mismo tiempo de instrumentos prácticos, con los cuales se reducen los aspectos de incertidumbre y

vaguedad de las decisiones del pensamiento humano y así se orienta o, aún más, redirige la intervención social para mejorar la visión analítica en la evaluación de programas sociales. (Payán & Batíz, 2015)

### **Situación problemática:**

En el Proyecto de Directivas de la Producción Local de Materiales de Construcción para la Planificación Económica del 2016 en su directiva número tres se plantea que los municipios y la provincia tienen que planificar en sus producciones todos los renglones presentes en sus techos productivos en función de las materias primas naturales explotables. Los volúmenes productivos de cada renglón del nomenclador se definirán según la demanda del mismo por la población. Además, en la Estrategia Provincial para el aumento de la capacidad productiva en relación con las potencialidades del territorio en el periodo 2016-2020, aparece un diagnóstico de la situación actual, en el que se evidencia que la preparación e implementación de los planes se hace con elevado nivel de subjetividad y que no existen verdaderos estudios de demanda, ellos son suplantados por cálculos económicos o estadísticos. Lo que corrobora el estudio planteado por Denis Javier Iser Capote (2016) sobre la necesidad de estudios de demanda en correspondencia con las necesidades reales de la población.

**Problema científico:** Deficiente pronóstico de la demanda de materiales de construcción de viviendas pertenecientes al Programa Local de Producción y Venta de Materiales de Construcción en la provincia de Cienfuegos

Para dar solución al problema se plantea como **objetivo general:**

- Diseñar un procedimiento para la estimación de la demanda de construcción de viviendas en la provincia de Cienfuegos

Este objetivo general es cumplimentado a partir de los **objetivos específicos** que a continuación se mencionan:

- Establecer las bases teóricas conceptuales de métodos de pronósticos de demanda, factores que influyen en la demanda de construcción de viviendas según la bibliografía internacional y modelos de pronósticos de materiales de construcción y de viviendas.

- Identificar los factores que se presentan como relevantes para la determinación de la demanda de construcción de viviendas en la provincia de Cienfuegos.
- Proponer un procedimiento basado en sistemas de inferencia difusa que facilite el establecimiento de un pronóstico de demanda de construcción de viviendas en la provincia de Cienfuegos.

### **Justificación de la investigación:**

A partir de la investigación se muestra la necesidad de pronosticar de manera certera la demanda de construcción de viviendas en la provincia de Cienfuegos, a fin de que el Programa Local de Producción y Venta de Materiales de Construcción (PLPVMC) perteneciente al Ministerio de la Construcción (MICONS) cuente con un valor de la cantidad de materiales de construcción que es necesario suministrar para suplir la demanda.

Con este propósito la investigación se centra en un análisis dado por la determinación en primer lugar, de los factores que influyen en la demanda de construcción de viviendas de la provincia de Cienfuegos y en un segundo lugar por el diseño de un procedimiento de pronóstico que integre dichos factores.

### **Estructura capitular de la investigación**

**Capítulo I:** Marco Teórico-Referencial. En el mismo se realiza una revisión bibliográfica de los métodos de pronóstico, haciéndose énfasis en los que con más frecuencia se utilizan en la demanda. Se hace una búsqueda de los modelos utilizados para viviendas y materiales de construcción.

**Capítulo II:** Se diseña un procedimiento para la estimación del pronóstico de la demanda de construcción de viviendas basado en la utilización de sistemas de inferencia difusa.

**Capítulo III:** Se implementa el procedimiento para el pronóstico de la demanda de construcción de viviendas en la provincia de Cienfuegos.



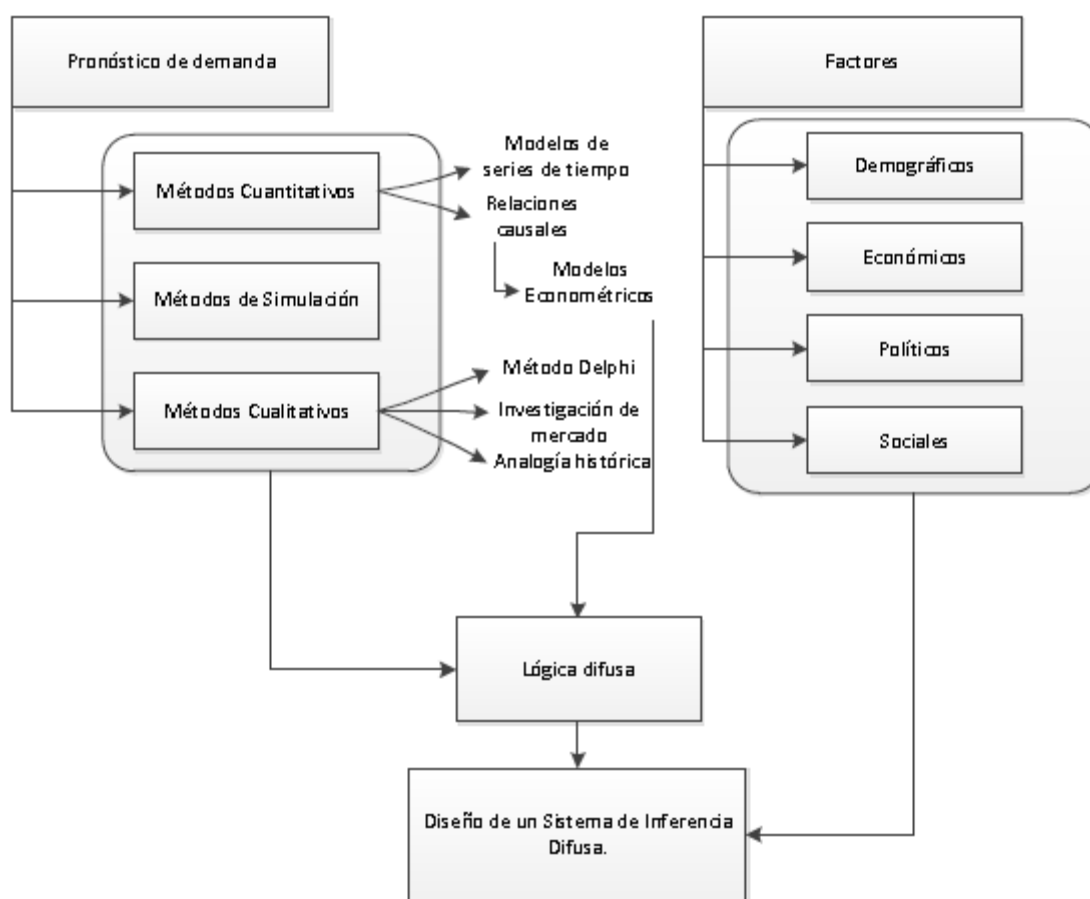
# Capítulo I



## Capítulo I. Marco Teórico-Referencial.

El presente capítulo permite el análisis de concepciones y elementos relacionados con los métodos de pronóstico utilizados para la demanda, según los criterios. Se abordan una serie de cuestiones teóricas obtenidas a través de la recopilación y consulta de documentos relacionados con el tema, constituyendo estos el soporte bibliográfico de la investigación. Permitiendo además la fundamentación del estudio de aspectos relacionados con el tema.

A continuación se muestra el hilo conductor del Capítulo I en el cual se hace una representación de la relación de todos los contenidos estudiados para dar solución al problema científico.



**Figura 1.1:** Hilo conductor del capítulo I. **Fuente:** Elaboración propia.

## 1.1 Pronóstico

Desde tiempos memorables conocer el futuro siempre ha sido un suceso místico para la humanidad, es decir, el ser humano siempre ha intentado anticiparse a conocer aquellas situaciones que intervengan directamente con su entorno y que puedan afectar benéficamente o no, su forma de existir. Dicha naturaleza del ser humano lo ha conducido a intentar conocer de qué manera pudiera influir la volatilidad del medio ambiente en sus negocios para una correcta toma de decisiones. Es claro que el desconocer en qué forma se comporta el medio evita el pronosticar correctamente, lo que obliga a las organizaciones a analizar con profundidad cómo se va modificando la Demanda a través del tiempo para definir la metodología que se ha de emplear para pronosticarla.

Dávila (2010), Calvario (2007) coinciden en que un pronóstico es una estimación del requerimiento futuro para un período determinado. Pronosticar es un proceso que permite estimar un evento futuro analizando datos del pasado. Concuerda García (2002) con esta definición al emitir que pronosticar es emitir un enunciado sobre lo que es probable que ocurra en el futuro, basándose en análisis y en consideraciones de juicio. El principal propósito de hacer un pronóstico es obtener conocimiento sobre eventos inciertos que son importantes en la toma de decisiones presentes.

El pronóstico según Menéndez & Aliaga (2013) es una estimación para cierto período de tiempo, el cual puede realizarse para todo el mercado o para una parte de éste. Además plantean que, los pronósticos son una pieza fundamental para el desempeño de toda empresa debido a que cada una de las áreas de la empresa tomará esta información para poder planificar y controlar sus actividades. Sirven como fuente de información para que la empresa pueda proyectar sus flujos de ingresos, planificar las compras y poder establecer las metas que deberá cumplir el área de ventas.

El pronóstico es un proceso de estimación de un acontecimiento futuro proyectando hacia el futuro datos del pasado. Los datos del pasado se combinan sistemáticamente en forma predeterminada para hacer una estimación del futuro. (Everet & Ebert, 1991)

Finalmente, respecto a lo que significa e implica pronosticar, Heizer y Render (2004) definen: —pronosticar es el arte y la ciencia de predecir los eventos futuros. Puede implicar el uso de datos históricos y su proyección hacia el futuro mediante algún tipo de modelo matemático. Como podemos apreciar, este autor agrega al concepto el factor de uso de algún tipo de modelo matemático el cual toma referencia en datos de la empresa.

En concordancia con la anterior definición, Chapman (2006) define la formulación de pronósticos de la siguiente forma: —la formulación de pronósticos (o proyección) es una técnica para utilizar experiencias pasadas con la finalidad de predecir expectativas del futuro. En comentario de la definición que el autor ofrece, él mismo aclara que más que una predicción, un pronóstico es una proyección con forma estructurada del conocimiento pasado, el cual puede hacerse a largo, mediano o corto plazo, de acuerdo a lo que el gerente o administrador requiera.

Considerando que muchos pueden confundir el término pronóstico con predicción o previsión, estos mismos autores aclaran que el primero sólo puede hacerse con la ayuda de datos e información del pasado, mientras que las predicciones o previsiones tan solo se basan en consideraciones de tipo subjetivo, en donde los métodos de juicio son la habilidad y la experiencia de la persona que las realiza (Everet y Ebert, 1991).

Company (1990) agrega a esta definición la necesidad de la existencia de incertidumbre y hace coincidir la definición que él plantea para proyección con la dada por Everett. Además plantea: “la predicción es la estimación del valor futuro que tiene en cuenta aspectos objetivos y subjetivos. La proyección es un INPUT para la predicción. Pronosticar es estimar el futuro sin nuestra participación, mientras que la previsión será la incorporación de nuestra inteligencia y esfuerzos para modificar ese pronóstico en el sentido que nosotros deseamos”.

Dentro de las características inherentes a los pronósticos hay tres elementos que deben hacerse resaltar al hacer un pronóstico según García (2002):

- Primero, que todas las situaciones en que se requiere un pronóstico, tratan con el futuro y el tiempo está directamente involucrado. Así, debe pronosticarse para un punto específico en el tiempo y el cambio de ese punto generalmente altera al pronóstico.
- Otro elemento siempre presente en situaciones de pronósticos es la incertidumbre. Si el administrador tuviera certeza sobre las circunstancias que existirán en un tiempo dado, la preparación de un pronóstico sería trivial.
- El tercer elemento, presente en grado variable en todas las situaciones descritas es la confianza de la persona que hace el pronóstico sobre la información contenida en datos históricos.

El término "datos" se usa generalmente para referirse a cualquier número o hecho que pueda estar disponible. La cantidad de información contenida en tales datos es una

medida de qué tan relevante son éstos para la toma de decisiones. Así, se puede tener una cantidad tremenda de datos sin tener mucha información de lo que sucederá en el futuro y viceversa. Se deberá hacer un análisis de las variables que pueden incluirse para elaborar el pronóstico.

## 1.2 Clasificación de los pronósticos

Existen dos clasificaciones de los pronósticos: la primera es de acuerdo al marco de tiempo, pudiendo ser a corto, mediano o largo plazo; y la segunda de acuerdo al tipo de enfoque usado, encontrando enfoques de tipo cuantitativo o cualitativo. (Bernal & Posada, 2013)

### 1.2.1 Pronósticos ateniendo al marco de tiempo

En dependencia a la clasificación por el marco de tiempo, la Tabla 1.1 indica de manera clara el rango de tiempo que cada uno de los pronósticos puede abarcar, los factores a pronosticar, y algunas unidades de medida típicas en cada uno de ellos.

**Tabla 1.1:** Pronóstico según el rango de tiempo.

| Horizonte del pronóstico | Rango de tiempo | Ejemplo de factores que deben pronosticarse | Algunas unidades de pronósticos típicas                        |
|--------------------------|-----------------|---------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|
| <b>Largo plazo</b>       | Años            | Nuevas líneas de productos.                 | Pesos                                                          |
|                          |                 | Líneas actuales de productos.               | Pesos                                                          |
|                          |                 | Capacidades de fábricas.                    | Galones, horas, libras, unidades o clientes por período        |
|                          |                 | Fondos de capital.                          | Pesos                                                          |
|                          |                 | Necesidades de instalaciones.               | Espacios, Volúmenes                                            |
| <b>Mediano plazo</b>     | Meses           | Grupos de productos.                        | Unidades                                                       |
|                          |                 | Capacidades departamentales.                | Horas, golpes, libras galones, unidades o clientes por período |
|                          |                 | Fuerza de trabajo.                          | Trabajadores, horas                                            |
|                          |                 | Materiales comprados.                       | Unidades, libras, galones                                      |
|                          |                 | Existencia o inventarios.                   | Unidades, pesos                                                |
| <b>Corto plazo</b>       | Semanas         | Productos específicos.                      | Unidades                                                       |
|                          |                 | Tipos de habilidades y mano de obra.        | Trabajadores, horas                                            |
|                          |                 | Capacidades de máquinas.                    | Unidades, horas galones, libras o clientes por período.        |

|  |  |             |                 |
|--|--|-------------|-----------------|
|  |  | Efectivos   | Pesos           |
|  |  | Inventarios | Unidades, Pesos |

**Fuente:** Adaptado de Bernal & Posada, 2013.

En relación al uso de estos tipos de pronósticos, se evidencia que los de corto plazo se utilizan en la planificación de tareas y asignación de trabajadores; los de mediano plazo para la planificación de ventas, producción y presupuestos; y los de largo plazo para el diseño y desarrollo de nuevos productos o servicios y la planificación, construcción y diseño de instalaciones. (SMETollkit 2010). La clasificación de los modelos de pronóstico de acuerdo al enfoque por rangos de tiempo resulta un poco más compleja que la caracterización que toman los tipos cuantitativos y cualitativos.

### **1.2.2 Modelos de pronóstico cuantitativos**

Los modelos cuantitativos buscan, por distintas formas, que los datos obtenidos del pasado puedan proyectarse hacia el futuro de una manera metodológica y objetiva, contando con pronósticos más precisos (Bernal & Posada, 2013). Son modelos matemáticos que se basan en datos históricos relevantes para el futuro.

Una descripción característica más precisa en relación a los pronósticos cuantitativos es la indicada por Makridakis (Citado por, Calvario, 2007), señalando que:

[...] éstos están basados en la observación de las tendencias existentes, los cambios en esas tendencias y la magnitud del cambio futuro, también están sujetas a cierto número de deficiencias. Y su ventaja es poder identificar el cambio sistemático con más rapidez e interpretar mejor el efecto de dicho cambio en el futuro (Makridakis, Citado por, Macias Calvario, 2007, p. 34).

#### **1.2.2.1 Modelos de series de tiempo**

Dentro de los modelos cuantitativos los del tipo de series de tiempo son muy utilizados en la proyección de la demanda de productos, y parten bajo el siguiente supuesto:

La demanda pasada sigue cierto patrón, y si este patrón puede ser analizado puede utilizarse para desarrollar proyecciones para la demanda futura, suponiendo que el patrón continúa aproximadamente de la misma forma. Por último, esto implica el supuesto de que la única variable real independiente en el pronóstico de series de tiempo es, precisamente, el tiempo (Chapman, 2006). Estos modelos cuentan con los siguientes componentes:

- **Componente tendencia:** A pesar de que los datos tomados a lo largo de uno o varios períodos pueden presentar fluctuaciones de tipo aleatorio, es posible la identificación de cambios graduales hacia valores mayores o menores, identificando así una tendencia de comportamiento de la demanda.
- **Componente cíclico:** A pesar de que exista una línea de tendencia durante el análisis de períodos, se reconoce que los valores futuros no siempre concuerdan de manera exacta con la misma, pudiendo presentarse por debajo o por encima de la misma, y pueden extenderse por varios periodos, sin embargo la línea de tendencia sigue siendo la misma.
- **Componente estacional:** Este componente debe su nombre a la influencia de las estaciones de tiempo sobre el comportamiento de la demanda, debido a las características de las ventas del producto. La estacionalidad puede estar marcada por fechas especiales o épocas del año.
- **Componente irregular:** este debe su causa a factores de corto plazo que no se estimaban y que tampoco suelen ser recurrentes; por lo que afectan la serie de tiempo, sin embargo, su utilidad radica en que permite explicar la variabilidad aleatoria.

Ya expuestos los componentes de los modelos de serie de tiempo, a continuación se exponen los diferentes métodos de pronósticos cuantitativos bajo el modelo de series de tiempo.

### **Métodos de suavización**

Estos métodos tienen como objetivo principal suavizar las fluctuaciones aleatorias causadas por el componente irregular de la serie de tiempo (Anderson et al, 2004), y resultan ideales para una serie de tiempo estable. Estos métodos se consideran de fácil uso y con un alto grado de precisión para pronósticos a corto plazo.

### **Método de proyección de tendencia**

En éste se hace un ajuste del método de pronóstico de series de tiempo a una serie de datos históricos, para posteriormente proyectar la recta hacia períodos futuros. En el resultado obtenido tras su cálculo, se puede apreciar que el componente de tendencia representa el cambio gradual de los valores de la serie de tiempo. Su proyección requiere de dos valores: la pendiente y la ordenada. (Bernal & Posada, 2013)

Se agrega que este método presenta una relación funcional entre dos o más variables que se relacionan y ayuda a pronosticar la tendencia de una variable con base en otra,

con la cual tiene relación o dependencia. Es muy útil cuando se emplea para pronosticar la demanda de familias de productos y eventos a largo plazo.

### **Método ARMA y ARIMA (Box-Jenkins)**

Esta clase de modelos para pronósticos ha sido muy usada a partir de los años 80 gracias a los trabajos de George Box y Dwilym Jenkins. La principal ventaja de este método es que proporciona pronósticos óptimos a corto plazo lo cual se debe a que: [...] la metodología Box – Jenkins (o ARIMA) permite elegir entre un amplio rango de distintos modelos según represente mejor el comportamiento de los datos (Maté, 2009). Resulta importante anotar que la selección del modelo con mejor adecuación a la serie de datos es muy relevante, y por ello, se debe contar con una persona experta en el tema.

El modelo ARIMA es el acrónimo en inglés de AutoRegressive Integrated Moving Average, lo que es español significa Modelo Autorregresivo Integrado de Media Móvil, y consta de una componente autorregresiva y una componente de media móvil.

El modelo ARIMA tiene lugar a partir de dos modelos ARMA, en donde se considera que la serie a estudiar debe ser estacionaria en media, por lo tanto la misma tendrá que diferenciarse una serie de veces.

#### **1.2.2.2 Modelos de relaciones causales**

Estos métodos se basan en la suposición de variable en cuyo pronóstico se exhibe una relación causa-efecto con una o más de otras variables (Anderson et al, 2004). Algunas características de los mismos nombradas por Chapman (2006) son:

- Se basan en el concepto de relación entre variables; es decir, en la suposición de que una variable medida ocasional pueda afectar que otra cambie de una forma predecible.
- Parte de un supuesto importante de casualidad, y de que la variable casual puede ser medida de manera precisa. La variable medida que ocasiona que la otra variable cambie se denomina indicador líder.
- Si se desarrollan indicadores líderes apropiados, este método con frecuencia ofrece excelentes resultados en cuanto a pronósticos.
- Como beneficio colateral, el proceso de desarrollar el modelo permite, muchas veces, que quienes se encargan de él obtengan un importante conocimiento adicional de mercado.

- Este método rara vez se utiliza para un producto; es más común emplearlo para mercados o industrias completas.

Muchas veces la utilización de este método presupone en la práctica mucho consumo de tiempo al establecer la necesidad de desarrollar relaciones y obtener informaciones de causalidad.

### **Modelos de análisis de regresión:**

Es un método de tipo estadístico por medio del cual se desarrolla una relación analítica entre dos o más variables, bajo la premisa de que una variable influye en que otra varíe. Este análisis puede ser simple o múltiple. El primero se caracteriza por poseer tan solo una variable independiente y una variable dependiente.

El segundo análisis de regresión es el múltiple que Ballou (2004) define como técnica estadística que ayuda a determinar el grado de asociación entre un número de variables seleccionadas y la demanda. A partir de ese análisis se desarrolla un modelo que utilizará más de una variable para predecir la demanda futura.

### **Modelos de entrada y salida:**

Se caracterizan por ser de gran tamaño y complejidad puesto que realizan análisis del flujo de bienes y servicios a través de la economía completa, así entonces, su costo se hace muy elevado porque demandan mucha información. Este modelo busca indicar los flujos de entrada necesarios para que sean posibles ciertas salidas. (Bernal y Posada, 2013).

### **Modelo econométrico:**

El modelo econométrico es una herramienta de análisis que ayuda en la toma de decisiones tanto a nivel económico en general (macro) como en el ámbito de la dirección de empresas (micro).

Un modelo econométrico es un modelo económico con las especificaciones necesarias para su tratamiento empírico. Así, en el ejemplo de la función de demanda el modelo econométrico sería  $D_t = a + bP_t + e_t$  y en la de consumo  $C_t = a + bR_t + e_t$ , donde  $e_t$  es una variable aleatoria. Con su introducción el fenómeno económico se concibe como un fenómeno aleatorio, cuya variable se denomina perturbación aleatoria. La misma dota al modelo de un mayor realismo ya que acepta la incertidumbre existente en cualquier comportamiento social.



### **1.2.3 Simulación**

Los modelos de simulación son modelos dinámicos de computadoras, que a través de la formulación de supuestos respecto a variables internas del entorno externo del modelo permiten al pronosticador medir el comportamiento del pronóstico.

Por otra parte, las tecnologías de simulación, permiten representar una realidad específica mediante un modelo lógico-matemático. A través de esta el simulador se vuelve un participante activo ya que puede interactuar con el modelo y examinar la actividad del mismo. Esta interacción consiste en cambiar parámetros de operación (lógicos o matemáticos) del modelo y analizar los resultados obtenidos luego de las modificaciones para entonces proponer alternativas de mejoramiento. (Giraldo & Pinilla, 2016, p.3)

En este campo la simulación permite la experimentación y validación del producto o proceso tanto en su configuración como en el diseño del sistema, lo cual hace evidente su valor (Mourtzis, Doukas, & Bernidaki, 2014). Por lo anterior la simulación contribuye a maximizar el desempeño operacional al tiempo de prever durante su desarrollo resultados no deseados en la operación. (Cantú-González, García, & Herrera, 2016)

Existe gran diversidad de definiciones en torno al concepto de simulación, autores como Shannon, Naylor, Maissel por mencionar solo algunos, presentan notables e importantes aportes, que en este trabajo han sido de gran fundamento para presentar una definición. “Simulación, desde su concepto amplio y general es una representación aproximada a la realidad de un proyecto futuro o sistema existente para su manipulación y análisis de comportamiento con la finalidad de describirlo, resolverlo o mejorarlo”. (Citado por: Cantú-González, García, & Herrera, 2016)

Ahora bien, considerando la definición anterior en relación a un modelo computacional como es común encontrarlo por diversos autores contemporáneos, resulta conveniente citar una de las definiciones destacadas: “La simulación es el proceso de diseñar y crear un modelo computarizado de un sistema real o propuesto con la finalidad de llevar a cabo experimentos numéricos que den un mejor entendimiento del comportamiento de dichos sistemas en un conjunto dado de condiciones” (Citado por: Kelton, Sadowski, & Sturrock, 2008)

#### **1.2.4 Modelos Cualitativos**

Los pronósticos cualitativos son utilizados cuando se dispone de información poco relevante o se carece de una estructura analítica definida. De acuerdo a Chapman (2006), las características más relevantes de este tipo de pronóstico son:

- Sus resultados se basan en información de juicio personal, o de información de tipo cualitativo de origen externo.
- Tiene una marcada tendencia a ser subjetivo, puesto que se basa en la experiencia de terceros influenciado de manera positiva o negativa por posiciones de terceros.
- Tiene como ventaja que genera resultados rápidos.
- En casos especiales, los pronósticos de esta clase pueden ser el único método disponible.
- Son comúnmente usados para productos individuales o familias de productos, mas no en mercados completos.

##### **1.2.4.1 Delfos**

La elaboración de pronósticos por esta técnica se logra a partir de un consenso en grupo, donde un panel de expertos es consultado de manera independiente para dar respuesta a varios cuestionarios. Dichos cuestionarios son elaborados de manera consecutiva y el diseño de cada uno depende de la tabulación del anterior. Posteriormente, se pide a cada uno de los panelistas que considere una revisión de sus respuestas en relación a la información general del grupo (Gaither y Frazier, 1999; Romero Hernández y Romero Hernández, 2010; SMETollkit, 2010). De esta manera se produce un despliegue de opiniones relativamente reducido dentro del cual coinciden la mayoría de los expertos (Anderson, Sweeney y Williams, 2004, p. 206).

De acuerdo a Everet y Ebert (1991) una de las claves de este método es que las personas involucradas cuentan con una formación diferente, es decir, involucra personas de distintas disciplinas (economistas, ingenieros, administradores, abogados, entre otros), y por ello, el coordinador debe contar con la suficiente capacidad para realizar una síntesis de sus opiniones y lograr un diseño de preguntas que conlleven a un pronóstico unificado. La ventaja de este tipo método es que al evitar relaciones directas entre los miembros del panel no se presencian conflictos personales.

En relación a su uso, este método resulta ideal para la elaboración de pronósticos de ventas a largo plazo y la consecuente planeación de la capacidad de las instalaciones. Igualmente es de gran utilidad en los pronósticos tecnológicos para anticipar los cambios a futuro. (Schroeder 1996)

#### **1.2.4.1.1 Delphi-Fuzzy**

En este método los procesos de comunicación con los expertos son iguales que los del Delphi, pero los procesos de estimación son sensiblemente diferentes.

En la mayoría de los casos, en la actualidad, una previsión a largo plazo no puede situarse en el campo de lo aleatorio sino en el de la incertidumbre. La utilización de probabilidades no parece adecuado cuando no se dispone de la información necesaria. La matemática borrosa se adapta mejor cuando se trata de estimaciones futuras. Los expertos utilizan sus conocimientos personales y subjetivos.

Según Corbatón & Hornero, n.d. el método Fuzzy-Delphi consiste en una agregación y filtrado iterativo de las opiniones o recomendaciones de expertos sobre una cuestión, que reduce la dispersión y, generalmente, unifica la tendencia de estas opiniones y recomendaciones.

#### **1.2.4.2 Redacción del escenario**

Este método consiste en la elaboración de un escenario conceptual de futuro teniendo en cuenta un conjunto de suposiciones muy bien definidas, en este sentido, el método resulta poco viable puesto que cada grupo de suposiciones pueden conducir a escenarios muy diferentes, por lo tanto, la persona encargada debe contar con un juicio muy razonable para determinar la probabilidad de la presentación de cada escenario antes de llevar a cabo cualquier toma de decisión (Anderson et al, 2004).

#### **1.2.4.3 Investigación de mercado**

La investigación de mercados consiste en la realización de estudios de mercado donde se llevan a cabo cuestionarios, entrevistas y encuestas a los consumidores (Romero y Romero, 2010). Su objetivo principal es conocer la posición y opinión de los clientes en relación al producto para de esta manera determinar la probabilidad de la demanda (Chapman 2006). Generalmente, este método resulta útil en pronósticos de demanda de productos nuevos en el mercado. (Macias Calvario 2007)

Esta técnica puede usarse para pronósticos a corto, mediano y largo plazo, siendo más precisa para el corto plazo. Como desventajas de su uso están las limitaciones y salvedades en su interpretación, así como la posibilidad de que sus resultados en verdad no reflejen la opinión del mercado (Krajewski y Ritzman, 2000).

#### 1.2.4.4 Analogía histórica

En este método se usan datos históricos de ventas del producto o de otros similares (en caso de ser un producto nuevo) para su proyección a futuro (Romero y Romero, 2010). Este método se basa en la similitud que pudiere existir entre la variable que se desea pronosticar y el patrón de demanda esperado. Su uso se recomienda especialmente para aquellos productos que son nuevos en la empresa pero que no son nuevos en el mercado, así entonces, la información utilizada es la de productos similares presentes en el mercado. (Correa, 2011)

El procedimiento para el desarrollo de esta técnica de pronóstico es el uso de los datos de la demanda de un producto similar con el fin de construir un patrón de comportamiento en el mercado, en base a dicha información, se define un porcentaje de participación en el mercado entendiendo que resulta muy difícil que el nuevo producto para el cual se está realizando el pronóstico llegará a abarcar la totalidad de la demanda, de esta forma, se obtiene el pronóstico de la demanda de un nuevo producto. (Correa 2011).

**Tabla 1.2:** Análisis de los métodos estudiados. Fortalezas y debilidades.

| Tipo de pronóstico           |                             | Fortalezas                                                                 | Debilidades                                                                                                                                                                        |
|------------------------------|-----------------------------|----------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Modelos cuantitativos</b> | Modelos de series de tiempo | Más utilizados en la proyección de demanda de productos                    | Es necesario un patrón anterior para proyectar la demanda futura, suponiendo que el patrón continuará de la siguiente forma.<br>La única variable real independiente es el tiempo. |
|                              | Relaciones causales         | La variable que se está tratando de pronosticar exhibe una relación causa- | Este método rara vez se utiliza para un producto; es más común emplearlo para                                                                                                      |

|                             |  |                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                      |
|-----------------------------|--|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                             |  | efecto con una o más de otras variables.                                                                                                                                                  | mercados o industrias completas.                                                                                                                                                                                     |
| <b>Simulación</b>           |  | Permiten medir el comportamiento del pronóstico.<br>Permite la experimentación y validación del producto o proceso tanto en su configuración como en el diseño del sistema.               | No es aplicable cuando existan técnicas analíticas que permitan corregir u optimizar el sistema.                                                                                                                     |
| <b>Modelos cualitativos</b> |  | Son utilizados cuando se dispone de información poco relevante o se carece de una estructura analítica definida.<br>Genera resultados rápidos.<br>Reacciona ante los cambios del entorno. | Tiene una marcada tendencia a ser subjetivo, puesto que se basa en la experiencia de terceros influenciado de manera positiva o negativa por posiciones de terceros.<br>Costoso.<br>Demanda gran cantidad de tiempo. |

**Fuente:** Elaboración propia.

A partir del análisis anterior se decide utilizar la teoría de conjuntos difusos. Esta constituye una teoría matemática de la incertidumbre para modelizar situaciones donde los instrumentos tradicionales como los explicados con anterioridad no conducen a resultados óptimos debido a la existencia de problemas de incertidumbre, vaguedad en la definición y caracterización de variables (no precisas) y subjetividad en la representación de los valores. (Bonaño, 2002)

Las principales aplicaciones de esta pueden especificarse cuando: la información es imprecisa, el concepto a medir es impreciso, las reglas de decisión no son precisas o cuando se desconocen los mecanismos internos del sistema. (Bonaño, 2002)

En el análisis de sistemas sociales, ambientales (ecosistemas) y tecnológicos se observa que las conclusiones y predicciones realizadas dejan de ser fiables cuando aumenta el grado de complicación del sistema. Ello es debido a que la complejidad del sistema

acarrea la necesidad de ingentes cantidades de información, no necesariamente exacta o precisa a veces, hecho que dificulta la labor del investigador a la hora de interpretar simultáneamente las interrelaciones existentes. (Bonaño, 2002)

Para tratar de explicar el fracaso relativo en el uso de las técnicas matemáticas tradicionales, Zadeh (Citado por: Bonaño, 2002) enuncia el *Principio de Incompatibilidad* en base a términos como complejidad y vaguedad hechos que provocan imprecisión y borrosidad. Al aumentar la complejidad de un sistema, nuestra capacidad de realizar afirmaciones precisas y significativas sobre su comportamiento disminuye hasta un umbral pasado el cual la precisión y la significación aparecen como características mutuamente excluyentes.

A partir de los conceptos básicos de la teoría de conjuntos difusos se han desarrollado otras ramas específicas centradas en el análisis de redes neuronales difusas, algoritmos genéticos, mapas cognitivos, etc... Las principales aplicaciones se encuentran en ciencias de los ámbitos de ingeniería, tales como inteligencia artificial, sistemas expertos y de control, robótica, enfoque de imagen, reconocimiento de patrones, etc..., pero también tienen cabida en las ciencias naturales (zoología, botánica), medicina, psicología y las ciencias económicas, en aspectos como la toma de decisiones, la investigación operativa y la gestión empresarial.

### **1.3 Modelos análisis de demanda de vivienda**

En este apartado se realiza una revisión de algunos de los modelos existentes sobre el sector de la vivienda. Con el mismo se espera comentar los diferentes enfoques utilizados tradicionalmente en los estudios de este campo.

El problema de la modelización teórica del proceso de decisión que siguen los individuos a la hora de elegir el régimen de tenencia de su vivienda habitual así como la demanda de servicios de vivienda ha sido probablemente uno de los más recurrentemente tratados en la literatura de Economía de la Vivienda. Tal es el caso de Henderson y Loannides (1983) quienes introducen un modelo para explicar la elección de forma de tenencia de la vivienda habitual entre sus dos formas más habituales: en propiedad y en alquiler. Linneman (1985), desarrolla un modelo teórico estático en el que reduce la decisión de tenencia de vivienda a la comparación de los costes totales derivados de cada tipo de tenencia. El modelo de Goodman (1995) es completado más tarde por Loannides y Kan (1996) y Gobillon y Le Blanc (2002) para incorporar explícitamente la elección de tenencia

y, en el último caso además, restricciones en el mercado hipotecario. En ambos trabajos se modeliza teóricamente el comportamiento dinámico de los individuos enfrentados simultáneamente a las decisiones de movilidad residencial y elección de tenencia de vivienda. (Hernández, 2006)

Para el caso andaluz Lee y Trost (1978) y Rosen (1979), así como Jaén y Molina (1994) abordan un modelo probit binomial que analiza conjuntamente la elección de tenencia (comprar o alquilar) y el gasto en vivienda, donde aplican el procedimiento en dos etapas de Heckman (1979) para estimar las ecuaciones de demanda. Rapaport (1997) evalúa la demanda de vivienda de los propietarios para el área metropolitana de Tampa (Florida) teniendo en cuenta la elección del régimen de tenencia (comprar o alquilar) y de la comunidad en la que residir. En la misma línea, Colom y Cruz (1998) analizan el gasto en servicios de vivienda para los hogares españoles según el régimen de tenencia (propiedad o alquiler) y la localización de la vivienda (ámbito urbano o rural). En ambos trabajos se aplica un modelo logit multinomial en la primera etapa, corrigiéndose en la segunda las ecuaciones de demanda con una generalización del método de Heckman (1979) debida a Dubin y McFadden (1984). (Hernández, 2006)

Por otra parte, Ermisch (1996) y Goodman (2002) mediante un probit bivalente consideran la tenencia junto con la movilidad a la hora de modelizar las ecuaciones de demanda, el primero para los hogares británicos, mientras que el segundo lo hace para las familias propietarias de Estados Unidos que han decidido no mudarse. En los dos casos se reportan funciones de demanda corregidas por una variante del método de Heckman (1979) introducida por Catsiapis y Robinson (1982). (Hernández, 2006)

Colom, Martínez y Cruz (2002) analizan la decisión de formar hogar simultáneamente con la elección del régimen de tenencia (propiedad o alquiler) y demanda de servicios de vivienda para los jóvenes españoles. Para ello, aplican un probit bivalente censurado sobre las alternativas: no formar un hogar independiente de sus padres, formar un hogar en régimen de propiedad y formar un hogar en régimen de alquiler, estimando en una segunda etapa sólo las ecuaciones de demanda (corregidas por el método de Heckman (1979) adaptado por Catsiapis y Robinson (1982)) para las dos últimas opciones. (Hernández, 2006)

Barrios y Rodríguez (2004a) proponen una metodología para modelizar y cuantificar los vínculos existentes entre la tasa de vivienda en propiedad y tasa de desempleo a través

de un modelo macroeconómico que relaciona ambos mercados mediante un sistema de ecuaciones simultáneas, donde las unidades de observación en vez de ser la conducta observada de los individuos, recaen sobre el comportamiento de los mercados inmobiliarios residenciales a nivel provincial. (Hernández, 2006)

En relación con las ecuaciones de inversión en vivienda incluidas en algunos modelos macroeconómicos, es interesante la llevada a cabo por Egebo et al. (1990), donde se compara el tratamiento econométrico recibido por la inversión en viviendas en diferentes modelos para los Estados Unidos, Alemania, Francia, Gran Bretaña, Italia, Canadá y Japón.

Por otro lado López (1998) en su investigación en un primer momento, recoge modelos de determinación de los precios de la vivienda, para continuar con el tratamiento que recibe la inversión residencial en algunos modelos macroeconómicos. En último lugar se ven modelos representativos del enfoque de oferta para la explicación de la inversión.

En otras investigaciones se determina que si bien hay modelos que analizan la oferta y demanda del mercado, en otros se efectúa la modelización desde una óptica en la que predominan los factores de oferta y en los más se toman en consideración factores fundamentalmente de demanda. Los estudios de oferta modelizan generalmente el flujo de nuevas construcciones. Cuando se analiza la demanda se suele tener en cuenta el stock existente de viviendas.

Otra línea de estudios son los que utilizan la lógica difusa como herramienta fundamental. Este es el caso de la investigación de Azcona (2014), donde se desarrolla un modelo difuso de determinación del valor unitario de la edificación destinada a vivienda con fines catastrales. Este consiste en cuatro módulos: una base de reglas difusas, un mecanismo de inferencia difusa, y los módulos de fuzzificación y defuzzificación. En un primer lugar se identifican las variables lingüísticas de entrada y salida, además de sus rangos de valores.

Luego se pasa a la elaboración de la base de reglas difusas que constituyen un conjunto finito para explicar el comportamiento de las variables de entrada y salida. El número de reglas surge del producto del número de términos lingüístico de las variables del espacio entrada y se desarrolla a partir del conocimiento de los expertos. Por último, se aplica el modelo difuso y se hace una detallada valoración del sistema final.



Se han encontrado además, modelos de pronóstico de materiales de construcción. Este tema tiene tres aristas fundamentales según los estudios encontrados, una de ellas es la utilización de flujo de materiales de construcción con o sin enfoque de metabolismo urbano y los modelos econométricos.

El modelo econométrico desarrollado por Reyes Vintimilla (2015) permite afirmar que el incremento en el monto de la inversión residencial provoca, para el caso del cantón Cuenca una reducción en la tasa de desempleo, por lo que concluye que el dinamismo de la industria de la construcción de viviendas ha generado efectos positivos en la zona.

La investigación perteneciente a León (2015) hace un resumen en un primer momento de los estudios econométricos en el sector de la construcción y en un segundo momento recoge los trabajos desarrollados a partir de los flujos de materiales y el metabolismo urbano, muchos desarrollados en Colombia. También aplica técnicas de simulación de sistemas como un recurso complementario a la metodología que desarrolla.

Otra arista son los modelos logarítmicos a través de Mínimos Cuadrados Ordinarios (M.C.O) como se muestra en el estudio realizado por Galindo & Muñoz (2013). En este se desarrolla una descripción de los hechos estilizados de las principales variables que afectan la demanda de vivienda de las ciudades de estudio, entre los que se encuentra los materiales de construcción como una de las variables.

#### **1.4 Programa Local de Producción y Venta de Materiales de Construcción.**

En el año 2007 la provincia de Cienfuegos ante la compleja situación en su fondo habitacional y constructivo; a partir de los cuantiosos daños provocados por un período fenómenos meteorológicos que generaron impactos negativos en nuestro territorio (Lily 1996, Michelle 2001, Dennis 2005, Fay 2008, Gustav 2002, Ike 2008) y con más de 118 475 viviendas afectadas entre derrumbes totales, parciales y techos dañados; surge lo que en un inicio se llamó Programa de Fortalecimiento de los centros de producción local de materiales de construcción, con el objetivo de incrementar los niveles constructivos estatales y por esfuerzo propio de la población ante el aumento de la demanda de los mismos.

En el cuarto trimestre del 2011, se crea dentro del MICONS, por Resolución del Ministro de la Construcción, el Grupo Nacional de la Producción Local de Materiales y Venta a la Población, como parte de la implementación de los lineamientos de la política económica y social emanados del VI Congreso del PCC, encargado de rectorar, planificar, organizar,

controlar y evaluar el cumplimiento de las políticas aprobadas para el sector de la construcción, relacionadas con el Programa de Producción Local y Venta de Materiales de Construcción.

#### **1.4.4 Sistema de trabajo ABECÉ**

De acuerdo al ABECÉ, el Ministerio de la Construcción dirige el programa, con el objetivo fundamental de integrar a todos los organismos, entidades y factores implicados en el mismo. Debido a lo complejo de este programa se diseña un sistema de trabajo que asegure la dirección y el control, pero también garantice el asesoramiento constante, práctico y técnico, la generalización de los conocimientos y utilizar como herramienta un Sistema de Evaluación.

Esta nueva estructura, bajo el sistema de trabajo propuesto del ABECÉ y el concepto de AUTARQUIA municipal en la producción local de materiales de construcción, genera la necesidad de rediseñar y adaptar el sistema de trabajo de la provincia a los nuevos cambios, a partir de la composición de los 21 subprogramas a desarrollar en cada municipio y los nuevos miembros que integran el grupo de trabajo.

#### **1.4.2 Caracterización del Programa Local de Producción y Venta de Materiales de la Construcción.**

El PLPVMC parte de la premisa de que el pueblo es el destino del Programa. Para el desempeño del mismo se cuenta con 21 Subprogramas de los cuales se clasifican 11 como subprogramas de producción y 10 como subprogramas de apoyo.

**Tabla 1.3:** Clasificación de los subprogramas.

| Subprogramas de producción                                                                                                                                                                                                                                                      | Subprogramas de apoyo                                                                                                                                                                                                                                                     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Materias primas.</li> <li>• Cementos, cal, extensores y morteros.</li> <li>• Productos ociosos.</li> <li>• Elementos para paredes.</li> <li>• Elementos para cubiertas.</li> <li>• Elementos para instalaciones eléctricas.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Comercialización y ventas.</li> <li>• Promoción y divulgación.</li> <li>• Proyectos.</li> <li>• Capacitación.</li> <li>• Aseguramiento y control de calidad.</li> <li>• Medio ambiente.</li> <li>• Ahorro energético.</li> </ul> |

|                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Instalaciones hidráulicas y sanitarias.</li> <li>• Marcos, puertas y ventanas.</li> <li>• Elementos para pisos.</li> <li>• Impermeabilización.</li> <li>• Pinturas.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Transportaciones.</li> <li>• Control y supervisión.</li> <li>• Evaluación.</li> </ul> |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

Fuente: ABECÉ, 2011.

De este modo el objetivo de comercializar los materiales de construcción y por tanto del Grupo Nacional es lograr que los productos que se comercialicen favorezcan la ejecución de las construcciones y los mantenimientos con la mayor calidad, duración y belleza, con el menor costo energético y económico para el país y los ciudadanos, así como minimizar el impacto al medio ambiente (Capote, 2016).

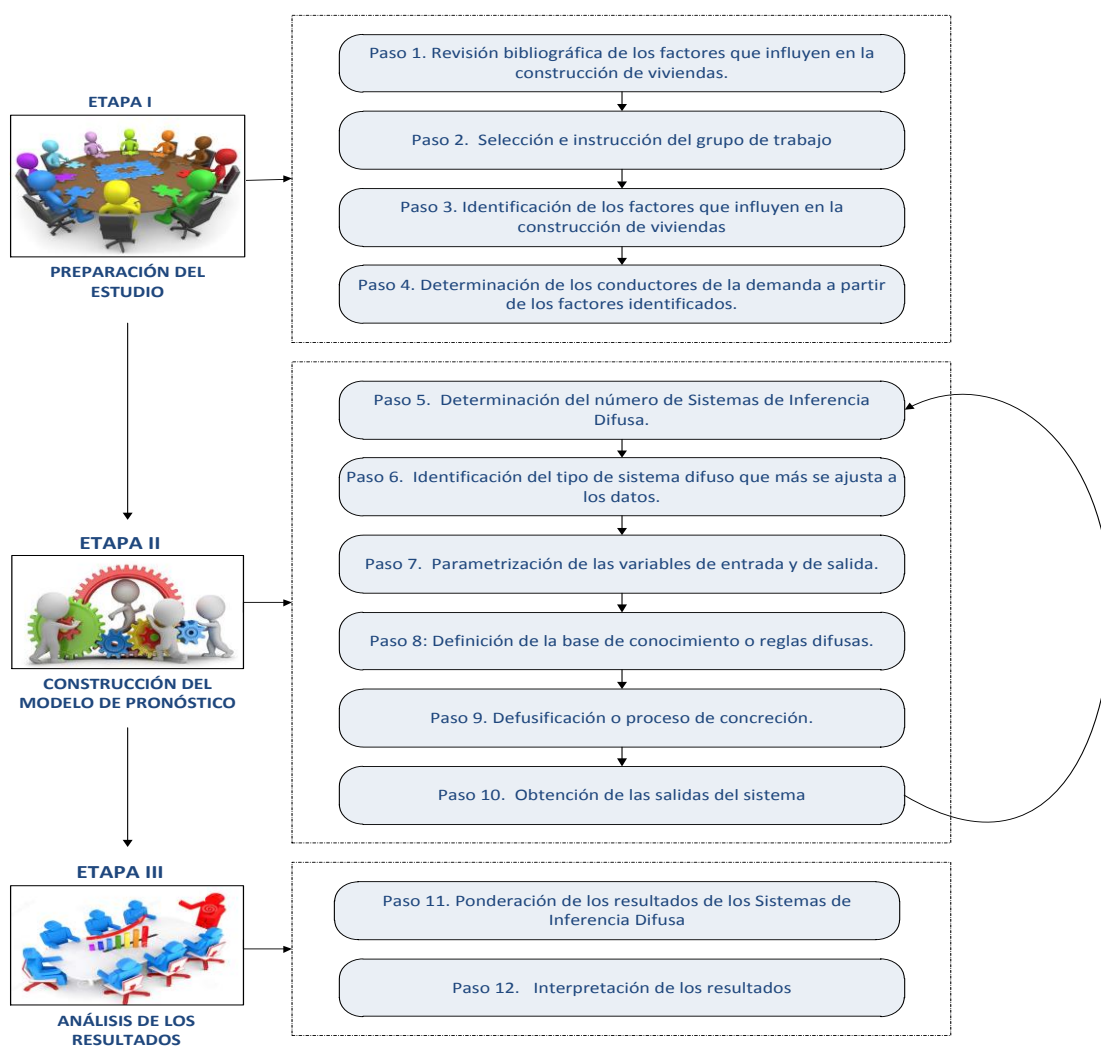
A partir del trabajo de este programa se incrementan y diversifican paulatinamente las diferentes producciones que se desarrollan en la provincia de Cienfuegos hasta alcanzar en la actualidad un total de 144 surtidos los cuales se clasifican en un total de 7 grupos.



# Capítulo II

## Capítulo II: Procedimiento para la estimación del pronóstico de la demanda de construcción de viviendas en la provincia de Cienfuegos.

El presente capítulo propone un procedimiento que se basa en un sistema de Lógica Difusa. El mismo presenta tres etapas encaminadas al desarrollo de Sistemas de Inferencia Difusa-FIS (Fuzzy Inference System). Cada etapa desarrolla pasos que proponen la utilización de herramientas para su desarrollo. El procedimiento resumido en etapas y pasos se muestra en la Figura 2.1.



**Figura 2.1:** Procedimiento para la estimación del pronóstico de la demanda de construcción de viviendas. **Fuente:** Elaboración propia.

## **Etapas I: Preparación del estudio.**

Esta etapa tiene como finalidad identificar los factores que influyen en la construcción de viviendas a través de la revisión bibliográfica y la preparación e instrucción del equipo de trabajo que se selecciona para el desarrollo de la investigación.

### **Paso 1: Revisión bibliográfica de los factores que influyen en la construcción de viviendas.**

Este paso hace una revisión bibliográfica de todos los estudios que analizan los factores que influyen en la construcción de viviendas. Partiendo de que la teoría económica de la vivienda se puede segmentar en distintos subtemas. Un conjunto de trabajos analiza la demanda de viviendas desde el punto de vista de un consumidor que debe tomar la decisión de comprar o alquilar una vivienda. Otra literatura analiza el precio de la vivienda en función de su localización y las expectativas que pueda formar el demandante sobre la evolución futura de su precio y el posible impacto sobre la valuación de su riqueza. Un tercer enfoque enfatiza el diferente grado de asociación entre la oferta de viviendas y su precio en función del costo de la tierra y su relación con el capital, sus costos de urbanización y la elasticidad precio de la oferta a corto y largo plazos. Por último un conjunto de autores considera la vivienda como un activo alternativo a los activos financieros para un inversor típico que enfrenta incertidumbre ante la decisión de realizar una inversión parcial o totalmente irreversible.

### **Paso 2: Selección e instrucción del grupo de trabajo.**

Para la determinación de los factores que influyen en la demanda de construcción de viviendas se aplica el método de expertos. Este método permite la participación de un grupo de personas con experiencia en el asunto a tratar, denominados expertos; los cuales son consultados reiteradamente y mediante un procedimiento establecido llegan a conclusiones del tema en cuestión.

Características de los Métodos de Expertos.

- Trabajo creativo en grupo.
- Utilizan técnicas de trabajo en grupo.
- Se obtiene la experiencia de los expertos en un ambiente de franqueza.
- Utilizan encuestas y entrevistas.

Los métodos de expertos se clasifican en:

- De una sola iteración con un solo intercambio directo de opiniones (tormenta de ideas)
- De una sola iteración sin intercambio (encuestas y entrevistas)
- Con varias iteraciones e intercambio directo (mesa redonda)
- Con varias iteraciones sin intercambio directo (Delphi)

El Método Delphi se encuentra dentro de la cuarta clasificación y tiene como objetivo obtener el más confiable consenso de opiniones de un conjunto de expertos. Consiste en un proceso iterativo de encuestas (rondas) a cada experto de forma individual, evitando la interacción entre ellos. Puede ser aplicado en múltiples situaciones en que se quiera buscar consenso.

Dentro de este método, en primer lugar se determinan los objetivos de trabajo de forma clara y precisa dependiendo de la utilización que se quiera hacer. No deben quedar ambigüedades y debe quedar determinado el alcance del mismo.

Luego se selecciona el grupo de análisis, que también es llamado facilitador ya que es el encargado del procesamiento y el análisis de la información que brindan los expertos. Este grupo de personas debe tener afianzados los conocimientos sobre el tema en cuestión y debe constar de pocos integrantes.

El grupo de expertos, a los que se les debe dejar claro los objetivos de trabajo se selecciona con posterioridad, deben ser conocedores del tema, imparciales y deben expresar su voluntad a participar en el trabajo. Para determinar la cantidad de los candidatos atendiendo a los criterios de idoneidad, competencia y creatividad, disposición a participar, capacidad de análisis y de pensamiento lógico se utiliza la Ecuación 2.1.

$$n = \frac{p(1-p)k}{i^2} \quad \text{Ecuación (2.1)}$$

Donde:

p- Proporción de error que se comete al hacer estimaciones con n expertos.

k- Constante que depende del nivel de significación estadístico, los más utilizados se muestran en la tabla 2.1.

i- Precisión del experimento.

**Tabla 2.1:** Niveles de significación estadísticos más frecuentes.

| NC (1- $\alpha$ ) | K      |
|-------------------|--------|
| 99%               | 6.6564 |
| 95%               | 3.8416 |
| 90%               | 2.6896 |

**Fuente:** Adaptado de Cortés & León, 2004.

### **Paso 3: Identificación de los factores que influyen en la construcción de viviendas.**

Luego de la revisión bibliográfica desarrollada en el paso 1, sobre los aspectos que influyen en la demanda de viviendas, se constata en la mayoría de los casos al referirse al fenómeno que no siempre la solución es la construcción de viviendas, sino que analizan otras opciones dentro de las cuales aparece la de rentar.

En el país el gobierno no dispone de un parque de vivienda con estos fines y las que se utilizan con este propósito son muy caras por lo que no se hace sustentable para los cubanos vivir en una renta. Por ello en este caso al hablar de demanda de viviendas se va a valorar la demanda de construcción de una nueva vivienda o mejora del fondo habitacional existente. Esta mejora se puede entender como la rehabilitación, la ampliación y la remodelación.

Por tanto, para la presente investigación se toman de la bibliografía los factores que influyen en la demanda de la construcción de viviendas y además se ajustan a las características económicas, políticas y sociales del país y más específicamente de la provincia de Cienfuegos. Para determinar los factores influyentes en la demanda de construcción de viviendas se realizarán de tres a cuatro rondas que se explican a continuación.

Primera ronda: El objetivo de esta ronda es determinar los factores de un producto o servicio donde a cada experto (E) del grupo se le entrega una hoja de papel en la cual debe responder sin interactuar con otros expertos la siguiente pregunta: ¿Cuáles son a su juicio los factores que influyen en la construcción de viviendas? Los especialistas del grupo de análisis que aplican el método listan todos los factores, y después reducen el listado erradicando repeticiones o similitudes.



Luego de un análisis detallado se agrupan factores y otros se desechan por considerarse no correspondientes al tema en cuestión, además de que deben encajar con las características sociopolíticas del país.

Segunda ronda: El objetivo de esta ronda es ratificar los factores y buscar consenso en cuanto a la nomenclatura de los mismos. Para ello el grupo de análisis a cada experto por separado le pregunta ¿Está usted de acuerdo en que esas son verdaderamente los factores que influyen en la construcción de viviendas?

Una vez que todos los expertos dan su respuesta, el grupo de análisis recoge esta información en un formato determinando el nivel de concordancia para cada factor a través de la expresión:

$$C_c = \left(1 - \frac{V_n}{V_t}\right) * 100 \quad \text{Ecuación (2.2)}$$

Donde:

$C_c$ : coeficiente de concordancia expresado en porcentaje para cada característica.

$V_n$ : cantidad de expertos en contra del criterio predominante.

$V_t$ : cantidad total de expertos.

Empíricamente, si resulta  $C_c > 70\%$  se considera aceptable la concordancia. Los factores que obtuvieron valores  $C_c < 70\%$  se eliminan por baja concordancia o poco consenso entre los expertos.

Tercera ronda: El objetivo de esta ronda es determinar la importancia de cada factor y con esta información aplicar la dócima no paramétrica de Kendall para verificar concordancia con un criterio estadístico más potente que el utilizado en la segunda ronda. Se le pide a cada experto que ordene las características en correspondencia a la importancia que le otorga a cada una para lo que le puede preguntar: ¿Qué ponderación o peso usted daría a cada una de las características, con el objetivo de ordenarlos atendiendo a su importancia?

Con la información obtenida hasta este punto se decide pasar a calcular la concordancia utilizando la dócima no paramétrica que utiliza el coeficiente de Kendall. El planteamiento de esta dócima es:

$H_0$ = No hay acuerdo entre los expertos

$H_1$ = Hay acuerdo entre los expertos

El estadígrafo de Kendall ( $W$ ) ofrece el valor que posibilita decidir el nivel de concordancia entre los expertos. El valor  $W$  oscila entre 0 y 1. El valor 1 significa una concordancia de juicios total, y el valor 0 un desacuerdo total; obviamente la tendencia a 1 es lo deseado, pudiéndose realizar nuevas rondas si en la primera no se alcanza la significación en la concordancia.

El estadígrafo de esta prueba estadística responde a la siguiente expresión:

$$W = \frac{12S}{K^2(N^3 - N)} \quad \text{Ecuación (2.3)}$$

Donde:

$K$ : número de expertos.

$N$ : número de factores.

$S$ : suma de los cuadrados de las desviaciones observadas de la media de  $R_j$ ; su cálculo es efectuado mediante la expresión:

$$S = \sum \left( R_i - \frac{\sum R_i}{N} \right)^2 = \sum (R_i - R_m)^2 \quad \text{Ecuación (2.4)}$$

$$R_m = \frac{\sum R_i}{N} \quad \text{Ecuación (2.5)}$$

La región crítica de esta dódima es:

La región crítica se analiza en dos casos, el primero de ellos se manifiesta cuando la suma de los cuadrados de las desviaciones observadas de la media de  $R_j$  es mayor que el índice correspondiente de la Tabla de Friedman (citar) siendo el número de factores menor o igual que 7. Esto indica que al cumplirse la región crítica se rechaza  $H_0$ , o sea, la hipótesis de que no hay acuerdo entre los expertos.

RC:  $S > S^*$  si  $N \leq 7$   $S^*$ : Se encuentra en la Tabla de Friedman

El segundo caso está dado para cuando la cantidad de factores es mayor que 7. Su región crítica está determinada a partir de la distribución Chi-cuadrado donde el múltiplo del número de expertos, el estadígrafo y la cantidad de factores disminuido en 1 es mayor que el índice de la distribución Chi-cuadrado ubicado en la tabla correspondiente basado dicho valor en valor alfa (que cosa es alfa) y en el número de expertos menos 1.

RC:  $K(N - 1)W > X_{\alpha; N-1}^2$  si  $N > 7$  Distribución Chi-cuadrado.

#### **Paso 4: Determinación de los conductores de la demanda a partir de los factores identificados.**

Para completar esta etapa se tienen en cuenta los factores determinados mediante la opinión de expertos y la revisión bibliográfica, desarrollados en el paso anterior. Dichos factores son modificados atendiendo a las necesidades del estudio para obtener los conductores de la demanda de construcción de viviendas.

#### **Etapa II: Construcción del modelo de pronóstico.**

Un modelo, como su nombre lo indica, es una representación (a escala) del modo en que opera un sistema o se conjugan un conjunto de variables que generan un resultado final. Los pronósticos son predicciones de lo que puede suceder o esperar, son premisas o suposiciones básicas en que se basan la planeación y la toma de decisiones.

Los modelos de pronósticos son técnicas de la ciencia administrativa por varias razones: se apoyan en técnicas matemáticas complejas; el pronóstico se necesita como elemento de otros modelos y algunos son una ayuda esencial en la planeación y solución de problemas.

#### **Paso 5: Determinación del número de Sistemas de Inferencia Difusa.**

En este paso se debe partir de que la demanda de viviendas es traducida como la necesidad de remodelar, ampliar, rehabilitar o construir una nueva vivienda con respaldo de financiamiento. Por tanto, para el desarrollo del modelo se relacionan los conductores determinados en el paso anterior de forma tal que se combinen en los FIS aquellos que generan necesidad o sea nuevos proyectos de construcción con los que representan el respaldo financiero.

#### **Paso 6: Identificación del tipo de sistema difuso que más se ajusta a los datos.**

La inferencia difusa es el proceso de formular el mapeo de una entrada dada a una salida usando lógica difusa. El proceso de inferencia difusa implica: funciones de pertenencia, operadores de lógica difusa y reglas if-then. Existen dos tipos de sistemas de inferencia difusa: Tipo Mamdani y Sugeno. Estos dos tipos de sistemas de inferencia varían en la forma en que se determinan los resultados.

El método de inferencia difusa de Mamdani es la metodología difusa más comúnmente vista. Fue uno de los primeros sistemas de control construidos usando la teoría de conjuntos difusos como un intento de controlar una combinación de motor de vapor y caldera sintetizando un conjunto de reglas de control lingüístico obtenidas de operadores

humanos experimentados. La inferencia de tipo Mamdani, espera que las funciones de pertenencia de salida sean conjuntos difusos. Después del proceso de agregación, hay un conjunto difuso para cada variable de salida que necesita defuzzificación.

Es posible, y en muchos casos mucho más eficiente, utilizar un único punto como la función de pertenencia de salida en lugar de un conjunto difuso distribuido. Esto se conoce a veces como una función de membresía de salida Singleton, y puede ser pensado como un conjunto difuso pre-defuzzified. Mejora la eficiencia del proceso de defuzzificación porque simplifica en gran medida el cálculo requerido por el método más general Mamdani, que encuentra el centroide de una función bidimensional. En lugar de integrar a través de la función bidimensional para encontrar el centroide, se utiliza el promedio ponderado de unos pocos puntos de datos. Los sistemas tipo Sugeno soportan este tipo de modelo. En general, los sistemas de tipo Sugeno se pueden usar para modelar cualquier sistema de inferencia en el que las funciones de pertenencia de salida sean lineales o constantes.

A modo de síntesis se tiene que como ventajas el método Mamdani presenta que es intuitivo, tiene una amplia aceptación y además está bien adaptado a la incorporación de conocimiento y experiencia. Mientras que el método de de Takagi-Sugeno tiene como ventajas que es computacionalmente eficiente, trabaja bien con técnicas lineales, trabaja bien con técnicas de optimización y control adaptable, tiene garantizada una superficie de control continua y también está bien adaptado al análisis matemático.

#### **Paso 7: Parametrización de las variables de entrada y de salida.**

En este paso se definen las variables de entrada como de salida del sistema (variables lingüísticas), sus valores lingüísticos y sus funciones de pertenencia. Este proceso también es llamado parametrización.

El término “variables lingüísticas” se refiere a variables que pueden tomar valores ambiguos, inexactos o poco claros, por ejemplo, la variable lingüística “Crecimiento del turismo” puede tomar los valores lingüísticos “bajo, medio y alto”, que tienen un significado semántico y que se pueden expresar numéricamente por funciones de pertenencia.

De esta manera, se puede hablar formalmente de Conjunto Difuso como:

Sea:  $X$  el universo de valores que puede tomar la variable.

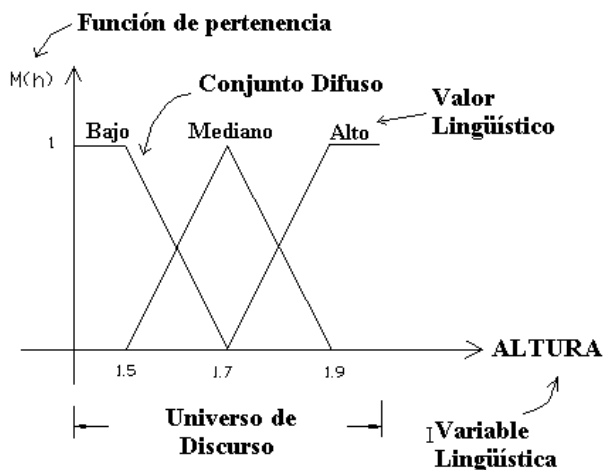
x un elemento cualquiera de X.

$A \subseteq X$  colección de elementos x que pertenecen a X.

Si X es una colección de objetos denotados genéricamente por x, entonces el conjunto difuso A en X es definido como el conjunto de pares ordenados:

$$A = [(X, \mu_A(X)/x \in X)] \quad \text{Ecuación (2.6)}$$

Donde  $\mu_A(x)$  se denomina función de pertenencia del conjunto difuso A. La función de pertenencia otorga a cada elemento de X un grado de membresía entre 0 y 1. Los tipos de funciones de pertenencia comúnmente utilizados son: la función Triangular, Trapezoidal, Gausiana, Sigmoidal y Generalizada de Bell. Éstas se escogen de forma tal que se consiga una adecuada correspondencia entre los espacios de entrada y salida de un sistema.



**Figura 2.2:** Función de pertenencia y conjuntos difusos. **Fuente:** Elaboración propia a partir de Hurtado & Gómez, 2007.

El proceso de parametrización consiste en definir funciones de pertenencia para cada uno de los valores lingüísticos definidos para las variables de entrada y salida del sistema. En general los valores lingüísticos son definidos con base a opiniones de expertos los cuales se distribuyen a lo largo del universo del discurso (rango posible de valores que puede tomar la variable).

Cuando hay información previa de la variable de interés, la distribución de los conjuntos difusos en el universo del discurso puede basarse en un análisis estadístico previo de la serie histórica (histograma de frecuencias) conjugada con la opinión de los expertos,

mientras que para aquellas variables que caracterizan posiciones netamente subjetivas (por ejemplo propensión a tomar riesgos) puede definirse una escala de calificación donde los expertos ubican los niveles de la variable y a los que se le asocian los conjuntos difusos.

#### **Paso 8: Definición de la base de conocimiento o reglas difusas.**

Las reglas combinan uno o más conjuntos borrosos de entrada llamados antecedentes o premisas y le asocian un conjunto borroso de salida llamado consecuente o consecuencia. Involucran a conjuntos difusos, lógica difusa e inferencia difusa. A estas reglas se les llama reglas borrosas o difusas o *fuzzy rules*. Son afirmaciones del tipo SI-ENTONCES. Los conjuntos borrosos del antecedente se asocian mediante operaciones lógicas borrosas AND, OR, etc.

Las reglas borrosas son proposiciones que permiten expresar el conocimiento que se dispone sobre la relación entre antecedentes y consecuentes. Para expresar este conocimiento de manera completa normalmente se precisan varias reglas, que se agrupan formando lo que se conoce como base de reglas, es decir, la edición de esta base determina cual será el comportamiento del sistema difuso y es aquí donde se emula el conocimiento o experiencia del operario.

Junto a cada regla puede estar asociado un valor entre cero y uno que pesa a tal regla, esto puede ser importante cuando una regla tiene menor fuerza que otras de la base de reglas.

Ya que existen dos métodos para desarrollar los sistemas de inferencia difusa, estos difieren en la forma de desarrollar la base de reglas.

#### **Reglas difusas de Mamdani**

IF  $x_1$  is A AND  $x_2$  is B AND  $x_3$  is C THEN  $u_1$  is D,  $u_2$  is E

Donde  $x_1$ ,  $x_2$  y  $x_3$  son las variables de entrada (por ejemplo, error, derivada del error y derivada segunda del error), A, B y C son funciones de membresía de entrada (p.ej., alto, medio, bajo),  $u_1$  y  $u_2$  son las acciones de control (p.ej., apretura de válvulas) en sentido genérico son todavía variables lingüísticas (todavía no toman valores numéricos), D y E son las funciones de membresía de la salida, en general se emplean *singleton* por su facilidad computacional, y AND es un operador lógico difuso, podría ser otro. La primera parte de la sentencia "IF  $x_1$  is A AND  $x_2$  is B AND  $x_3$  is C" es el antecedente y la restante es el consecuente.

## Reglas difusas de Takagi-Sugeno

IF  $x_1$  is A AND  $x_2$  is B AND  $x_3$  is C THEN  $u_1=f(x_1, x_2, x_3)$ ,  $u_2=g(x_1, x_2, x_3)$

En principio es posible emplear  $f()$  y  $g()$  como funciones no lineales, pero la elección de tal función puede ser muy compleja, por lo tanto en general se emplean funciones lineales.

Las reglas difusas representan el conocimiento y la estrategia de control, pero cuando se asigna información específica a las variables de entrada en el antecedente, la inferencia difusa es necesaria para calcular el resultado de las variables de salida del consecuente, este resultado es en términos difusos, es decir que se obtiene un conjunto difuso de salida de cada regla, que posteriormente junto con las demás salidas de reglas se obtendrá la salida del sistema.

Cuando se evalúan las reglas se obtienen tantos conjuntos difusos como reglas existan, para defusificar es necesario agrupar estos conjuntos, a este lapso se le llama agregado y existen varios criterios para realizar este paso. Un criterio muy empleado es el de agruparlos conjuntos inferidos mediante la operación max y es el que se utilizará para la presente investigación.

### **Paso 9: Defusificación o proceso de concreción.**

La defusificación (*defuzzyfication*) es un proceso matemático usado para convertir un conjunto difuso en un número real. El sistema de inferencia difusa obtiene una conclusión a partir de la información de la entrada, pero es en términos difusos. Esta conclusión o salida difusa es obtenida por la etapa de inferencia borrosa, esta genera un conjunto borroso pero el dato de salida del sistema debe ser un número real y debe ser representativo de todo el conjunto obtenido en la etapa de agregado, es por eso que existen diferentes métodos de defusificación: Centroide, Bisectriz, Media de los máximos, Más pequeño de los máximos y Más grande de los máximos. Cada uno de ellos arrojan resultados distintos, el “más común y ampliamente usado” es el centroide.

### **Paso 10: Obtención de las salidas del sistema.**

Dentro del campo de aplicación de la ingeniería han surgido muchas herramientas computacionales para la generación de sistemas de inferencia difusa, entre los que se encuentran:

- FIS Logic permite el modelado de sistemas Mamdani y Sugeno con sus respectivos métodos de inferencia borrosa. Su estructura está compuesta por

cuatro módulos integrados mediante una interfaz de usuario amigable; permite la resolución de problemas con variables cuyo universo es continuo. (Pérez, 2010)

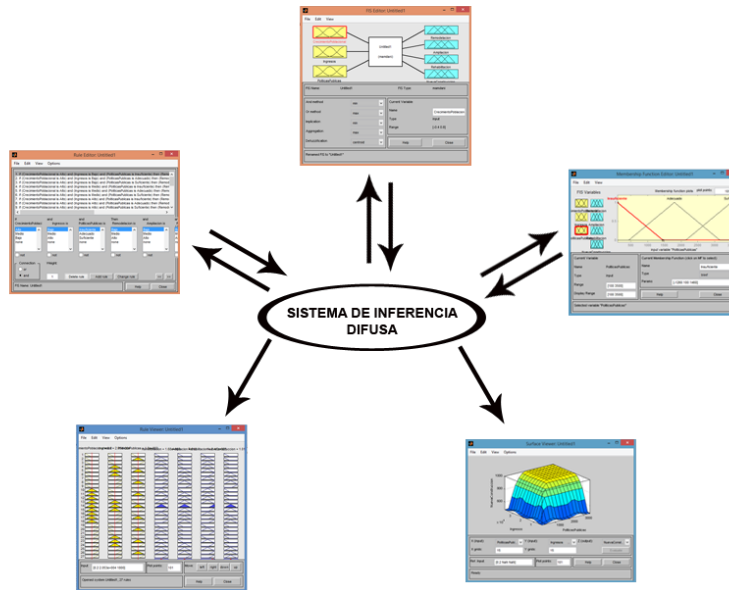
- FISDeT, una herramienta para apoyar el diseño de Sistemas de Inferencia Fuzzy, compuesto de un conjunto de módulos. Permite una fácil definición y rápida actualización de los elementos que componen la base de conocimiento de un FIS. (Catellano et al. 2017)
- XFuzzy, la versión actual, XFuzzy 3, contiene un conjunto de herramientas CAD que comparten el lenguaje de especificación formal XFL3 que ofrecen interfaces de usuario gráficas para facilitar el flujo del diseño en las etapas de descripción, ajuste, verificación y síntesis. (Baturone et al. 2005)
- Matlab y su toolbox fuzzy, es la herramienta más completa para el análisis y diseño de sistemas difusos y permite la interacción con otros elementos: sistema de control, control electrónico de potencia, robótica, entre otros bloques funcionales. (Roger, 1997) (Kun-Li, 2008).

Una vez establecida la herramienta a utilizar en la investigación, se le introducen los datos correspondientes con el fin de obtener los resultados. En la presente investigación se utiliza la caja de herramientas fuzzy de Matlab.

### **Descripción de la herramienta Fuzzy del Matlab:**

En la Figura 2.3 se muestra el esquema general de la herramienta fuzzy, se observa que cuenta con el editor difuso (FIS Editor), en este se gestionan las entradas, salidas y la creación de nuevos sistemas, ya sean Sugeno o Mamdani. El editor de funciones de pertenencia gestiona los tipos y los parámetros de las funciones de pertenencia de las entradas y salidas. El editor de reglas establece el conectivo lógico de las entradas y salidas y el ponderado establecido para cada regla dada. El visor de reglas y el visor de superficie permiten observar la interacción entrada-salida del sistema.





**Figura 2.3:** Esquema general de la herramienta Fuzzy de Matlab. **Fuente:** Elaboración propia a partir de Castillo & Caicedo, n.d.

Los conductores de demanda adquiridos de los factores se procesan en la herramienta toolbox fuzzy de MatLab para obtener finalmente las salidas del sistema siendo estas la demanda real del estudio para el sistema difuso en cuestión.

### **Etapas III: Análisis de los resultados.**

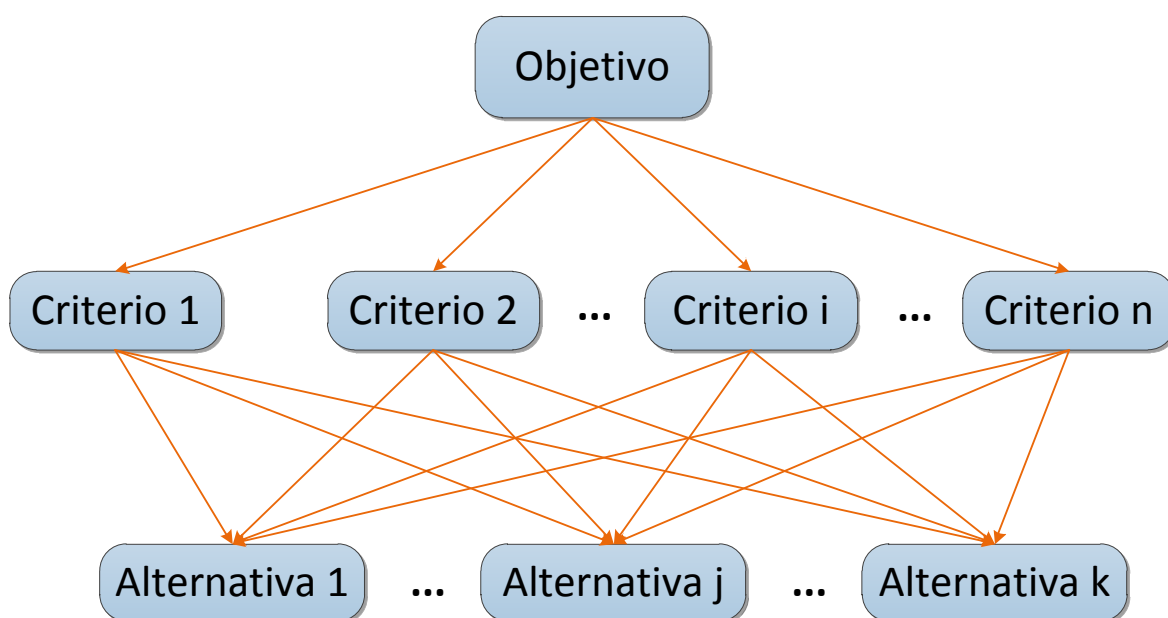
Una vez introducidos los datos en la herramienta seleccionada se obtienen los resultados de salida de los mismos los cuales se analizan e interpretan en la presente etapa.

#### **Paso 11: Ponderación de los resultados de los Sistemas de Inferencia Difusa.**

El Proceso Jerárquico de Análisis, conocido como AHP, fue desarrollado en la década de los 70 por el matemático Thomas L. Saaty (Saaty, 1977) para resolver el tratado de reducción de armamento estratégico entre los Estados Unidos y la antigua URSS. Este proceso es un sistema flexible de metodología de análisis de decisión multicriterio discreta (número finito de alternativas u opciones de elección).

El AHP, mediante la construcción de un modelo jerárquico, permite de una manera eficiente y gráfica organizar la información respecto de un problema de decisión, descomponerla y analizarla por partes, visualizar los efectos de cambios en los niveles y sintetizar. En palabras de su propio autor: «Trata de desmenuzar un problema y luego unir todas las soluciones de los subproblemas en una conclusión.» (Saaty, et al. 1988)

Este proceso se fundamenta en varias etapas. La formulación del problema de decisión en una estructura jerárquica es la primera y principal etapa. En esta etapa es en la que el decisor involucrado debe lograr desglosar el problema en sus componentes relevantes. La jerarquía básica está conformada por: meta u objetivo general, criterios y alternativas. La jerarquía se construye de modo que los elementos de un mismo nivel sean del mismo orden de magnitud y puedan relacionarse con algunos o todos los elementos del siguiente nivel. En una jerarquía típica el nivel más alto localiza el problema de decisión (objetivo). Los elementos que afectan a la decisión son representados en los inmediatos niveles, de forma que los criterios ocupan los niveles intermedios, y el nivel más bajo comprende a las opciones de decisión o alternativas. Este tipo de jerarquía ilustra de un modo claro y simple todos los factores afectados por la decisión y sus relaciones. La figura 2.4 muestra un esquema del modelo jerárquico.



**Figura 2.4:** Modelo jerárquico para la toma de decisiones del AHP. **Fuente:** Elaboración propia a partir de Rodríguez, 2007.

La jerarquía resultante debe ser completa, no redundante y mínima (no debe incluir aspectos no relevantes). Su construcción es la parte más creativa del proceso y requiere de un consenso entre todas las partes implicadas en el proceso de decisión. Normalmente se requiere invertir varias horas para identificar el problema real y principal, lo cual puede darse después de una serie de discusiones en las que se han listado muchos problemas, y es necesario priorizarlos y decidir cuál se seleccionará para su análisis.

Una vez construida la estructura jerárquica del problema se da paso a la segunda etapa del proceso de AHP: la valoración de los elementos. El decisor debe emitir sus juicios de valor o preferencias en cada uno de los niveles jerárquicos establecidos. Esta tarea consiste en una comparación de valores subjetivos «por parejas» (comparaciones binarias); es decir, el decisor tiene que emitir juicios de valor sobre la importancia relativa de los criterios y de las alternativas, de forma que quede reflejado la dominación relativa, en términos de importancia, preferencia o probabilidad, de un elemento frente a otro, respecto de un atributo, o bien, si estamos en el último nivel de la jerarquía, de una propiedad o cualidad común.

El AHP permite realizar las comparaciones binarias basándose tanto en factores cuantitativos (aspectos tangibles) como cualitativos (aspectos no tangibles), ya que presenta su propia escala de medida: la escala 1-9 propuesta por Saaty y recogida en la tabla 2.2. El decisor puede expresar sus preferencias entre dos elementos verbalmente y representar estas preferencias descriptivas mediante valores numéricos.

De esta forma cuando dos elementos sean igualmente preferidos o importantes el decisor asignará al par de elementos un «1»; moderadamente preferido se representa por «3», fuertemente preferido por «5» y extremadamente preferido por «9». Los números pares se utilizan para expresar situaciones intermedias.

La escala verbal utilizada en el AHP permite al decisor incorporar subjetividad, experiencia y conocimiento en un camino intuitivo y natural. Esta escala está justificada teóricamente y su efectividad ha sido validada empíricamente aplicándola a diferentes situaciones reales con aspectos tangibles para los que se ha comportado adecuadamente.

El resultado de estas comparaciones es una matriz cuadrada, recíproca y positiva, denominada «Matriz de comparaciones pareadas», de forma que cada uno de sus componentes refleje la intensidad de preferencia de un elemento frente a otro respecto del atributo considerado.

Una vez formadas las matrices de comparación, el proceso deriva hacia la tercera etapa, la fase de priorización y síntesis. El objetivo de esta etapa es calcular la prioridad de cada elemento, entendida esta prioridad tal y como la define Saaty: «Las prioridades son rangos numéricos medidos en una escala de razón. Una escala de razón es un conjunto de números positivos cuyas relaciones se mantienen igual si se multiplican todos los

números por un número arbitrario positivo. El objeto de la evaluación es emitir juicios concernientes a la importancia relativa de los elementos de la jerarquía para crear escalas de prioridad de influencia». (Saaty, 1998).

**Tabla 2.2:** Escala de medidas de Satty.

| Escala numérica | Escala verbal                                                   | Explicación                                                                          |
|-----------------|-----------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| 1               | Igual importancia                                               | Los dos elementos contribuyen igualmente a la propiedad o criterio.                  |
| 3               | Moderadamente más importante un elemento que el otro            | El juicio y la experiencia previa favorecen a un elemento frente al otro             |
| 5               | Fuertemente más importante un elemento que el otro              | El juicio y la experiencia previa favorecen fuertemente a un elemento frente al otro |
| 7               | Mucho más fuerte la importancia de un elemento que la del otro. | Un elemento denomina fuertemente. Su dominación está probada en práctica.            |
| 9               | Importancia extrema de un elemento frente al otro               | Un elemento denomina al otro con el mayor orden de magnitud posible.                 |

**Fuente:** (Rodríguez, 2007).

En un problema jerarquizado como el que se presenta podemos definir distintos tipos de prioridades: locales, globales y totales. Las prioridades locales son las que «cuelgan» de un mismo nodo y se calculan directamente a partir de la información recogida en las matrices de comparación. Existen distintos procedimientos matemáticos para calcular un vector de pesos relativos asociado a un nivel, vector que debe expresar la importancia relativa de los elementos considerados en ese nivel. El procedimiento propuesto por Saaty para su obtención es el método del autovector principal por la derecha.

Las prioridades globales son las prioridades de cada nodo de la jerarquía respecto al nodo inicial (objetivo). El AHP las calcula utilizando el principio de composición jerárquica. Por último, la prioridad total de las alternativas comparadas se obtiene mediante la agregación de las prioridades globales (forma lineal multiaditiva). La prioridad total permitirá realizar la síntesis del problema, esto es, ordenar el conjunto de alternativas consideradas y seleccionar las más indicadas para conseguir el objetivo propuesto.

Un aspecto que se debe cuidar es que el resultado debe ser consistente con las preferencias manifestadas por el decisor, ya que ésta es una cuestión que afecta directamente a la calidad de la decisión final. El AHP permite evaluar la consistencia del decisor a la hora de introducir los juicios de valor en la matriz de comparaciones pareadas mediante el indicador «Razón de Consistencia» de Saaty. (Saaty et al. 1988).

La última etapa de este proceso es el denominado análisis de sensibilidad. El resultado al que se llega en la etapa anterior es altamente dependiente de la jerarquía establecida por el decisor y por los juicios de valor que realiza sobre los diversos elementos del problema.

Cambios en la jerarquía sobre estos juicios pueden conducir a cambios en los resultados. La utilización de un software de apoyo (Expert Choice) permite analizar de forma rápida y sencilla la sensibilidad de los resultados (decisión) a los diferentes cambios posibles, permitiendo analizar el problema en escenarios distintos.

#### **Paso 12: Interpretación de los resultados.**

Como resultado de los pasos anteriores se obtiene sobre la base de diferentes criterios basados en distintas alternativas, cual es el sistema más probable para el período de tiempo a analizar. Esto contribuye a la determinación final de la demanda de construcción de viviendas para el período de interés.



# Capítulo III

### **Capítulo III: Aplicación del procedimiento propuesto para la estimación del pronóstico de la demanda de construcción de viviendas en la provincia de Cienfuegos.**

En este capítulo se presentan los resultados de aplicar la propuesta de procedimiento para la estimación del pronóstico de la demanda de construcción de viviendas en la provincia de Cienfuegos. Los resultados del procedimiento permiten determinar el valor de la necesidad de viviendas aproximada en un período futuro.

#### **Etapas I: Preparación del estudio.**

La preparación del estudio permite que se cree un grupo de trabajo preparado para la correcta identificación de los factores que influyen en la construcción de viviendas utilizando herramientas tales como cuestionarios, entrevistas y softwares informáticos como SPSS Statistics.

#### **Paso 1: Revisión bibliográfica de los factores que influyen en la construcción de viviendas.**

En la sociedad latinoamericana y en general del mundo, la población ha sentido como uno de sus principales objetivos el adquirir su vivienda propia, su hogar. Dentro de las grandes ciudades la vivienda propia siempre ha tenido un espacio privilegiado y ha sido vista con un sueño un tanto lejano de alcanzar ya que no todos tienen los medios necesarios para adquirirla, este concepto ha llevado a que las personas migren a nuevos barrios, que los límites de las ciudades cada día crezcan y en este afán también los mecanismos para financiar dicho crecimiento. Se ha dado mayor apertura, mayores plazos, financiamiento más asequible y amigables con la economía familiar. Por su parte el estado mediante subsidios directos e indirectos ha promovido este sector productivo y ha generado que cada vez existan mayores oportunidades para adquirir un bien (Vintimilla, 2015)

Es fácil deducir que muchas personas miran su vivienda como una inversión a futuro y como un bien que esperan que gane plusvalía, que aumente su valor, y de hecho, según el giro de la economía y la inflación así suele suceder, cada vez los precios se van incrementando y en el país se puede decir que “la vivienda propia sigue siendo un objeto de riqueza”, o mejor dicho un capital financiero de emergencia o de consumo a largo plazo, las personas han perdido el miedo a endeudarse con la esperanza de tener algún día algo propio. (Vintimilla, 2015)

A partir de la revisión bibliográfica encaminada a determinar los factores que aparecen en la literatura como influyentes en la construcción de viviendas y sus relaciones se

evidencia como los más representativos las remesas, ingresos, créditos, políticas públicas y crecimiento poblacional. La interacción entre ellos, así como con otros menos abordados se relaciona a continuación:

- **Remesas:** En el mundo actual la migración internacional es una alternativa para la economía familiar, siendo las remesas familiares o transferencias su máxima expresión. Mientras más fuerte es el vínculo familiar del migrante con su lugar de origen, mayores serán los montos enviados y la frecuencia temporal de los mismos (Bedoya Rangel & Jáuregui Díaz, 2016). Se ha comprobado que la mayor parte de las remesas económicas en los hogares son casi permanentes en periodicidad y se utilizan para los principales gastos del hogar (Mejía, 2009; Roa, 2010; Micolta y Escobar, 2011). (Bedoya Rangel & Jáuregui Díaz, 2016)

A partir de estudios realizados en Ecuador, Torres (2011) concluye que el auge de la economía de ese país en el sector de la construcción se debe a los beneficios derivados de la dolarización y a las remesas de los migrantes (Libreros Ángel & Cruz Marcelo, 2015). Otros estudios resaltan la situación del cantón Cuenca, donde la migración externa de sus habitantes ha sido uno de los factores que ha contribuido con los cambios residenciales de las viviendas, logrando impulsar el sector inmobiliario de los últimos años, gracias a las remesas provenientes de los residentes en el extranjero (Reyes Vintimilla, 2015).

En el caso de El Salvador, McBride (2007) a través de analizar la Encuesta de Hogares para Propósitos Múltiples de 2006, señala que el 74% de las remesas son destinadas al sector de la construcción, por lo tanto, el autor destaca que efectivamente las familias que cuentan con ingresos extraordinarios provenientes de remesas, mejoran significativamente las condiciones materiales de sus hogares. (Libreros Ángel & Cruz Marcelo, 2015).

Estudios empíricos de Colombia señalan la relación de las remesas y el sector de la construcción. En primer lugar Khoudour-Castéras (2007) al analizar - de forma descriptiva - el destino de las remesas, encuentran que el sector de la construcción en Colombia se ha beneficiado por el ingreso de las mismas, debido a la compra de vivienda realizada por las familias de los emigrantes, así como mediante la inversión directa de colombianos residentes en el exterior (Libreros Ángel & Cruz Marcelo, 2015). Resultados similares se obtienen en el estudio de Zapata (2011) quien ahondó en dicha temática y al estudiar el caso específico de trabajadores de origen colombiano que residían en Londres e



Inglaterra; concluyendo que el envío de remesas aumenta después de 2005 y que los trabajadores envían sus ingresos directamente a sus familiares, tanto para realizar remodelaciones como nuevas edificaciones. (Libreros Ángel & Cruz Marcelo, 2015).

- **Ingresos:** El ingreso de los hogares es otro factor que afecta la demandada de vivienda (Peláez, 2011 y C, 2008; González, Bernal y García, 2013) (Upegui& Díaz, 2015). Un ingreso permanente representa a largo plazo el poder adquisitivo de una vivienda, debido a que la opción de compra de una casa está determinada por los hábitos de consumo a largo plazo de los consumidores y sus ingresos. (Jud, 2002). (Calderón Rodríguez, 2015)

La fuente principal de ingresos para la mayoría de las personas a efectos de factores socioeconómicos es su salario. Los salarios medios más altos en un área indican un alto poder adquisitivo de una vivienda. Además los ingresos familiares superiores pueden conducir a una mejor compra de vivienda, lo que plantea una mayor demanda. (Calderón Rodríguez, 2015); aunque Huang& Clark (2002), en su estudio encontraron que además del ingreso existen otros factores importantes en la decisión de compra residencial como los son tamaño de los hogares y la edad del jefe de familia. (Calderón Rodríguez, 2015); este último indicador también lo refieren (Cadena, Chalén Ramos, Pazmiño, & Mendoza, 2010) cuando exponen que la capacidad de los hogares para acceder al mercado de la vivienda se determina, en primer lugar, por la evolución del precio de la vivienda y de los ingresos o rentas, principalmente, del jefe o jefa del hogar.

En una investigación del mercado hipotecario en Colombia realizada por (Clavijo, Janna y Muñoz 2004), obtiene dentro de sus principales hallazgos que las cantidades demandadas de vivienda son elásticas a su precio y al ingreso rezagado de los hogares, y en menor medida a la estabilidad de los ingresos y a la tasa de interés hipotecaria. (Coremberg, 2000). Mientras que Cárdenas, Cadena y Quintero (2004) al estudiar la actividad constructora en el mismo país concluyen que la misma está por el lado de la demanda determinada por el financiamiento y los ingresos de los hogares. (Libreros Ángel & Cruz Marcelo, 2015).

- **Créditos :** La teoría sobre la demanda de vivienda da una gran importancia al acceso crediticio y a la forma en que se proveen, racionan o subsidian dichos recursos (Clavijo, Janna, & Muñoz, 2004); por ello no se debe restar importancia a factores influyentes como la facilidad de acceso al crédito en la banca privada y pública (Reyes

Vintimilla, 2015), a la tasa de interés hipotecaria, la inversión, la cartera y los desembolsos hipotecarios (Upegui& Díaz, 2015, Aristizábal& Vargas, 2009; Clavijo et al., 2004; Saldarriaga, 2006; González, Bernal y García, 2013, Calderón Rodríguez, 2015).

A través de un modelo de oferta y demanda Cárdenas, Cadena y Quintero (2004) señalan que los créditos, la tasa de interés hipotecaria, la tasa de desempleo, las remesas y los flujos de capital exterior fungen como posibles determinantes de la demanda por construcciones. (Libreros Ángel & Cruz Marcelo, 2015).

Otra variable que afecta la cantidad demandada de vivienda es la tasa de interés hipotecaria. Esta variable está altamente determinada por las decisiones de política monetaria del Banco de la República. Su relación con la demanda es negativa, ya que ante aumentos de esta, el crédito de vivienda se encarece y la capacidad de consumo de los compradores disminuye (Upegui& Díaz, 2015).

Cárdenas y Hernández (2006) analizan el aporte del sistema financiero en el sector de la construcción de vivienda en Colombia y estiman la forma reducida de un modelo de oferta y demanda de residencias en el periodo 1985.1 - 2005.1 para encontrar los determinantes de la construcción. Sus resultados indican que el otorgamiento de créditos tiene un impacto positivo sobre la actividad constructora, mientras que la tasa de interés hipotecaria tiene un efecto negativo sobre ésta.

En la adquisición de una vivienda entran en juego muchos factores financieros, demográficos, tributarios, que pueden alterar dicho resultado significativamente en uno u otro sentido. No obstante, lo que sí parece indudable es que la gente tiende a atesorar buen parte de su riqueza bajo la forma de vivienda o propiedades hipotecarias (Clavijo et al., 2004).

- **Políticas Públicas:** Otro factor que influye son los programas y políticas de vivienda creadas por el estado, el asentamiento de numerosas familias extranjeras.(Reyes Vintimilla, 2015)

Implementación de una serie de políticas públicas direccionadas al sector vivienda, las cuales, en su gran mayoría, responden a intereses políticos de los regentes o presiones de organismos internacionales, por lo que muchas de ellas han carecido de análisis técnicos o de consideraciones de lo demandado por la sociedad civil. (Cadena et al., 2010)

- **Crecimiento poblacional:** Otras partes importante que impulsan la demanda para casas son el crecimiento de población (Calderón Rodríguez, 2015). Un trabajo clásico de la literatura en el tema de la vivienda es el de Mankiw y Weil, (1989), allí señala que mediante un análisis econométrico para los Estados Unidos un aumento en la tasa de natalidad actual generará un aumento en la demanda de viviendas del futuro, cuando la nueva generación demande vivienda a partir de la formación de su familia. (Coremberg, 2000)

Sin embargo, (Coremberg, 2000) plantea que la relación entre el crecimiento de la población y la demanda de las viviendas puede verse debilitada por la consideración de otros factores demográficos que la afecten. La cantidad de hogares respecto a la población, el incremento de los hogares unipersonales por el incremento de la edad promedio de los del matrimonio, el incremento de la tasa de divorcios son factores demográficos que pueden resultar en un incremento de la demanda independientemente de la tasa de crecimiento de la población.

Para (Cadena et al., 2010) la demanda de viviendas responde a factores demográficos en función de que satisface una necesidad básica de los hogares, es decir, se vincula a variables relacionadas con la población. De esta manera, para visualizar este componente, se debe tener claro el comportamiento de las variables poblacionales, más concretamente la evolución del número total de habitantes y sus características.

Un factor que determina la característica de los hogares tiene que ver con el número de personas que conforman el hogar, el género y la edad del jefe de familia, al mismo tiempo, plantea (Cadena et al., 2010) se deben analizar las cifras sobre el déficit de viviendas.

A modo de resumir los principales factores encontrados en la bibliografía se realiza una tabla resumen (Tabla 3.1) en la que se refleja la frecuencia en que son abordados en diferentes investigaciones.

**Tabla 3.1.** Tabla resumen de los principales factores encontrados en la bibliografía

| Autores                                         | Factores |                   |                       |                       |                          |          |           |                               |              |            |                        |                    |                       |                       |                       |                   |
|-------------------------------------------------|----------|-------------------|-----------------------|-----------------------|--------------------------|----------|-----------|-------------------------------|--------------|------------|------------------------|--------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-------------------|
|                                                 | Remesas  | Migración externa | Ingresos por concepto | Tamaño de los hogares | Edad del jefe de familia | Créditos | Subsidios | La tasa de interés hipotecari | La inversión | La cartera | Desembolsos hipotecari | Políticas públicas | Crecimiento poblacion | Factores demográficos | Costos asociados a la | Tasa de desempleo |
| Bedoya Rangel & Jáuregui Díaz (2016)            |          |                   |                       |                       |                          |          |           |                               |              |            |                        |                    |                       |                       |                       |                   |
| Mejía (2009)                                    |          |                   |                       |                       |                          |          |           |                               |              |            |                        |                    |                       |                       |                       |                   |
| Roa (2010)                                      |          |                   |                       |                       |                          |          |           |                               |              |            |                        |                    |                       |                       |                       |                   |
| Micolta y Escobar (2011)                        |          |                   |                       |                       |                          |          |           |                               |              |            |                        |                    |                       |                       |                       |                   |
| Torres (2011)                                   |          |                   |                       |                       |                          |          |           |                               |              |            |                        |                    |                       |                       |                       |                   |
| (Liberos Ángel & Cruz Marcelo, (2015)           |          |                   |                       |                       |                          |          |           |                               |              |            |                        |                    |                       |                       |                       |                   |
| Reyes Vintimilla (2015)                         |          |                   |                       |                       |                          |          |           |                               |              |            |                        |                    |                       |                       |                       |                   |
| McBride (2007)                                  |          |                   |                       |                       |                          |          |           |                               |              |            |                        |                    |                       |                       |                       |                   |
| Khoudour-Castéras (2007)                        |          |                   |                       |                       |                          |          |           |                               |              |            |                        |                    |                       |                       |                       |                   |
| Zapata (2011)                                   |          |                   |                       |                       |                          |          |           |                               |              |            |                        |                    |                       |                       |                       |                   |
| Peláez (2011)                                   |          |                   |                       |                       |                          |          |           |                               |              |            |                        |                    |                       |                       |                       |                   |
| González, Bernal y García (2013)                |          |                   |                       |                       |                          |          |           |                               |              |            |                        |                    |                       |                       |                       |                   |
| Upegui & Díaz (2015)                            |          |                   |                       |                       |                          |          |           |                               |              |            |                        |                    |                       |                       |                       |                   |
| Jud (2002)                                      |          |                   |                       |                       |                          |          |           |                               |              |            |                        |                    |                       |                       |                       |                   |
| Calderón Rodríguez (2015)                       |          |                   |                       |                       |                          |          |           |                               |              |            |                        |                    |                       |                       |                       |                   |
| Huang & Clark (2002)                            |          |                   |                       |                       |                          |          |           |                               |              |            |                        |                    |                       |                       |                       |                   |
| Cadena, Chalén Ramos, Pazmiño, & Mendoza (2010) |          |                   |                       |                       |                          |          |           |                               |              |            |                        |                    |                       |                       |                       |                   |
| Clavijo, Janna y Muñoz (2004)                   |          |                   |                       |                       |                          |          |           |                               |              |            |                        |                    |                       |                       |                       |                   |
| Coremberg (2000)                                |          |                   |                       |                       |                          |          |           |                               |              |            |                        |                    |                       |                       |                       |                   |
| Cárdenas, Cadena y Quintero (2004)              |          |                   |                       |                       |                          |          |           |                               |              |            |                        |                    |                       |                       |                       |                   |
| Aristizábal & Vargas (2009)                     |          |                   |                       |                       |                          |          |           |                               |              |            |                        |                    |                       |                       |                       |                   |
| Saldarriaga (2006)                              |          |                   |                       |                       |                          |          |           |                               |              |            |                        |                    |                       |                       |                       |                   |
| Cárdenas y Hernández (2006)                     |          |                   |                       |                       |                          |          |           |                               |              |            |                        |                    |                       |                       |                       |                   |
| Mankiw y Weil (1989)                            |          |                   |                       |                       |                          |          |           |                               |              |            |                        |                    |                       |                       |                       |                   |

**Fuente:** (Elaboración propia).

## **Paso 2: Selección e instrucción del grupo de trabajo.**

A partir de la ecuación 2.1, descrita en el capítulo II se desarrolla el cálculo de la muestra de la cantidad de expertos, determinándose un total de 14 expertos, utilizando una proporción del error de 0.03, para un nivel de confianza de un 99% el nivel de significación es de 6.6564 y una precisión de 0.12.

Estos expertos fueron seleccionados teniendo en cuenta su conocimiento en el tema en cuestión, de forma tal que para su preparación solo fue necesario un breve resumen de los objetivos perseguidos.

## **Paso 3: Identificación de los factores que influyen en la construcción de viviendas.**

En la primera ronda del método de expertos se construye una lista con los factores que influyen en la demanda de construcción de viviendas. Estos provienen del criterio de los expertos y de la bibliografía consultada en el primer paso, los mismos se listan a continuación.

1. Remesas
2. Movimiento migratorio
3. Ingresos
4. Tamaño de los hogares
5. Edad del jefe de familia
6. Tasa de interés hipotecaria
7. Efecto de desastres naturales
8. La inversión
9. La cartera y los desembolsos hipotecarios
10. Facilidades de créditos que ofrecen los bancos para acciones constructivas
11. La tasa de desempleo
12. Políticas Públicas
13. Formas de trabajo no estatal
14. Asentamiento de numerosas familias extranjeras
15. Incremento de la actividad por cuenta propia de arrendamiento de habitaciones
16. Factores demográficos
17. Déficit de viviendas
18. Facilidades de compra
19. Costo de comprar una vivienda

20. Incremento de los hogares unipersonales por el incremento de la edad promedio de los del matrimonio
21. Cantidad de personas que cumplen misiones en el extranjero
22. Costos asociados a la actividad constructora
23. Estado constructivo del fondo habitacional
24. El incremento de la tasa de divorcios
25. Disponibilidad de materiales de construcción
26. Riqueza financiera de los hogares
27. Crecimiento Poblacional
28. Disponibilidad de fuerza de trabajo
29. Existencia de soluciones constructivas alternativas
30. Mercado laboral
31. Niveles de pobreza
32. Concentración de personas en determinado territorio
33. Tendencia al crecimiento del turismo

En la segunda ronda después de un análisis detallado se agrupan factores y otros se desechan por considerarse inadecuado a las condiciones de Cuba o por no corresponder al tema en cuestión. Terminada la ronda quedan establecidos los siguientes factores:

1. Crecimiento poblacional
2. Movimiento migratorio hacia fuera de la provincia/ municipio
3. Movimiento migratorio hacia dentro de la provincia/ municipio
4. Concentración de personas en determinado territorio
5. Costo de comprar una vivienda
6. Costo de construir una vivienda
7. Ingresos por concepto de salario
8. Ingresos por concepto de estimulación en CUP
9. Ingresos por concepto de estimulación en CUC
10. Ingresos por remesas
11. Otras fuentes ingreso que no se hayan mencionado (incluidas no oficiales)
12. Facilidades de créditos que ofrecen los bancos para acciones constructivas
13. Tendencia al crecimiento del turismo
14. Incremento de la actividad por cuenta propia de arrendamiento de habitaciones

15. Política públicas que estimulan las acciones constructivas en viviendas tales como:  
subsidios, rehabilitación y construcción
16. Estados constructivo del fondo habitacional
17. Necesidad de viviendas
18. Efecto de desastres naturales
19. Cantidad de personas que cumplen misiones en el extranjero
20. Formas de trabajo no estatal (demanda y genera construcciones)
21. Disponibilidad de materiales de construcción
22. Facilidades de compra (formal e informal)
23. Disponibilidad de fuerza de trabajo
24. Existencia de soluciones constructivas alternativas

A partir de los resultados obtenidos se procede a la determinación del nivel de concordancia de cada factor, para ello se utiliza la expresión 2.2 referida en el capítulo anterior obteniéndose los siguientes resultados:

**Tabla 3.2:** Nivel de concordancia de cada factor.

| Factores  | Expertos |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |
|-----------|----------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|
|           | 1        | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
| <b>1</b>  | x        | - | - | x | x | x | x | x | x | x  | x  | x  | x  | -  |
| <b>2</b>  | x        | x | x | - | - | x | x | - | - | -  | -  | -  | -  | -  |
| <b>3</b>  | -        | - | x | x | x | x | x | - | - | -  | x  | x  | x  | x  |
| <b>4</b>  | x        | x | x | - | x | - | x | x | x | -  | x  | x  | -  | -  |
| <b>5</b>  | -        | - | x | x | x | - | - | x | x | -  | x  | x  | -  | x  |
| <b>6</b>  | x        | x | x | x | - | x | x | x | - | -  | -  | x  | -  | x  |
| <b>7</b>  | x        | x | x | x | x | x | x | x | x | -  | x  | x  | x  | x  |
| <b>8</b>  | -        | x | - | x | x | x | - | - | x | -  | x  | x  | x  | x  |
| <b>9</b>  | x        | - | - | - | x | x | x | - | - | -  | x  | x  | x  | x  |
| <b>10</b> | -        | x | x | x | x | x | x | x | x | x  | x  | x  | x  | x  |
| <b>11</b> | -        | - | x | x | x | x | - | x | x | -  | x  | x  | x  | -  |
| <b>12</b> | x        | x | x | x | x | x | x | x | x | x  | x  | x  | x  | x  |
| <b>13</b> | x        | x | x | x | x | x | x | x | x | x  | x  | x  | x  | x  |
| <b>14</b> | x        | x | - | - | x | x | x | x | x | x  | -  | -  | x  | -  |

|    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 15 | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
| 16 | X | X | - | - | X | X | - | - | X | - | X | - | X | X |
| 17 | X | X | X | X | X | X | X | X | X | - | X | X | X | X |
| 18 | X | X | X | X | X | X | - | X | X | - | X | X | X | X |
| 19 | - | - | X | X | X | X | - | - | X | X | - | X | X | X |
| 20 | - | X | X | X | X | X | X | - | X | X | - | - | - | X |
| 21 | X | X | X | - | - | X | - | - | - | X | X | X | - | X |
| 22 | X | X | - | - | X | X | X | X | X | X | - | - | - | X |
| 23 | X | X | - | X | - | - | X | X | X | X | - | - | X | X |
| 24 | - | X | X | X | X | - | - | X | X | X | - | - | - | - |

**Fuente:** Elaboración propia.

A través del cálculo de los coeficientes de concordancia se determina que de 24 factores se desechan 16 por su baja concordancia o poco consenso entre los expertos. Siendo estos los siguientes:

- Movimiento migratorio hacia fuera de la provincia/ municipio
- Movimiento migratorio hacia dentro de la provincia/ municipio,
- Concentración de personas en determinado territorio,
- Costo de comprar una vivienda,
- Costo de construir una vivienda,
- Ingresos por concepto de estimulación en CUC,
- Otras fuentes ingreso que no se hayan mencionado (incluidas no oficiales),
- Incremento de la actividad por cuenta propia de arrendamiento de habitaciones,
- Estados constructivos del fondo habitacional,
- Cantidad de personas que cumplen misiones en el extranjero,
- Formas de trabajo no estatal (demanda y genera construcciones),
- Disponibilidad de materiales de construcción,
- Facilidades de compra (formal e informal),
- Disponibilidad de fuerza de trabajo,
- Existencia de soluciones constructivas alternativas.

Por tanto, pasan a la siguiente ronda los siguientes 8 factores: Crecimiento poblacional, Ingresos por concepto de salario, Ingresos por concepto de estimulación en CUP,



Ingresos por remesas, Facilidades de créditos que ofrecen los bancos para acciones constructivas, Tendencia al crecimiento del turismo, Política públicas que estimulan las acciones constructivas en viviendas tales como: Subsidios, Rehabilitación y construcción, Necesidad de viviendas, Efecto de desastres naturales.

Para la tercera ronda se determinó la importancia de cada característica y así se aplicó la dócima paramétrica de Kendall para determinar la concordancia. A partir del uso del software SPSS Statistics se obtienen los siguientes resultados.

**Tabla 3.3:** Rangos.

|                            | Rango promedio |
|----------------------------|----------------|
| Crecimiento_poblacional    | 2,70           |
| Ingresos_salario           | 5,63           |
| Ingresos_remesas           | 5,63           |
| Facilidades_créditos       | 2,17           |
| Crecimiento_turismo        | 5,90           |
| Política_públicas          | 5,63           |
| Necesidad_viviendas        | 5,63           |
| Efecto_desastres_naturales | 2,70           |

**Fuente:** Salidas del software SPSS Statistics

**Tabla 3.4:** Estadísticos de contraste.

| Estadísticos de contraste                 |        |
|-------------------------------------------|--------|
| N                                         | 15     |
| W de Kendall <sup>a</sup>                 | ,679   |
| Chi-cuadrado                              | 71,333 |
| gl                                        | 7      |
| Sig. asintót.                             | ,000   |
| a. Coeficiente de concordancia de Kendall |        |

**Fuente:** Salidas del software SPSS Statistics

Con esta información se pasa a calcular la concordancia utilizando la dócima no paramétrica que utiliza el coeficiente de Kendall.

El planteamiento de esta dócima es:

$H_0$ = No hay acuerdo entre los expertos

$H_1$ = Hay acuerdo entre los expertos

La región crítica de esta dística para  $N > 7$ , siendo  $N$  cantidad de factores y  $K$  cantidad de expertos es:

$$RC: K(N - 1)W > \chi^2_{\alpha; N-1}$$

Para determinar esta se utiliza la distribución chi-cuadrada (Pérez, 2009)

$$RC: 14(8 - 1)0.679 > \chi^2_{0.01; 8-1}$$

$$RC: 66.542 > 18.475$$

Entonces se cumple la región crítica y se rechaza  $H_0$  por lo que existe concordancia entre los expertos.

#### **Paso 4: Determinación de los conductores de la demanda a partir de los factores identificados.**

A partir de los factores determinados mediante la opinión de expertos y la revisión bibliográfica, desarrollados en el paso anterior, se obtienen los conductores de la demanda. Se agrupan Ingresos por concepto de salario, Ingresos por concepto de estimulación en CUP e Ingresos por remesas, dándole por nombre Ingresos.

Además, facilidades de créditos que ofrecen los bancos y políticas públicas que estimulan las acciones constructivas en viviendas tales como: subsidios, rehabilitación y construcción son agrupadas como Políticas Públicas, que en Cuba constituyen las propuestas de ayuda social establecidas por el gobierno.

A continuación se explica cómo se llegó a los valores utilizados para el desarrollo de esta investigación.

Ingresos:

El ingreso anual más bajo se determinó a través del salario promedio mensual más bajo declarado en el Censo de Población y Vivienda (2012) y los anuarios publicados por la ONEI hasta el año 2016 multiplicado por los meses del año; a este valor se le suman los ingresos de los contribuyentes a la ONAT más bajos entre la población residente en la provincia correspondiente al año del dato, más el 74% (McBride 2007) del valor de la remesa más baja dividido entre la población existente en ese año. Mientras que el ingreso anual más alto se obtuvo llevando a cabo los mismos cálculos para los valores más elevados. Los restantes factores pasan a ser conductores de la demanda sin ningún cambio.

Viviendas afectadas por desastres naturales:

El valor mínimo se toma como cero, o sea, no hubo desastre natural en el año y el máximo representa la cantidad de afectaciones máximas producidas por el ciclón Dennis en Julio del 2005 que fue el que más desastre provoco en el periodo 2000-2016 dentro de la provincia de Cienfuegos.

Crecimiento poblacional:

Se determinó a través de la diferencia existente entre los valores de los años consecutivos, tomando las variaciones positivas o negativas entre estos.

Políticas públicas:

Estas agrupan los subsidios y los créditos del banco otorgados. Las cifras comienzan a partir del año 2012 porque en este es en el que se establecieron estas nuevas modalidades. Por lo que el valor más bajo es cero, representando los años en los que no se aplicaban estas políticas y más alto corresponde a la mayor cantidad de políticas otorgadas.

Crecimiento del turismo:

Responde a la cantidad de casas para arrendamiento proyectadas en el Programa de Desarrollo de Alojamiento Turístico de la provincia de Cienfuegos para el año 2030. El valor mínimo de este conductor está dado por la cantidad de casas para arrendamiento en funcionamiento al cierre del 2016 y el máximo por la proyección para el año 2030.

Estado del fondo habitacional:

El fondo habitacional esta dado en cinco tipologías según la ONEI, donde las primeras tres cuentan con elementos de piso pared y techo aceptables para una buena clasificación. Por lo que eliminando la mitad de las viviendas clasificadas como regulares y la totalidad de las malas se consigue que la mayoría de las viviendas de la provincia se encuentren dentro de las primeras tres tipologías y sean consideradas como buenas en su estado constructivo.

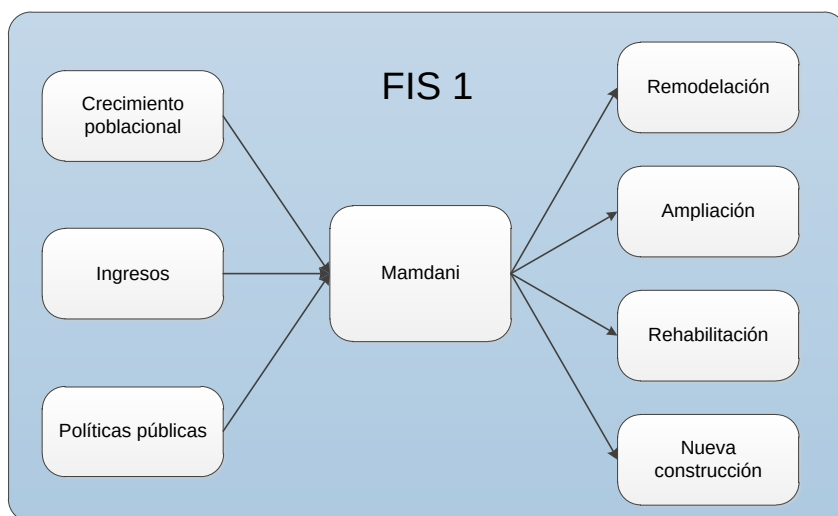
## **Etapla II: Construcción del modelo de pronóstico.**

Esta etapa propone seis pasos que permiten desarrollar un modelo de pronóstico a través de la herramienta Fuzzy de Matlab. Estos comprenden desde el número de FIS a utilizar hasta las salidas del sistema dadas por dicho software, sin dejar de pasar por alto el tipo

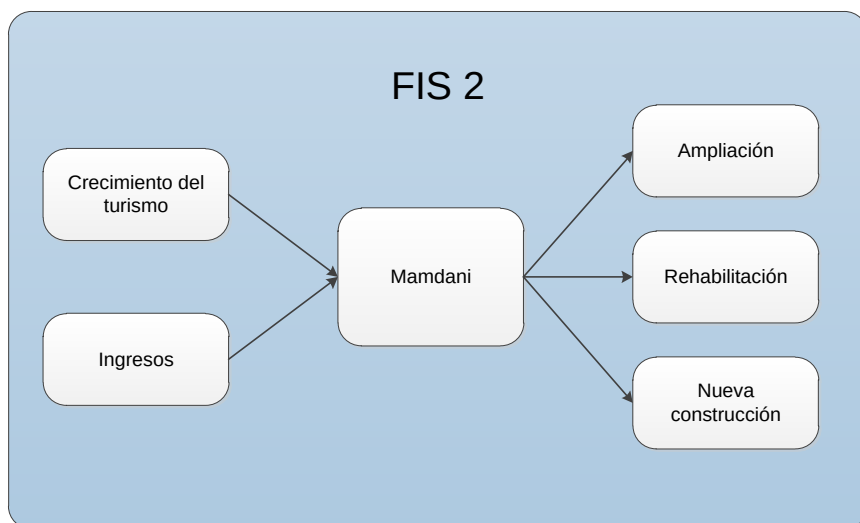
de sistema a utilizar y todos los requerimientos de entrada para la conformación de los FIS.

### Paso 5: Determinación del número de Sistemas de Inferencia Difusa.

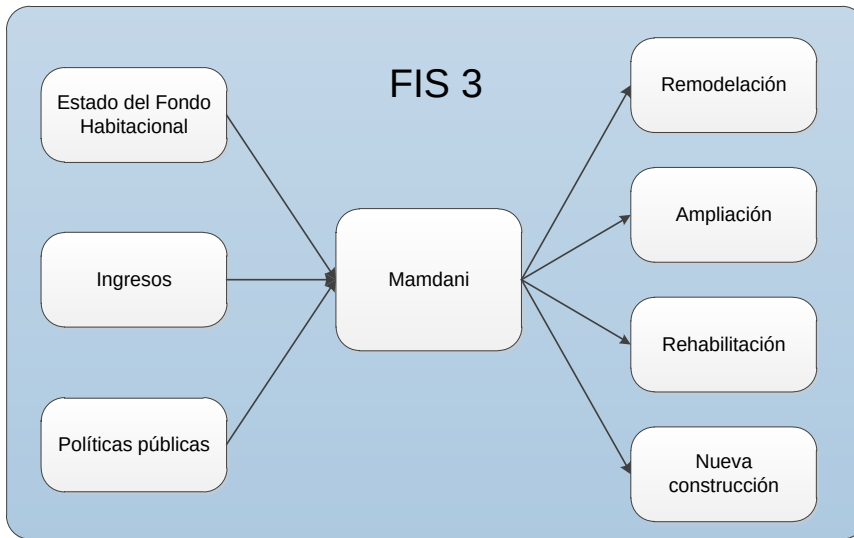
Como se explica en el capítulo anterior las variables de entrada se deben de combinar de forma tal que se obtenga una demanda en la salida del sistema, por esto cada FIS debe incluir la necesidad y el respaldo económico. Para el desarrollo de este estudio se desarrollaron cuatro FIS dispuestos de la siguiente manera:



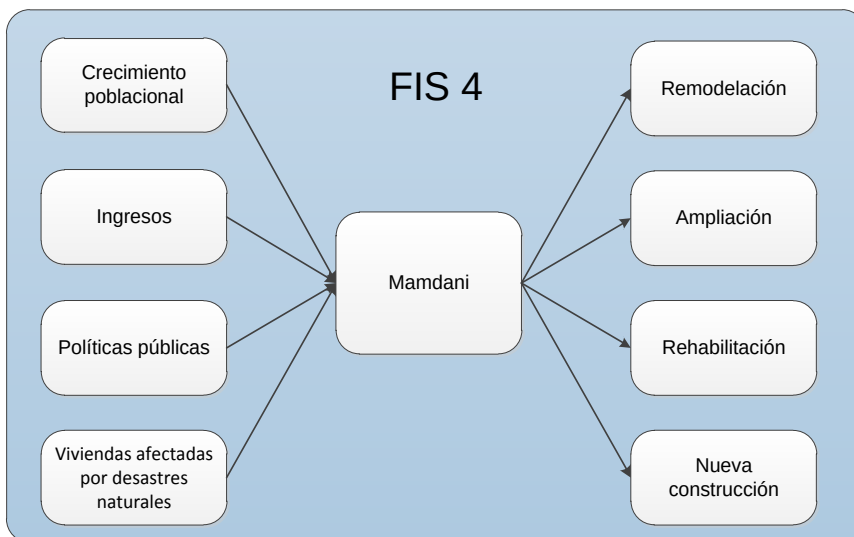
**Figura 3.1:** Representación del FIS 1. **Fuente:** Elaboración propia.



**Figura 3.2:** Representación del FIS 2. **Fuente:** Elaboración propia.



**Figura 3.3:** Representación del FIS 3. **Fuente:** Elaboración propia.



**Figura 3.4:** Representación del FIS 4. **Fuente:** Elaboración propia.

**Paso 6: Identificación del tipo de sistema difuso que más se ajusta a los datos.**

Para efectos de la presente investigación se utilizará el método de Mamdani debido a que la información con que se cuenta presenta un alto grado de incertidumbre y este es el más aplicable al permitir al modulador del sistema intervenir con mayor facilidad que el método Takagi-Sugeno.

**Paso 7: Parametrización de las variables de entrada y de salida.**

**Variables de entrada:**

Para cada variable se especifica el rango con sus valores máximos y mínimos del universo del discurso, se definen tres conjuntos difusos para cada valor lingüístico.

**Tabla 3.5:** Parámetros del conductor Crecimiento poblacional.

| Variable lingüística  | Crecimiento poblacional                                                                     |            |
|-----------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| Universo del discurso | Mínimo -0.4                                                                                 | Máximo 0.8 |
| Valores lingüísticos  | Alto [-0.8801, -0.4, 0.08014],<br>Medio [-0.28, 0.1999, 0.68],<br>Bajo [0.32, 0.8001, 1.28] |            |

**Fuente:** Elaboración propia.

**Tabla 3.6:** Parámetros del conductor Ingresos.

| Variable lingüística  | Ingresos                                                                                |                 |
|-----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| Universo del discurso | Mínimo \$ 2899                                                                          | Máximo \$ 38164 |
| Valores lingüísticos  | Bajo [-1120, 2890, 17010],<br>Medio [6421, 20540, 34640],<br>Alto [24050, 38170, 52260] |                 |

**Fuente:** Elaboración propia.

**Tabla 3.7:** Parámetros del conductor Políticas públicas.

| Variable lingüística  | Políticas públicas                                                                                       |             |
|-----------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|
| Universo del discurso | Mínimo 0                                                                                                 | Máximo 3500 |
| Valores lingüísticos  | Insuficiente [-1120, 2890, 17010],<br>Adecuado [6421, 20540, 34640],<br>Suficiente [24050, 38170, 52260] |             |

**Fuente:** Elaboración propia.

**Tabla 3.8:** Parámetros del conductor Crecimiento del turismo.

| Variable lingüística  | Crecimiento del turismo |            |
|-----------------------|-------------------------|------------|
| Universo del discurso | Mínimo 600              | Máximo 820 |
| Valores lingüísticos  | Bajo [512, 600, 688],   |            |

|  |                                                 |
|--|-------------------------------------------------|
|  | Medio [622, 710, 798],<br>Alto [732, 820, 908]. |
|--|-------------------------------------------------|

**Fuente:** Elaboración propia.

**Tabla 3.9:** Parámetros del conductor Estado del fondo habitacional.

| Variable lingüística  | Estado del fondo habitacional                                                            |                 |
|-----------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| Universo del discurso | Mínimo<br>1869                                                                           | Máximo<br>42235 |
| Valores lingüísticos  | Alto [-1428, 1869, 18020],<br>Medio [5906, 22050, 38200],<br>Bajo [26090, 42240, 58380]. |                 |

**Fuente:** Elaboración propia.

**Tabla 3.10:** Parámetros del conductor Viviendas afectadas por desastres naturales.

| Variable lingüística  | Viviendas afectadas por desastres naturales.                                          |                 |
|-----------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| Universo del discurso | Mínimo<br>0                                                                           | Máximo<br>45894 |
| Valores lingüísticos  | Bajo [-1835, 0, 18350],<br>Medio [4589, 22940, 41304],<br>Alto [27530, 45890, 64240]. |                 |

**Fuente:** Elaboración propia.

**Variables de salida:**

**Tabla 3.11:** Parámetros del conductor Remodelación.

| Variable lingüística  | Remodelación                                                                         |                |
|-----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|----------------|
| Universo del discurso | Mínimo<br>420                                                                        | Máximo<br>1254 |
| Valores lingüísticos  | Bajo [86.4, 420, 753.4],<br>Medio [503.4, 837.2, 1171],<br>Alto [920.6, 1254, 1587]. |                |

**Fuente:** Elaboración propia.

**Tabla 3.12:** Parámetros del conductor Ampliación.

| Variable lingüística  | Ampliación                                                                   |               |
|-----------------------|------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| Universo del discurso | Mínimo<br>203                                                                | Máximo<br>608 |
| Valores lingüísticos  | Bajo [41, 203, 365],<br>Medio [243.5, 405.5, 567.5],<br>Alto [446, 608, 770] |               |

**Fuente:** Elaboración propia.

**Tabla 3.13:** Parámetros del conductor Rehabilitación.

| Variable lingüística  | Rehabilitación                                                                    |                |
|-----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------|
| Universo del discurso | Mínimo<br>660                                                                     | Máximo<br>1982 |
| Valores lingüísticos  | Bajo [131.2, 660, 1189],<br>Medio [792.2, 1321, 1850],<br>Alto [1453, 1982, 2511] |                |

**Fuente:** Elaboración propia.

**Tabla 3.14:** Parámetros del conductor Nueva construcción.

| Variable lingüística  | Nueva construcción                                                                |               |
|-----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| Universo del discurso | Mínimo<br>68                                                                      | Máximo<br>200 |
| Valores lingüísticos  | Bajo [15.2, 68, 120.8],<br>Medio [81.2, 134, 186.8],<br>Alto [147.2, 200, 252.8]. |               |

**Fuente:** Elaboración propia.

### **Paso 8: Definición de la base de conocimiento o reglas difusas.**

Para definir las reglas de los FIS, ya que el sistema es del tipo Mamdani, se utiliza la forma: IF  $x_1$  is A AND  $x_2$  is B AND  $x_3$  is C THEN  $u_1$  is D,  $u_2$  is E. Dado que son cuatro FIS el número de reglas es extensivo y están ubicadas en el Anexo 1. Las reglas del FIS 2 se muestran a continuación:

1. If (CrecimientoTurismo is Bajo) and (Ingresos is Bajo) then (Ampliacion is Bajo) (Rehabilitacion is Bajo) (NuevaConstruccion is Bajo)



2. If (CrecimientoTurismo is Bajo) and (Ingresos is Medio) then (Ampliacion is Bajo)  
(Rehabilitacion is Bajo) (NuevaConstruccion is Bajo)
3. If (CrecimientoTurismo is Bajo) and (Ingresos is Alto) then (Ampliacion is Medio)  
(Rehabilitacion is Medio) (NuevaConstruccion is Medio)
4. If (CrecimientoTurismo is Medio) and (Ingresos is Bajo) then (Ampliacion is Bajo)  
(Rehabilitacion is Bajo) (NuevaConstruccion is Bajo)
5. If (CrecimientoTurismo is Medio) and (Ingresos is Medio) then (Ampliacion is Medio)  
(Rehabilitacion is Bajo) (NuevaConstruccion is Medio)
6. If (CrecimientoTurismo is Medio) and (Ingresos is Alto) then (Ampliacion is Alto)  
(Rehabilitacion is Medio) (NuevaConstruccion is Alto)
7. If (CrecimientoTurismo is Alto) and (Ingresos is Bajo) then (Ampliacion is Bajo)  
(Rehabilitacion is Bajo) (NuevaConstruccion is Bajo)
8. If (CrecimientoTurismo is Alto) and (Ingresos is Medio) then (Ampliacion is Medio)  
(Rehabilitacion is Bajo) (NuevaConstruccion is Medio)
9. If (CrecimientoTurismo is Alto) and (Ingresos is Alto) then (Ampliacion is Alto)  
(Rehabilitacion is Alto) (NuevaConstruccion is Alto)

#### **Paso 9: Defusificación o proceso de concreción.**

Como se explicó en el capítulo II existen diferentes métodos de defusificación. Entre ellos Centroide, Bisectriz, Media de los máximos, Más pequeño de los máximos y Más grande de los máximos. Cada uno de ellos arrojan resultados distintos, el “más común y ampliamente usado” es el centroide. Con el método de defusificación del centroide se transforma la salida difusa en un número real el cual es la coordenada equis (x) del centro de gravedad del conjunto difuso de salida. Este paso el software Matlab lo desarrolla dentro de la ejecución del modelo, por lo que no es visible dentro del proceso.

#### **Paso 10: Obtención de las salidas del sistema.**

Para obtener las salidas del sistema se utilizan los datos obtenidos de cada conductor de los años 2011, 2012, 2013 y 2014 respectivamente (Tabla 3.15), siendo estos los años que presentaban disponible toda la información. Los valores son introducidos en el Matlab para ser procesados por el comando **evalfis** que se encarga de evaluarlos en el FIS en cuestión.

**Tabla 3.15:** Valores de los conductores para entrar a los FIS.

| <b>Año</b>  | <b>Crecimiento<br/>o<br/>poblacional</b> | <b>Ingresos</b> | <b>Políticas<br/>públicas</b> | <b>Crecimiento<br/>o del<br/>turismo</b> | <b>Estado del<br/>fondo<br/>habitacional</b> | <b>Viviendas<br/>afectadas<br/>por<br/>desastres<br/>naturales</b> |
|-------------|------------------------------------------|-----------------|-------------------------------|------------------------------------------|----------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|
| <b>2011</b> | -0.3                                     | 27373           | 0                             | 625                                      | 6403                                         | 0                                                                  |
| <b>2012</b> | 0.2                                      | 29714           | 227                           | 680                                      | 6542                                         | 0                                                                  |
| <b>2013</b> | 0.6                                      | 31658           | 101                           | 720                                      | 5622                                         | 0                                                                  |
| <b>2014</b> | 0.2                                      | 36843           | 266                           | 759                                      | 2594                                         | 0                                                                  |

**Fuente:** Elaboración propia.

A continuación se presentan las tablas correspondientes a los resultados de la evaluación de los datos obtenidos mediante la herramienta Matlab (Tablas 3.16, 3.17, 3.18, 3.19).

**Tabla 3.16:** Resultados del FIS 1.

| <b>FIS 1</b> | <b>Remodelación</b> | <b>Ampliación</b> | <b>Rehabilitación</b> | <b>Nueva<br/>Construcción</b> |
|--------------|---------------------|-------------------|-----------------------|-------------------------------|
| <b>2011</b>  | 837,2               | 343,1             | 1321,1                | 113,7                         |
| <b>2012</b>  | 837,2               | 405,5             | 1321,1                | 89,2                          |
| <b>2013</b>  | 804,9               | 389,8             | 1269,9                | 128,9                         |
| <b>2014</b>  | 837,2               | 405,5             | 1321,1                | 85,8                          |

**Fuente:** Elaboración propia.

**Tabla 3.17:** Resultados del FIS 2.

| <b>FIS 2</b> | <b>Ampliación</b> | <b>Rehabilitación</b> | <b>Nueva<br/>Construcción</b> |
|--------------|-------------------|-----------------------|-------------------------------|
| <b>2011</b>  | 346,7             | 1118                  | 114,8                         |
| <b>2012</b>  | 437,9             | 1216,3                | 144,6                         |
| <b>2013</b>  | 473,7             | 1270,1                | 156,2                         |
| <b>2014</b>  | 544,3             | 1407,3                | 179,2                         |

**Fuente:** Elaboración propia.

**Tabla 3.18:** Resultados del FIS 3.

| <b>FIS 3</b> | <b>Remodelación</b> | <b>Ampliación</b> | <b>Rehabilitación</b> | <b>Nueva<br/>Construcción</b> |
|--------------|---------------------|-------------------|-----------------------|-------------------------------|
| <b>2011</b>  | 870,4               | 343,3             | 1380,3                | 119,3                         |

|             |        |       |        |       |
|-------------|--------|-------|--------|-------|
| <b>2012</b> | 913,2  | 373,4 | 1452,3 | 136,7 |
| <b>2013</b> | 969,1  | 389,9 | 1543,5 | 151,5 |
| <b>2014</b> | 1141,9 | 405,5 | 1804,1 | 182,2 |

**Fuente:** Elaboración propia.

**Tabla 3.19:** Resultados del FIS 4.

| <b>FIS 4</b> | <b>Remodelación</b> | <b>Ampliación</b> | <b>Rehabilitación</b> | <b>Nueva Construcción</b> |
|--------------|---------------------|-------------------|-----------------------|---------------------------|
| <b>2011</b>  | 709                 | 264,5             | 1118                  | 88                        |
| <b>2012</b>  | 771,1               | 268               | 1216,3                | 89,2                      |
| <b>2013</b>  | 805,1               | 263,8             | 1270,1                | 87,8                      |
| <b>2014</b>  | 837,2               | 257,5             | 1321,1                | 85,8                      |

**Fuente:** Elaboración propia.

Según las tablas mostradas anteriormente se resalta que los valores obtenidos están acorde al universo del discurso de las variables de salida. Los resultados de las variables de salida se ajustan a los criterios esperados.

### **Etapas III: Análisis de los resultados.**

En esta etapa se realiza una interpretación de los resultados obtenidos de las herramientas automatizadas utilizadas.

#### **Paso 11: Ponderación de los resultados de los Sistemas de Inferencia Difusa.**

El procedimiento de comparación de valores utilizado es el elaborado por Saaty (Saaty, 1980), llamado Método de las Jerarquías Analíticas implementado en la aplicación Expert Choice. Consiste en obtener el valor propio principal de una matriz de comparación por pares de factores. La escala ordinal de comparación se mueve entre valores de 9 y 1/9. La escala adoptada por los expertos ha sido:

- 1: igual importancia
- 3: algo más importante
- 5: bastante más importante
- 7: mucho más importante
- 9: absolutamente más importante

Los mismos valores se expresarán de forma fraccionaria si la comparación resulta inferior. Esta comparación por pares da lugar a matrices cuadradas en las cuales la correspondencia entre pares de valores es recíproca.

Una vez establecidos los elementos de las matrices, la aplicación empleada Expert Choice, obtiene el valor propio principal de la matriz normalizada, que significa el orden de prioridad de los criterios.

La aplicación para evaluar la importancia relativa de los criterios recorre el modelo de abajo hacia arriba, deduciendo las prioridades que son locales, que suman siempre 1. Al mismo tiempo obtiene el índice de inconsistencia que deberá ser siempre inferior a 0,1. También obtiene tanto la prioridad global como las locales multiplicadas por la prioridad del nodo padre del árbol.

La herramienta permite dos procedimientos de asignación de valores a matrices:

Primer procedimiento: Introducción por porcentajes de participación, con los que la herramienta genera las matrices, y da lugar a un índice de inconsistencia óptima de valor 0.

Segundo procedimiento: Introducción directamente de valores en las matrices por el usuario. En esta forma los valores de inconsistencia obtenidos pueden estar dentro o fuera del límite permitido (0,1), y en base a ese valor se puede replantear el contenido de pesos introducidos en las matrices.

|                                       | Crecimient  | Ingresos | Políticas p | Crecimient | Estado del | Viviendas : |
|---------------------------------------|-------------|----------|-------------|------------|------------|-------------|
| Crecimiento poblacional               |             | 7,0      | 5,0         | 5,0        | 3,0        | 3,0         |
| Ingresos                              |             |          | 1,0         | 3,0        | 5,0        | 7,0         |
| Políticas públicas                    |             |          |             | 3,0        | 5,0        | 3,0         |
| Crecimiento del turismo               |             |          |             |            | 5,0        | 3,0         |
| Estado del fondo habitacional         |             |          |             |            |            | 3,0         |
| Viviendas afectadas por desastres nat | Incon: 0,07 |          |             |            |            |             |

OK

Cancel

|                        | Priority | Value  |  |
|------------------------|----------|--------|--|
| Crecimiento poblacio   | 0,03526  | 0,0353 |  |
| Ingresos               | 0,3579   | 0,3579 |  |
| Políticas públicas     | 0,29233  | 0,2923 |  |
| Crecimiento del turism | 0,17159  | 0,1716 |  |
| Estado del fondo hab   | 0,05512  | 0,0551 |  |
| Viviendas afectadas    | 0,0878   | 0,0878 |  |
| Total                  | 1        | 1,0000 |  |

**Figura 3.5:** Introducción de prioridades y generación de matriz. **Fuente:** Elaboración propia a partir del Expert Choice.

### **Síntesis de resultados y análisis de sensibilidad**

Una vez terminado el modelo e introducidos los juicios, se obtienen los resultados sintetizando toda la información y aplicando el algoritmo de Saaty, el cual se realiza en la herramienta de manera transparente al usuario.

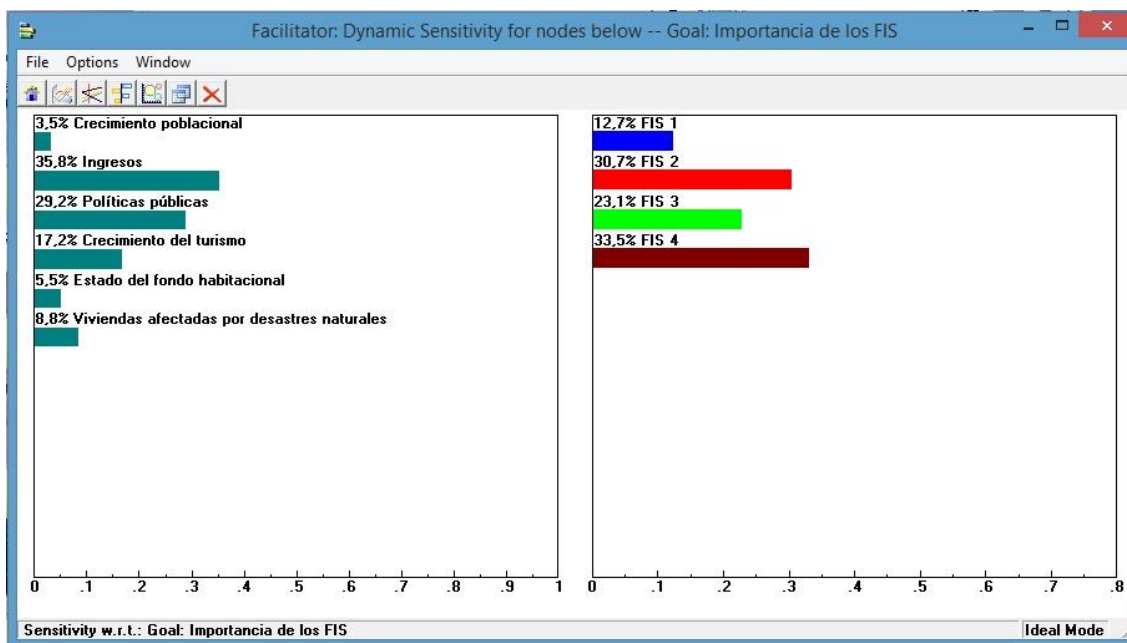
Existen dos modos de sintetizar los resultados (Romero, 1996):

- Modo Ideal, el modelo tiende a hacer una serie de normalizaciones para hacer que las prioridades sumen 1 y así repartir uniformemente la prioridad, además de otras normalizaciones más internas. Se usa cuando se pretende buscar la mejor alternativa.
- Modo Distributivo, el modelo no realiza normalizaciones y puede perder pequeños fragmentos de prioridad aunque resulta más eficiente. Se usa cuando se pretende buscar varias soluciones.

Los resultados que se puedan obtener tanto en el modo ideal como en el distributivo pueden no ser iguales, aunque en la mayoría de casos darán el mismo resultado o parecido.

El análisis de sensibilidad permite visualizar y analizar la sensibilidad del resultado (ordenación de las alternativas) respecto de posibles cambios en la importancia de los criterios. La herramienta permite dos formas de visualización: de manera estática, seleccionando el nodo correspondiente al objetivo y recogiendo la información que aparece en la ventana correspondiente a la de las alternativas, y de forma dinámica, por medio gráficas de sensibilidad, como se muestra en el ejemplo de la Figura 3.6, que expresan cómo afectan los datos de entrada (criterios de evaluación y preferencias) a la solución obtenida.

Esta gráfica puede servir para modificar las prioridades de los criterios del modelo.



**Figura 3.6:** Análisis de sensibilidad para. **Fuente:** Elaboración propia a partir del Expert Choice.

### Paso 12: Interpretación de los resultados.

El modelo conformado es capaz de producir resultados con los datos del año en cuestión. Una vez que se introducen los datos del comportamiento de los diferentes conductores a analizar, como se ha demostrado produce las salidas adecuadas para el análisis de construcción de viviendas para la provincia de Cienfuegos.

Utilizando la herramienta Expert Choice se ponderan los conductores de la demanda con el objetivo de determinar el FIS que más se ajusta al año que se analizará, el 2018. Teniendo en cuenta que no se pronostican desastres naturales, el crecimiento poblacional se ha comportado con pocas variaciones durante los últimos años y el estado del fondo habitacional experimentará un pequeño aumento. El ingreso se considera que alcance un nivel de importancia mucho mayor que las políticas públicas y que el crecimiento del turismo, teniendo éstas dos últimas variables un nivel de importancia similar. A partir de estas consideraciones el software determina que el FIS que más se ajusta es el 2.

Luego de determinar el FIS que más se ajusta, se procede a la herramienta Matlab, donde se introducen los siguientes datos: el crecimiento del turismo según el Programa de Desarrollo de Alojamiento Turístico de la provincia de Cienfuegos tendrá un valor de 718 casas y un monto de 36954 pesos. Como resultado se obtuvo una salida de 555

proyectos abiertos por concepto de ampliación, 1322 por concepto de rehabilitación y 183 nuevas construcciones.



# Conclusiones



## Conclusiones

1. Se expuso una revisión bibliográfica de los métodos más conocidos para determinar pronósticos, determinándose que no conducen a resultados óptimos debido a la existencia de problemas de incertidumbre, vaguedad en la definición y caracterización de variables y subjetividad en la representación de los valores.
2. La revisión bibliográfica de los modelos existentes sobre el sector de la vivienda permitió conocer los diferentes enfoques utilizados tradicionalmente en los estudios de este campo y determinar que en la mayoría de los trabajos se tiene en cuenta la econometría como principal recurso.
3. Se identificaron como factores relevantes para la determinación de la demanda de construcción de viviendas en la provincia de Cienfuegos los siguientes: Crecimiento poblacional, Ingresos por concepto de salario, Ingresos por concepto de estimulación en CUP, Ingresos por remesas, Facilidades de créditos que ofrecen los bancos para acciones constructivas, Tendencia al crecimiento del turismo, Política públicas que estimulan las acciones constructivas en viviendas tales como: Subsidios, Rehabilitación y construcción, Necesidad de viviendas, Efecto de desastres naturales..Los mismos fueron transformados en los conductores de la demanda que sirvieron de variables de entrada al modelo.
4. A partir del análisis preliminar se decidió utilizar la teoría de conjuntos difusos. Esta constituye una teoría matemática de la incertidumbre para modelizar situaciones donde los instrumentos tradicionales no conducen a resultados óptimos.
5. Se propuso un procedimiento para la determinación del pronóstico de construcción de viviendas en la provincia de Cienfuegos, el mismo permitió a través de tres etapas determinar los conductores de la demanda a partir de los factores identificados como influyentes en la construcción de viviendas y desarrollar un modelo basado en sistemas de inferencia difusa.



Recomendaciones

## **Recomendaciones**

1. Divulgar los resultados de la presente investigación en el Consejo de Administración Provincial, para que puedan ser utilizados como una herramienta de trabajo en la planificación de las demandas.
2. Incluir en el procedimiento para la estimación del pronóstico de la demanda de construcción de viviendas en la provincia de Cienfuegos una etapa en la que se incluya el ajuste del pronóstico para poder corregir los resultados obtenidos a partir de la obtención de una nueva base de datos.



# Bibliografía

## Bibliografía

- Álvarez, J. C., Herrero, H. C., González, Y. G., Lago, C. L., Alaiz, M. P., & Espina, P. Z. (2011). *Material docente de econometría* España, Universidad de Valladolid.
- Anderson, D. R., Sweeney, D. J., & William, T. A. (2004). *Métodos Cuantitativos para los negocios: soluciones empresariales*. México: Learning Editores.
- Angel, C. V. L., & Marcelo, J. nabor C. (2015, January 13). Análisis del impacto reciente de las remesas en el sector de la construcción en Colombia. *Revista Internacional de estudios Migratorios*, 5(1), 1-30.
- Arriagada Luco, C. (2005). *El déficit habitacional en Brasil y México y sus dos megaciudades globales: estudio con los censos de 1990 y 2000*. Santiago de Chile: Cepal.
- Azcona, J. P. (2014, Diciembre). Modelo Fuzzy de determinación del valor unitario de edificación destinada a vivienda con fines catastrales.
- Ballou, R. H. (2004). *Logística* (5th ed.). México: Pearson Educación.
- Baturone, I., Moreno-Velo, F. J., & Gersnoviez, A. (2005). Identifying fuzzy systems from numerical data with Xfuzzy. (pp. 1257-1262). Presented at the EUSFLAT Conf.
- Becerra, M., Juan, L. de, & Suárez, J. L. (2015, Diciembre). Modelo de prevision de demanda de vivienda nueva. *IESE Business School*.
- Bedoya Rangel, Y., & Jáuregui Díaz, J. A. (2016). La recepción de remesas familiares internacionales y su impacto en la economía doméstica en Santiago de Cali, Colombia. *Revista Colombiana de Sociología*, 39(2), 243. Recuperado de: [doi:https://doi.org/10.15446/rcs.v39n2.58975](https://doi.org/10.15446/rcs.v39n2.58975)
- Bernal, J. L. B., & Posada, L. M. A. (2013). *Caracterización de la gestión de pronósticos de demanda empresarial*. (Trabajo de Grado). Universidad del Rosario, Bogotá D.C Colombia.

- Bonaño, M. C. (2002, February). *Indicadores de desarrollo sostenible urbano. Una aplicación para andalucía*. Universidad de Málaga, Málaga, España.
- Cadena, F., Chalén Ramos, M., Pazmiño, M., & Mendoza, O. (2010). *Los determinantes de la demanda de vivienda en las ciudades de Guayaquil, Quito y Cuenca: Un análisis multinomial*. Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil.
- Calderón Rodríguez, R. david. (2015). *Diagnóstico de las variables de incidencia en la fijación de precios de las casas en el sector del Valle de los Chilllos 2010-2014* (Tesis de Maestría). Escuela Politécnica Nacional, Facultad de Ciencias Administrativas.
- Calvario, G. G. M. (2007). *Metodología para calcular el pronóstico de la demanda y una medición de su precisión, en una empresa de autopartes: Caso de estudio*. Instituto Politécnico Nacional, México.
- Cantú-González, J. R., García, M. del C. G., & Herrera, J. L. B. (2016, June). Simulación de procesos, una perspectiva en pro del desempeño operacional. *Revista Iberoamericana de Producción Académica y Gestión Educativa*, 4.
- Capote, D. J. I. (2016). *Contribución al perfeccionamiento de la gestión de las cadenas de suministro que intervienen en el Programa local de producción y venta de materiales de construcción en el municipio Aguada de Pasajeros*. Universidad de Cienfuegos Carlos Rafael Rodríguez, Cienfuegos.
- Castillo, I. J., & Caicedo, I. E. (n.d.). Metodología para la implementación de Sistemas de Inferencia Difusa tipo Sugeno en Sistemas Embebidos.
- Catellano, G., Castiello, C., Pasquadibisceglie, V., & Zaza, G. (2017). FISDeT: Fuzzy Inference System Development Tool. *International Journal Of Computational Intelligence Systems*, 10(1), 13-22.
- Chapman, S. (2006). *Planificación y control de la producción*. México: Pearson Educación.
- Clavijo, S., Janna, M., & Muñoz, S. (2004). La vivienda en colombia: Sus Determinantes Socio-Económicos y Financieros. *Borradores de Economía*, 300, 1-56.

- Company, R. (1990). *Previsión tecnológica de la demanda*. España: Editorial Bolxeran Marcombo.
- Corbatón, J. A., & Hornero, D. D. C. (n.d.). Aplicación del método Fuzzy-Delphi a la producción bursátil.
- Coremberg, A. A. (2000). El precio de la vivienda en Argentina: un análisis econométrico de sus determinantes fundamentales. *Papeles de Población*, (023), 93-125.
- Correa, O. (2011, March 1). Pronóstico a través de analogías.
- Cortés, M. E. C., & León, M. I. (2004). *Generalidades sobre metodología de la investigación*. Ciudad del Carmen, Campeche, México: Universidad Autónoma del Carmen.
- Dávila, J. A. Z. (2010, abril). *Modelo de pronóstico y planificación de la producción de la línea de alto movimiento de fábrica de recubrimientos superficiales*. Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Mecánica. Industrial, Guatemala.
- Duarte, O. G. (1999). Sistemas de lógica difusa. Fundamentos. *Revista Ingeniería e Investigación*, (42).
- Egebo, T., Lienert, I., & Richardson, P. (1990). Modelling housing investment for seven major OECD countries. *Working Paper Series Economic Development*, 63, 165-207.
- Esteban, M. V., Moral, M. P., Orbe, S., Regúles, M., Zarraga, A., & Zubia, M. (n.d.). *Econometría básica aplicada con Gretl*. Universidad del País Vasco. Euskal Herriko Unibertsitatea.
- Everet, A., & Ebert, R. (1991). *Administración de la producción y las operaciones* (4th ed.). México: Pearson Educación.
- Gaither, N., & Frazier, G. (1999). *Production and Management Operation*. South-Western College Publishing.
- Galindo, N. A. O., & Muñoz, N. M. C. (2013). Demanda de vivienda nueva No VIS en las tres principales ciudades de Colombia. *Dimensión Empresarial*, 11(1), 33-44.

- García, I. I. E. (2002, enero). *Desarrollo metodológico y técnico de un pronóstico de ventas para un producto con patrones cíclicos*. Universidad Autónoma de Nuevo León.
- Garro, J. A. C. (2015). *Pronósticos y comparación de una serie de tiempo con cambios estructurales mediante la red neuronal artificial de retropropagación resiliente y modelos no lineales*. Universidad Nacional Mayor de san Marcos, Lima, Perú.
- Giraldo, J. A., & Pinilla, J. (2016, February). Simulación de Procesos de Negocios (BPSIM) como Soporte Didáctico en el Aprendizaje de la Gestión de Procesos de Servicio. *Formación Universitaria*, 9(1).
- Giraldo, J. A., Toro, C. A., & Jaramillo, F. A. (2013). Aprendiendo sobre la Secuenciación de Trabajos en un Job Shop mediante el Uso de Simulación. *Formación Universitaria*, 6(4).
- Gujarati, D. N., & Porter, D. C. (2010). *Econometría* (5th ed.). Mc Graw hill.
- Heizer, J., & Render, B. (2004). *Principios de administración de operaciones* (5th ed.). México: Pearson Educación.
- Hernández, J. E. R. (2006). *Análisis de las decisiones de tenencia y demanda de vivienda en España*. (Tesis de Doctorado). Universidad de la Laguna.
- Hurtado, S. M., & Gómez, G. P. (2007, agosto). Modelo de Inferencia Difuso para estudio de crédito. *DYNA*, 74(154).
- Krajewski, L., & Ritzman, L. (2000). *Administración de las operaciones: Estrategia y análisis*. (5th ed.). México: Pearson Educación.
- Kun-Li, W. (2008). A Matlab toolbox for grey clustering and fuzzy comprehensive evaluation. *Advances in Engineering Software*, 39(2), 137-145.
- León, G. J. R. (2015). *Análisis de flujos dinámicos de materiales aplicado a la proyección de demanda de materiales de construcción en Colombia*. Universidad Nacional de Colombia., Medellín, Colombia.



- Libreros Ángel, C. V., & Cruz Marcelo, J. N. (2015). Análisis del impacto reciente de las remesas en el sector de la construcción en Colombia. *Revista Internacional de Estudios Migratorios*, 5(1), 1-30.
- López, M. C. (1998). Modelos econométricos del mercado de la vivienda en las regiones españolas. *Working Paper Series Economic Development*, 59. Retrieved from <http://www.usc.es/economet/eea.htm>
- Maté, C. (2009). Modelos ARIMA. Retrieved from [http://www.upcomillas.es/presim/documentos/pred\\_clasi\\_03.pdf](http://www.upcomillas.es/presim/documentos/pred_clasi_03.pdf).
- Menéndez, K. V. R., & Aliaga, E. M. F. (2013, Abril). *Análisis y propuesta de implementación de pronósticos, gestión de inventarios y almacenes en una comercializadora de vidrios y aluminios*. Pontífica Universidad Católica del Perú, Perú.
- Ministerio de la Construcción. (2011, Agosto). El ABECÉ de la producción local y la venta de los materiales de construcción. Grupo Nacional de Producción Local y Venta de Materiales de Construcción.
- Moral, E. M. (2006). Modelos econométricos e información estadística.
- Payán, L. F., & Batíz, M. L. G. (2015, June). Evaluación de programas públicos mediante lógica difusa: el caso del Programa Hábitat. *NÓESIS Revista de Ciencias Sociales y Humanidades*, 24(47).
- Pérez, H. R. (2009). *Tablas y resúmenes estadísticos*. La Habana, Cuba: Editorial Félix Varela.
- Pérez, R. A. M. (2010). Sistemas de inferencia basados en Lógica Borrosa: Fundamentos y caso de estudio. *Revista de investigación de Sistemas e Informática*, 7(1), 91-104.
- Reyes Vintimilla, P. A. (2015). *Análisis económico de la industria de la construcción residencial y su impacto en la generación de empleo en el cantón Cuenca, período 2001-2012* (Bachiller). Universidad de Azuay, Facultad de Ciencias de la Administración.
- Rodríguez, E. M. (2007). Aplicación del proceso jerárquico de análisis en la selección de la localización de una PYME.

- Rodríguez, R. D. C. (2015). *Diagnóstico de las variables de incidencia en la fijación de precios de las casas en el sector del Valle de los Chillos 2010-2014*. (Tesis de Grado). Escuela Politécnica Nacional, Ecuador.
- Roger, J., JS. (1997). MATLAB: Fuzzy logic toolbox user's guide: Version 1. *Math Works*.
- Romero, C. (1996). Teoría de la decisión multicriterio: Conceptos, técnicas y aplicaciones. Alianza.
- Romero, O. H., & Romero, S. H. (2010). *Pronóstico de la demanda*. Retrieved from [http://allman.rhon.itam.mx/~oromero/Notas3\\_Pronostico\\_e\\_Inventarios\\_Diplomado\\_Plan\\_y\\_Dir\\_Ope.pdf](http://allman.rhon.itam.mx/~oromero/Notas3_Pronostico_e_Inventarios_Diplomado_Plan_y_Dir_Ope.pdf)
- Saaty, T. L. (1977). A scaling method for priorities in hierarchical structures. *Journal of Mathematical Psychology*, 5, 234-281.
- Saaty, T. L. (1980). The Analytic Hierarchy Process. *McGraw-Hill*.
- Saaty, T. L. (1998). *Método Analítico Jerárquico (AHP): Principios Básicos*. En *Evaluación y Decisión Multicriterio. Reflexiones y Experiencias*. Editorial Universidad de Santiago.
- Saaty, T. L., Rogers, P., & Pell, R. (1988). Portfolio selection through hierarchies. *Journal of Portfolio Management*, 16-21.
- Sancho, A., Serrano, G., & Cabrer, B. (n.d.). *Econometría*. Universidad de Valencia.
- Schroeder, R. (1996). *Administración de operaciones, toma de decisiones en la función de operaciones*. México: Mc Graw hill.
- SMETollkit. (2010). Pronóstico de la demanda. Retrieved from <http://mexico.smetoolkit.org/mexico/es/content/es/416/Pron%C3%B3stico-de-la-demanda>.
- Soto Camargo, A. M., & Medina Hurtado, S. (2004). Desarrollo de un sistema de inferencia difuso para la evaluación de crédito por parte de una empresa prestadora de servicios. *Dyna*, 71(143), 25-36.
- Upegui, J. C., & Díaz, S. (2015). *Determinantes del precio de la demanda nueva No VIS en Medellín durante el período comprendido entre 2009 y 2015*. Universidad EAFIT.

Vanegas, J. G., Botero, J. C., & Restrepo, J. A. (2014). Una aproximación mediante lógica difusa al análisis de la competitividad empresarial. *Administración y Organizaciones*, 17(33), 14.

Varela, D. C. (2013). *Estudio de la calidad de vida humana en las ciudades de Tipo I en Cuba*. (Tesis de Maestría). Universidad de Cienfuegos, Cienfuegos.

Vintimilla, P. A. R. (2015). *Análisis económico de la industria de la construcción residual y su impacto en la generación de empleo en el cantón Cuenca, período 2001-2012*. Universidad de Azuay, Cuenca, Ecuador.



Anexos

## **Anexo 1:** Base de reglas de los FIS

Para FIS 1:

1. If (CrecimientoPoblacional is Alto) and (Ingresos is Bajo) and (PolíticasPublicas is Insuficiente) then (Remodelacion is Bajo)(Ampliacion is Bajo)(Rehabilitacion is Bajo)(NuevaConstruccion is Bajo) (1)
2. If (CrecimientoPoblacional is Alto) and (Ingresos is Bajo) and (PolíticasPublicas is Adecuado) then (Remodelacion is Medio)(Ampliacion is Bajo)(Rehabilitacion is Medio)(NuevaConstruccion is Bajo) (1)
3. If (CrecimientoPoblacional is Alto) and (Ingresos is Bajo) and (PolíticasPublicas is Suficiente) then (Remodelacion is Medio)(Ampliacion is Bajo)(Rehabilitacion is Medio)(NuevaConstruccion is Bajo) (1)
4. If (CrecimientoPoblacional is Alto) and (Ingresos is Medio) and (PolíticasPublicas is Insuficiente) then (Remodelacion is Medio)(Ampliacion is Bajo)(Rehabilitacion is Medio)(NuevaConstruccion is Bajo) (1)
5. If (CrecimientoPoblacional is Alto) and (Ingresos is Medio) and (PolíticasPublicas is Adecuado) then (Remodelacion is Alto)(Ampliacion is Medio)(Rehabilitacion is Medio)(NuevaConstruccion is Bajo) (1)
6. If (CrecimientoPoblacional is Alto) and (Ingresos is Medio) and (PolíticasPublicas is Suficiente) then (Remodelacion is Alto)(Ampliacion is Medio)(Rehabilitacion is Alto)(NuevaConstruccion is Medio) (1)
7. If (CrecimientoPoblacional is Alto) and (Ingresos is Alto) and (PolíticasPublicas is Insuficiente) then (Remodelacion is Medio)(Ampliacion is Medio)(Rehabilitacion is Medio)(NuevaConstruccion is Medio) (1)
8. If (CrecimientoPoblacional is Alto) and (Ingresos is Alto) and (PolíticasPublicas is Adecuado) then (Remodelacion is Alto)(Ampliacion is Medio)(Rehabilitacion is Alto)(NuevaConstruccion is Medio) (1)
9. If (CrecimientoPoblacional is Alto) and (Ingresos is Alto) and (PolíticasPublicas is Suficiente) then (Remodelacion is Alto)(Ampliacion is Alto)(Rehabilitacion is Alto)(NuevaConstruccion is Alto) (1)

10. If (CrecimientoPoblacional is Medio) and (Ingresos is Bajo) and (PolíticasPublicas is Insuficiente) then (Remodelacion is Medio)(Ampliacion is Bajo)(Rehabilitacion is Medio)(NuevaConstruccion is Bajo) (1)
11. If (CrecimientoPoblacional is Medio) and (Ingresos is Bajo) and (PolíticasPublicas is Adecuado) then (Remodelacion is Medio)(Ampliacion is Medio)(Rehabilitacion is Medio)(NuevaConstruccion is Bajo) (1)
12. If (CrecimientoPoblacional is Medio) and (Ingresos is Bajo) and (PolíticasPublicas is Suficiente) then (Remodelacion is Alto)(Ampliacion is Medio)(Rehabilitacion is Medio)(NuevaConstruccion is Bajo) (1)
13. If (CrecimientoPoblacional is Medio) and (Ingresos is Medio) and (PolíticasPublicas is Insuficiente) then (Remodelacion is Medio)(Ampliacion is Medio)(Rehabilitacion is Medio)(NuevaConstruccion is Bajo) (1)
14. If (CrecimientoPoblacional is Medio) and (Ingresos is Medio) and (PolíticasPublicas is Adecuado) then (Remodelacion is Medio)(Ampliacion is Medio)(Rehabilitacion is Alto)(NuevaConstruccion is Medio) (1)
15. If (CrecimientoPoblacional is Medio) and (Ingresos is Medio) and (PolíticasPublicas is Suficiente) then (Remodelacion is Alto)(Ampliacion is Medio)(Rehabilitacion is Alto)(NuevaConstruccion is Medio) (1)
16. If (CrecimientoPoblacional is Medio) and (Ingresos is Alto) and (PolíticasPublicas is Insuficiente) then (Remodelacion is Medio)(Ampliacion is Medio)(Rehabilitacion is Medio)(NuevaConstruccion is Bajo) (1)
17. If (CrecimientoPoblacional is Medio) and (Ingresos is Alto) and (PolíticasPublicas is Adecuado) then (Remodelacion is Alto)(Ampliacion is Medio)(Rehabilitacion is Alto)(NuevaConstruccion is Medio) (1)
18. If (CrecimientoPoblacional is Medio) and (Ingresos is Alto) and (PolíticasPublicas is Suficiente) then (Remodelacion is Alto)(Ampliacion is Medio)(Rehabilitacion is Alto)(NuevaConstruccion is Medio) (1)
19. If (CrecimientoPoblacional is Bajo) and (Ingresos is Bajo) and (PolíticasPublicas is Insuficiente) then (Remodelacion is Bajo)(Ampliacion is Bajo)(Rehabilitacion is Bajo)(NuevaConstruccion is Bajo) (1)

20. If (CrecimientoPoblacional is Bajo) and (Ingresos is Bajo) and (PolíticasPublicas is Adecuado) then (Remodelacion is Medio)(Ampliacion is Bajo)(Rehabilitacion is Medio)(NuevaConstruccion is Bajo) (1)

21. If (CrecimientoPoblacional is Bajo) and (Ingresos is Bajo) and (PolíticasPublicas is Suficiente) then (Remodelacion is Medio)(Ampliacion is Bajo)(Rehabilitacion is Alto)(NuevaConstruccion is Bajo) (1)

22. If (CrecimientoPoblacional is Bajo) and (Ingresos is Medio) and (PolíticasPublicas is Insuficiente) then (Remodelacion is Bajo)(Ampliacion is Bajo)(Rehabilitacion is Bajo)(NuevaConstruccion is Bajo) (1)

23. If (CrecimientoPoblacional is Bajo) and (Ingresos is Medio) and (PolíticasPublicas is Adecuado) then (Remodelacion is Medio)(Ampliacion is Bajo)(Rehabilitacion is Medio)(NuevaConstruccion is Bajo) (1)

24. If (CrecimientoPoblacional is Bajo) and (Ingresos is Medio) and (PolíticasPublicas is Suficiente) then (Remodelacion is Medio)(Ampliacion is Medio)(Rehabilitacion is Alto)(NuevaConstruccion is Bajo) (1)

25. If (CrecimientoPoblacional is Bajo) and (Ingresos is Alto) and (PolíticasPublicas is Insuficiente) then (Remodelacion is Medio)(Ampliacion is Medio)(Rehabilitacion is Medio)(NuevaConstruccion is Medio) (1)

26. If (CrecimientoPoblacional is Bajo) and (Ingresos is Alto) and (PolíticasPublicas is Adecuado) then (Remodelacion is Medio)(Ampliacion is Medio)(Rehabilitacion is Alto)(NuevaConstruccion is Medio) (1)

27. If (CrecimientoPoblacional is Bajo) and (Ingresos is Alto) and (PolíticasPublicas is Suficiente) then (Remodelacion is Alto)(Ampliacion is Alto)(Rehabilitacion is Alto)(NuevaConstruccion is Medio) (1)

Para FIS 2:

1. If (CrecimientoTurismo is Bajo) and (Ingresos is Bajo) then (Ampliacion is Bajo)(Rehabilitacion is Bajo)(NuevaConstruccion is Bajo) (1)

2. If (CrecimientoTurismo is Bajo) and (Ingresos is Medio) then (Ampliacion is Bajo)(Rehabilitacion is Bajo)(NuevaConstruccion is Bajo) (1)

3. If (CrecimientoTurismo is Bajo) and (Ingresos is Alto) then (Ampliacion is Medio)(Rehabilitacion is Medio)(NuevaConstruccion is Medio) (1)
4. If (CrecimientoTurismo is Medio) and (Ingresos is Bajo) then (Ampliacion is Bajo)(Rehabilitacion is Bajo)(NuevaConstruccion is Bajo) (1)
5. If (CrecimientoTurismo is Medio) and (Ingresos is Medio) then (Ampliacion is Medio)(Rehabilitacion is Bajo)(NuevaConstruccion is Medio) (1)
6. If (CrecimientoTurismo is Medio) and (Ingresos is Alto) then (Ampliacion is Alto)(Rehabilitacion is Medio)(NuevaConstruccion is Alto) (1)
7. If (CrecimientoTurismo is Alto) and (Ingresos is Bajo) then (Ampliacion is Bajo)(Rehabilitacion is Bajo)(NuevaConstruccion is Bajo) (1)
8. If (CrecimientoTurismo is Alto) and (Ingresos is Medio) then (Ampliacion is Medio)(Rehabilitacion is Bajo)(NuevaConstruccion is Medio) (1)
9. If (CrecimientoTurismo is Alto) and (Ingresos is Alto) then (Ampliacion is Alto)(Rehabilitacion is Alto)(NuevaConstruccion is Alto) (1)

Para FIS 3:

1. If (NecesidadViviendas is Alto) and (Ingresos is Bajo) and (PolíticasPublicas is Insuficiente) then (Remodelacion is Bajo)(Ampliacion is Bajo)(Rehabilitacion is Bajo)(NuevaConstruccion is Bajo) (1)
2. If (NecesidadViviendas is Alto) and (Ingresos is Bajo) and (PolíticasPublicas is Adecuado) then (Remodelacion is Medio)(Ampliacion is Bajo)(Rehabilitacion is Medio)(NuevaConstruccion is Bajo) (1)
3. If (NecesidadViviendas is Alto) and (Ingresos is Bajo) and (PolíticasPublicas is Suficiente) then (Remodelacion is Alto)(Ampliacion is Alto)(Rehabilitacion is Medio)(NuevaConstruccion is Medio) (1)
4. If (NecesidadViviendas is Alto) and (Ingresos is Medio) and (PolíticasPublicas is Insuficiente) then (Remodelacion is Medio)(Ampliacion is Bajo)(Rehabilitacion is Medio)(NuevaConstruccion is Bajo) (1)



5. If (NecesidadViviendas is Alto) and (Ingresos is Medio) and (PolíticasPublicas is Adecuado) then (Remodelacion is Alto)(Ampliacion is Medio)(Rehabilitacion is Alto)(NuevaConstruccion is Medio) (1)
6. If (NecesidadViviendas is Alto) and (Ingresos is Medio) and (PolíticasPublicas is Suficiente) then (Remodelacion is Alto)(Ampliacion is Medio)(Rehabilitacion is Alto)(NuevaConstruccion is Alto) (1)
7. If (NecesidadViviendas is Alto) and (Ingresos is Alto) and (PolíticasPublicas is Insuficiente) then (Remodelacion is Alto)(Ampliacion is Medio)(Rehabilitacion is Alto)(NuevaConstruccion is Alto) (1)
8. If (NecesidadViviendas is Alto) and (Ingresos is Alto) and (PolíticasPublicas is Adecuado) then (Remodelacion is Alto)(Ampliacion is Medio)(Rehabilitacion is Alto)(NuevaConstruccion is Alto) (1)
9. If (NecesidadViviendas is Alto) and (Ingresos is Alto) and (PolíticasPublicas is Suficiente) then (Remodelacion is Alto)(Ampliacion is Alto)(Rehabilitacion is Alto)(NuevaConstruccion is Alto) (1)
10. If (NecesidadViviendas is Medio) and (Ingresos is Bajo) and (PolíticasPublicas is Insuficiente) then (Remodelacion is Bajo)(Ampliacion is Bajo)(Rehabilitacion is Bajo)(NuevaConstruccion is Bajo) (1)
11. If (NecesidadViviendas is Medio) and (Ingresos is Bajo) and (PolíticasPublicas is Adecuado) then (Remodelacion is Medio)(Ampliacion is Bajo)(Rehabilitacion is Medio)(NuevaConstruccion is Bajo) (1)
12. If (NecesidadViviendas is Medio) and (Ingresos is Bajo) and (PolíticasPublicas is Suficiente) then (Remodelacion is Medio)(Ampliacion is Bajo)(Rehabilitacion is Alto)(NuevaConstruccion is Medio) (1)
13. If (NecesidadViviendas is Medio) and (Ingresos is Medio) and (PolíticasPublicas is Insuficiente) then (Remodelacion is Bajo)(Ampliacion is Bajo)(Rehabilitacion is Medio)(NuevaConstruccion is Bajo) (1)
14. If (NecesidadViviendas is Medio) and (Ingresos is Medio) and (PolíticasPublicas is Adecuado) then (Remodelacion is Medio)(Ampliacion is Bajo)(Rehabilitacion is Alto)(NuevaConstruccion is Medio) (1)

15. If (NecesidadViviendas is Medio) and (Ingresos is Medio) and (PolíticasPublicas is Suficiente) then (Remodelacion is Alto)(Ampliacion is Medio)(Rehabilitacion is Alto)(NuevaConstruccion is Alto) (1)

16. If (NecesidadViviendas is Medio) and (Ingresos is Alto) and (PolíticasPublicas is Insuficiente) then (Remodelacion is Medio)(Ampliacion is Bajo)(Rehabilitacion is Medio)(NuevaConstruccion is Bajo) (1)

17. If (NecesidadViviendas is Medio) and (Ingresos is Alto) and (PolíticasPublicas is Adecuado) then (Remodelacion is Medio)(Ampliacion is Bajo)(Rehabilitacion is Alto)(NuevaConstruccion is Medio) (1)

18. If (NecesidadViviendas is Medio) and (Ingresos is Alto) and (PolíticasPublicas is Suficiente) then (Remodelacion is Alto)(Ampliacion is Medio)(Rehabilitacion is Alto)(NuevaConstruccion is Alto) (1)

19. If (NecesidadViviendas is Bajo) and (Ingresos is Bajo) and (PolíticasPublicas is Insuficiente) then (Remodelacion is Bajo)(Ampliacion is Bajo)(Rehabilitacion is Bajo)(NuevaConstruccion is Bajo) (1)

20. If (NecesidadViviendas is Bajo) and (Ingresos is Bajo) and (PolíticasPublicas is Adecuado) then (Remodelacion is Medio)(Ampliacion is Bajo)(Rehabilitacion is Medio)(NuevaConstruccion is Bajo) (1)

21. If (NecesidadViviendas is Bajo) and (Ingresos is Bajo) and (PolíticasPublicas is Suficiente) then (Remodelacion is Medio)(Ampliacion is Bajo)(Rehabilitacion is Alto)(NuevaConstruccion is Medio) (1)

22. If (NecesidadViviendas is Bajo) and (Ingresos is Medio) and (PolíticasPublicas is Insuficiente) then (Remodelacion is Medio)(Ampliacion is Medio)(Rehabilitacion is Medio)(NuevaConstruccion is Medio) (1)

23. If (NecesidadViviendas is Bajo) and (Ingresos is Medio) and (PolíticasPublicas is Adecuado) then (Remodelacion is Alto)(Ampliacion is Medio)(Rehabilitacion is Medio)(NuevaConstruccion is Medio) (1)

24. If (NecesidadViviendas is Bajo) and (Ingresos is Medio) and (PolíticasPublicas is Suficiente) then (Remodelacion is Alto)(Ampliacion is Medio)(Rehabilitacion is Medio)(NuevaConstruccion is Alto) (1)

25. If (NecesidadViviendas is Bajo) and (Ingresos is Alto) and (PolíticasPublicas is Insuficiente) then (Remodelacion is Medio)(Ampliacion is Medio)(Rehabilitacion is Medio)(NuevaConstruccion is Medio) (1)

26. If (NecesidadViviendas is Bajo) and (Ingresos is Alto) and (PolíticasPublicas is Adecuado) then (Remodelacion is Alto)(Ampliacion is Medio)(Rehabilitacion is Alto)(NuevaConstruccion is Medio) (1)

27. If (NecesidadViviendas is Bajo) and (Ingresos is Alto) and (PolíticasPublicas is Suficiente) then (Remodelacion is Alto)(Ampliacion is Alto)(Rehabilitacion is Alto)(NuevaConstruccion is Alto) (1)

Para FIS 4:

1. If (NecesidadViviendas is Alto) and (ViviendasAfectadasDesastresNaturales is Bajo) and (PolíticasPublicas is Insuficiente) and (Ingresos is Bajo) then (Remodelacion is Bajo)(Ampliacion is Bajo)(Rehabilitacion is Bajo)(NuevaConstruccion is Bajo) (1)

2. If (NecesidadViviendas is Alto) and (ViviendasAfectadasDesastresNaturales is Bajo) and (PolíticasPublicas is Insuficiente) and (Ingresos is Medio) then (Remodelacion is Bajo)(Ampliacion is Bajo)(Rehabilitacion is Bajo)(NuevaConstruccion is Bajo) (1)

3. If (NecesidadViviendas is Alto) and (ViviendasAfectadasDesastresNaturales is Bajo) and (PolíticasPublicas is Insuficiente) and (Ingresos is Alto) then (Remodelacion is Medio)(Ampliacion is Bajo)(Rehabilitacion is Medio)(NuevaConstruccion is Bajo) (1)

4. If (NecesidadViviendas is Alto) and (ViviendasAfectadasDesastresNaturales is Bajo) and (PolíticasPublicas is Moderado) and (Ingresos is Bajo) then (Remodelacion is Bajo)(Ampliacion is Bajo)(Rehabilitacion is Medio)(NuevaConstruccion is Bajo) (1)

5. If (NecesidadViviendas is Alto) and (ViviendasAfectadasDesastresNaturales is Bajo) and (PolíticasPublicas is Moderado) and (Ingresos is Medio) then (Remodelacion is Medio)(Ampliacion is Bajo)(Rehabilitacion is Medio)(NuevaConstruccion is Bajo) (1)

6. If (NecesidadViviendas is Alto) and (ViviendasAfectadasDesastresNaturales is Bajo) and (PolíticasPublicas is Moderado) and (Ingresos is Alto) then (Remodelacion is Alto)(Ampliacion is Alto)(Rehabilitacion is Alto)(NuevaConstruccion is Alto) (1)

7. If (NecesidadViviendas is Alto) and (ViviendasAfectadasDesastresNaturales is Bajo) and (PoliticasyPublicas is Suficiente) and (Ingresos is Bajo) then (Remodelacion is Medio)(Ampliacion is Medio)(Rehabilitacion is Alto)(NuevaConstruccion is Medio) (1)
8. If (NecesidadViviendas is Alto) and (ViviendasAfectadasDesastresNaturales is Bajo) and (PoliticasyPublicas is Suficiente) and (Ingresos is Medio) then (Remodelacion is Alto)(Ampliacion is Alto)(Rehabilitacion is Alto)(NuevaConstruccion is Alto) (1)
9. If (NecesidadViviendas is Alto) and (ViviendasAfectadasDesastresNaturales is Bajo) and (PoliticasyPublicas is Suficiente) and (Ingresos is Alto) then (Remodelacion is Alto)(Ampliacion is Alto)(Rehabilitacion is Alto)(NuevaConstruccion is Alto) (1)
10. If (NecesidadViviendas is Alto) and (ViviendasAfectadasDesastresNaturales is Medio) and (PoliticasyPublicas is Insuficiente) and (Ingresos is Bajo) then (Remodelacion is Medio)(Ampliacion is Bajo)(Rehabilitacion is Medio)(NuevaConstruccion is Medio) (1)
11. If (NecesidadViviendas is Alto) and (ViviendasAfectadasDesastresNaturales is Medio) and (PoliticasyPublicas is Insuficiente) and (Ingresos is Medio) then (Remodelacion is Medio)(Ampliacion is Bajo)(Rehabilitacion is Medio)(NuevaConstruccion is Medio) (1)
12. If (NecesidadViviendas is Alto) and (ViviendasAfectadasDesastresNaturales is Medio) and (PoliticasyPublicas is Insuficiente) and (Ingresos is Alto) then (Remodelacion is Alto)(Ampliacion is Medio)(Rehabilitacion is Alto)(NuevaConstruccion is Medio) (1)
13. If (NecesidadViviendas is Alto) and (ViviendasAfectadasDesastresNaturales is Medio) and (PoliticasyPublicas is Moderado) and (Ingresos is Bajo) then (Remodelacion is Medio)(Ampliacion is Medio)(Rehabilitacion is Medio)(NuevaConstruccion is Medio) (1)
14. If (NecesidadViviendas is Alto) and (ViviendasAfectadasDesastresNaturales is Medio) and (PoliticasyPublicas is Moderado) and (Ingresos is Medio) then (Remodelacion is Alto)(Ampliacion is Medio)(Rehabilitacion is Alto)(NuevaConstruccion is Medio) (1)
15. If (NecesidadViviendas is Alto) and (ViviendasAfectadasDesastresNaturales is Medio) and (PoliticasyPublicas is Moderado) and (Ingresos is Alto) then (Remodelacion is Alto)(Ampliacion is Alto)(Rehabilitacion is Alto)(NuevaConstruccion is Alto) (1)
16. If (NecesidadViviendas is Alto) and (ViviendasAfectadasDesastresNaturales is Medio) and (PoliticasyPublicas is Suficiente) and (Ingresos is Bajo) then (Remodelacion is Medio)(Ampliacion is Medio)(Rehabilitacion is Medio)(NuevaConstruccion is Medio) (1)

17. If (NecesidadViviendas is Alto) and (ViviendasAfectadasDesastresNaturales is Medio) and (PolíticasPublicas is Suficiente) and (Ingresos is Medio) then (Remodelacion is Alto)(Ampliacion is Medio)(Rehabilitacion is Alto)(NuevaConstruccion is Medio) (1)
18. If (NecesidadViviendas is Alto) and (ViviendasAfectadasDesastresNaturales is Medio) and (PolíticasPublicas is Suficiente) and (Ingresos is Alto) then (Remodelacion is Alto)(Ampliacion is Alto)(Rehabilitacion is Alto)(NuevaConstruccion is Alto) (1)
19. If (NecesidadViviendas is Alto) and (ViviendasAfectadasDesastresNaturales is Alto) and (PolíticasPublicas is Insuficiente) and (Ingresos is Bajo) then (Remodelacion is Bajo)(Ampliacion is Bajo)(Rehabilitacion is Bajo)(NuevaConstruccion is Bajo) (1)
20. If (NecesidadViviendas is Alto) and (ViviendasAfectadasDesastresNaturales is Alto) and (PolíticasPublicas is Insuficiente) and (Ingresos is Medio) then (Remodelacion is Medio)(Ampliacion is Bajo)(Rehabilitacion is Medio)(NuevaConstruccion is Bajo) (1)
21. If (NecesidadViviendas is Alto) and (ViviendasAfectadasDesastresNaturales is Alto) and (PolíticasPublicas is Insuficiente) and (Ingresos is Alto) then (Remodelacion is Alto)(Ampliacion is Alto)(Rehabilitacion is Alto)(NuevaConstruccion is Alto) (1)
22. If (NecesidadViviendas is Alto) and (ViviendasAfectadasDesastresNaturales is Alto) and (PolíticasPublicas is Moderado) and (Ingresos is Bajo) then (Remodelacion is Alto)(Ampliacion is Alto)(Rehabilitacion is Alto)(NuevaConstruccion is Medio) (1)
23. If (NecesidadViviendas is Alto) and (ViviendasAfectadasDesastresNaturales is Alto) and (PolíticasPublicas is Moderado) and (Ingresos is Medio) then (Remodelacion is Alto)(Ampliacion is Alto)(Rehabilitacion is Alto)(NuevaConstruccion is Medio) (1)
24. If (NecesidadViviendas is Alto) and (ViviendasAfectadasDesastresNaturales is Alto) and (PolíticasPublicas is Moderado) and (Ingresos is Alto) then (Remodelacion is Alto)(Ampliacion is Alto)(Rehabilitacion is Alto)(NuevaConstruccion is Alto) (1)
25. If (NecesidadViviendas is Alto) and (ViviendasAfectadasDesastresNaturales is Alto) and (PolíticasPublicas is Suficiente) and (Ingresos is Bajo) then (Remodelacion is Alto)(Ampliacion is Alto)(Rehabilitacion is Alto)(NuevaConstruccion is Medio) (1)
26. If (NecesidadViviendas is Alto) and (ViviendasAfectadasDesastresNaturales is Alto) and (PolíticasPublicas is Suficiente) and (Ingresos is Medio) then (Remodelacion is Alto)(Ampliacion is Alto)(Rehabilitacion is Alto)(NuevaConstruccion is Alto) (1)

27. If (NecesidadViviendas is Alto) and (ViviendasAfectadasDesastresNaturales is Alto) and (PolíticasPublicas is Suficiente) and (Ingresos is Alto) then (Remodelacion is Alto)(Ampliacion is Alto)(Rehabilitacion is Alto)(NuevaConstruccion is Alto) (1)
28. If (NecesidadViviendas is Medio) and (ViviendasAfectadasDesastresNaturales is Bajo) and (PolíticasPublicas is Insuficiente) and (Ingresos is Bajo) then (Remodelacion is Bajo)(Ampliacion is Bajo)(Rehabilitacion is Bajo)(NuevaConstruccion is Bajo) (1)
29. If (NecesidadViviendas is Medio) and (ViviendasAfectadasDesastresNaturales is Bajo) and (PolíticasPublicas is Insuficiente) and (Ingresos is Medio) then (Remodelacion is Bajo)(Ampliacion is Bajo)(Rehabilitacion is Bajo)(NuevaConstruccion is Bajo) (1)
30. If (NecesidadViviendas is Medio) and (ViviendasAfectadasDesastresNaturales is Bajo) and (PolíticasPublicas is Insuficiente) and (Ingresos is Alto) then (Remodelacion is Medio)(Ampliacion is Bajo)(Rehabilitacion is Medio)(NuevaConstruccion is Bajo) (1)
31. If (NecesidadViviendas is Medio) and (ViviendasAfectadasDesastresNaturales is Bajo) and (PolíticasPublicas is Moderado) and (Ingresos is Bajo) then (Remodelacion is Medio)(Ampliacion is Bajo)(Rehabilitacion is Medio)(NuevaConstruccion is Bajo) (1)
32. If (NecesidadViviendas is Medio) and (ViviendasAfectadasDesastresNaturales is Bajo) and (PolíticasPublicas is Moderado) and (Ingresos is Medio) then (Remodelacion is Medio)(Ampliacion is Medio)(Rehabilitacion is Medio)(NuevaConstruccion is Bajo) (1)
33. If (NecesidadViviendas is Medio) and (ViviendasAfectadasDesastresNaturales is Bajo) and (PolíticasPublicas is Moderado) and (Ingresos is Alto) then (Remodelacion is Alto)(Ampliacion is Alto)(Rehabilitacion is Alto)(NuevaConstruccion is Medio) (1)
34. If (NecesidadViviendas is Medio) and (ViviendasAfectadasDesastresNaturales is Bajo) and (PolíticasPublicas is Suficiente) and (Ingresos is Bajo) then (Remodelacion is Medio)(Ampliacion is Medio)(Rehabilitacion is Medio)(NuevaConstruccion is Medio) (1)
35. If (NecesidadViviendas is Medio) and (ViviendasAfectadasDesastresNaturales is Bajo) and (PolíticasPublicas is Suficiente) and (Ingresos is Medio) then (Remodelacion is Alto)(Ampliacion is Medio)(Rehabilitacion is Alto)(NuevaConstruccion is Medio) (1)
36. If (NecesidadViviendas is Medio) and (ViviendasAfectadasDesastresNaturales is Bajo) and (PolíticasPublicas is Suficiente) and (Ingresos is Alto) then (Remodelacion is Alto)(Ampliacion is Alto)(Rehabilitacion is Alto)(NuevaConstruccion is Alto) (1)

37. If (NecesidadViviendas is Medio) and (ViviendasAfectadasDesastresNaturales is Medio) and (PolíticasPublicas is Insuficiente) and (Ingresos is Bajo) then (Remodelacion is Bajo)(Ampliacion is Bajo)(Rehabilitacion is Bajo)(NuevaConstruccion is Bajo) (1)
38. If (NecesidadViviendas is Medio) and (ViviendasAfectadasDesastresNaturales is Medio) and (PolíticasPublicas is Insuficiente) and (Ingresos is Medio) then (Remodelacion is Medio)(Ampliacion is Bajo)(Rehabilitacion is Medio)(NuevaConstruccion is Bajo) (1)
39. If (NecesidadViviendas is Medio) and (ViviendasAfectadasDesastresNaturales is Medio) and (PolíticasPublicas is Insuficiente) and (Ingresos is Alto) then (Remodelacion is Alto)(Ampliacion is Medio)(Rehabilitacion is Alto)(NuevaConstruccion is Medio) (1)
40. If (NecesidadViviendas is Medio) and (ViviendasAfectadasDesastresNaturales is Medio) and (PolíticasPublicas is Moderado) and (Ingresos is Bajo) then (Remodelacion is Bajo)(Ampliacion is Medio)(Rehabilitacion is Bajo)(NuevaConstruccion is Bajo) (1)
41. If (NecesidadViviendas is Medio) and (ViviendasAfectadasDesastresNaturales is Medio) and (PolíticasPublicas is Moderado) and (Ingresos is Medio) then (Remodelacion is Medio)(Ampliacion is Medio)(Rehabilitacion is Medio)(NuevaConstruccion is Medio) (1)
42. If (NecesidadViviendas is Medio) and (ViviendasAfectadasDesastresNaturales is Medio) and (PolíticasPublicas is Moderado) and (Ingresos is Alto) then (Remodelacion is Alto)(Ampliacion is Alto)(Rehabilitacion is Alto)(NuevaConstruccion is Alto) (1)
43. If (NecesidadViviendas is Medio) and (ViviendasAfectadasDesastresNaturales is Medio) and (PolíticasPublicas is Suficiente) and (Ingresos is Bajo) then (Remodelacion is Medio)(Ampliacion is Medio)(Rehabilitacion is Medio)(NuevaConstruccion is Medio) (1)
44. If (NecesidadViviendas is Medio) and (ViviendasAfectadasDesastresNaturales is Medio) and (PolíticasPublicas is Suficiente) and (Ingresos is Medio) then (Remodelacion is Alto)(Ampliacion is Medio)(Rehabilitacion is Alto)(NuevaConstruccion is Medio) (1)
45. If (NecesidadViviendas is Medio) and (ViviendasAfectadasDesastresNaturales is Medio) and (PolíticasPublicas is Suficiente) and (Ingresos is Alto) then (Remodelacion is Alto)(Ampliacion is Alto)(Rehabilitacion is Alto)(NuevaConstruccion is Alto) (1)
46. If (NecesidadViviendas is Medio) and (ViviendasAfectadasDesastresNaturales is Alto) and (PolíticasPublicas is Insuficiente) and (Ingresos is Bajo) then (Remodelacion is Bajo)(Ampliacion is Bajo)(Rehabilitacion is Bajo)(NuevaConstruccion is Bajo) (1)

47. If (NecesidadViviendas is Medio) and (ViviendasAfectadasDesastresNaturales is Alto) and (PolíticasPublicas is Insuficiente) and (Ingresos is Medio) then (Remodelacion is Medio)(Ampliacion is Bajo)(Rehabilitacion is Medio)(NuevaConstruccion is Bajo) (1)
48. If (NecesidadViviendas is Medio) and (ViviendasAfectadasDesastresNaturales is Alto) and (PolíticasPublicas is Insuficiente) and (Ingresos is Alto) then (Remodelacion is Alto)(Ampliacion is Alto)(Rehabilitacion is Alto)(NuevaConstruccion is Medio) (1)
49. If (NecesidadViviendas is Medio) and (ViviendasAfectadasDesastresNaturales is Alto) and (PolíticasPublicas is Moderado) and (Ingresos is Bajo) then (Remodelacion is Medio)(Ampliacion is Bajo)(Rehabilitacion is Medio)(NuevaConstruccion is Bajo) (1)
50. If (NecesidadViviendas is Medio) and (ViviendasAfectadasDesastresNaturales is Alto) and (PolíticasPublicas is Moderado) and (Ingresos is Medio) then (Remodelacion is Medio)(Ampliacion is Medio)(Rehabilitacion is Medio)(NuevaConstruccion is Medio) (1)
51. If (NecesidadViviendas is Medio) and (ViviendasAfectadasDesastresNaturales is Alto) and (PolíticasPublicas is Moderado) and (Ingresos is Alto) then (Remodelacion is Alto)(Ampliacion is Alto)(Rehabilitacion is Alto)(NuevaConstruccion is Alto) (1)
52. If (NecesidadViviendas is Medio) and (ViviendasAfectadasDesastresNaturales is Alto) and (PolíticasPublicas is Suficiente) and (Ingresos is Bajo) then (Remodelacion is Medio)(Ampliacion is Medio)(Rehabilitacion is Medio)(NuevaConstruccion is Medio) (1)
53. If (NecesidadViviendas is Medio) and (ViviendasAfectadasDesastresNaturales is Alto) and (PolíticasPublicas is Suficiente) and (Ingresos is Medio) then (Remodelacion is Alto)(Ampliacion is Alto)(Rehabilitacion is Alto)(NuevaConstruccion is Alto) (1)
54. If (NecesidadViviendas is Medio) and (ViviendasAfectadasDesastresNaturales is Alto) and (PolíticasPublicas is Suficiente) and (Ingresos is Alto) then (Remodelacion is Alto)(Ampliacion is Alto)(Rehabilitacion is Alto)(NuevaConstruccion is Alto) (1)
55. If (NecesidadViviendas is Bajo) and (ViviendasAfectadasDesastresNaturales is Bajo) and (PolíticasPublicas is Insuficiente) and (Ingresos is Bajo) then (Remodelacion is Bajo)(Ampliacion is Bajo)(Rehabilitacion is Bajo)(NuevaConstruccion is Bajo) (1)
56. If (NecesidadViviendas is Bajo) and (ViviendasAfectadasDesastresNaturales is Bajo) and (PolíticasPublicas is Insuficiente) and (Ingresos is Medio) then (Remodelacion is Medio)(Ampliacion is Bajo)(Rehabilitacion is Medio)(NuevaConstruccion is Bajo) (1)



57. If (NecesidadViviendas is Bajo) and (ViviendasAfectadasDesastresNaturales is Bajo) and (PoliticasyPublicas is Insuficiente) and (Ingresos is Alto) then (Remodelacion is Alto)(Ampliacion is Bajo)(Rehabilitacion is Alto)(NuevaConstruccion is Bajo) (1)

58. If (NecesidadViviendas is Bajo) and (ViviendasAfectadasDesastresNaturales is Bajo) and (PoliticasyPublicas is Moderado) and (Ingresos is Bajo) then (Remodelacion is Bajo)(Ampliacion is Bajo)(Rehabilitacion is Bajo)(NuevaConstruccion is Bajo) (1)

59. If (NecesidadViviendas is Bajo) and (ViviendasAfectadasDesastresNaturales is Bajo) and (PoliticasyPublicas is Moderado) and (Ingresos is Medio) then (Remodelacion is Bajo)(Ampliacion is Bajo)(Rehabilitacion is Medio)(NuevaConstruccion is Bajo) (1)

60. If (NecesidadViviendas is Bajo) and (ViviendasAfectadasDesastresNaturales is Bajo) and (PoliticasyPublicas is Moderado) and (Ingresos is Alto) then (Remodelacion is Medio)(Ampliacion is Bajo)(Rehabilitacion is Alto)(NuevaConstruccion is Bajo) (1)

61. If (NecesidadViviendas is Bajo) and (ViviendasAfectadasDesastresNaturales is Bajo) and (PoliticasyPublicas is Suficiente) and (Ingresos is Bajo) then (Remodelacion is Medio)(Ampliacion is Medio)(Rehabilitacion is Medio)(NuevaConstruccion is Bajo) (1)

62. If (NecesidadViviendas is Bajo) and (ViviendasAfectadasDesastresNaturales is Bajo) and (PoliticasyPublicas is Suficiente) and (Ingresos is Medio) then (Remodelacion is Alto)(Ampliacion is Medio)(Rehabilitacion is Alto)(NuevaConstruccion is Bajo) (1)

63. If (NecesidadViviendas is Bajo) and (ViviendasAfectadasDesastresNaturales is Bajo) and (PoliticasyPublicas is Suficiente) and (Ingresos is Alto) then (Remodelacion is Alto)(Ampliacion is Medio)(Rehabilitacion is Alto)(NuevaConstruccion is Medio) (1)

64. If (NecesidadViviendas is Bajo) and (ViviendasAfectadasDesastresNaturales is Medio) and (PoliticasyPublicas is Insuficiente) and (Ingresos is Bajo) then (Remodelacion is Bajo)(Ampliacion is Bajo)(Rehabilitacion is Bajo)(NuevaConstruccion is Bajo) (1)

65. If (NecesidadViviendas is Bajo) and (ViviendasAfectadasDesastresNaturales is Medio) and (PoliticasyPublicas is Insuficiente) and (Ingresos is Medio) then (Remodelacion is Medio)(Ampliacion is Bajo)(Rehabilitacion is Medio)(NuevaConstruccion is Bajo) (1)

66. If (NecesidadViviendas is Bajo) and (ViviendasAfectadasDesastresNaturales is Medio) and (PoliticasyPublicas is Insuficiente) and (Ingresos is Alto) then (Remodelacion is Alto)(Ampliacion is Medio)(Rehabilitacion is Alto)(NuevaConstruccion is Medio) (1)

67. If (NecesidadViviendas is Bajo) and (ViviendasAfectadasDesastresNaturales is Medio) and (PolíticasPublicas is Moderado) and (Ingresos is Bajo) then (Remodelacion is Medio)(Ampliacion is Bajo)(Rehabilitacion is Medio)(NuevaConstruccion is Bajo) (1)

68. If (NecesidadViviendas is Bajo) and (ViviendasAfectadasDesastresNaturales is Medio) and (PolíticasPublicas is Moderado) and (Ingresos is Medio) then (Remodelacion is Alto)(Ampliacion is Bajo)(Rehabilitacion is Alto)(NuevaConstruccion is Medio) (1)

69. If (NecesidadViviendas is Bajo) and (ViviendasAfectadasDesastresNaturales is Medio) and (PolíticasPublicas is Moderado) and (Ingresos is Alto) then (Remodelacion is Alto)(Ampliacion is Medio)(Rehabilitacion is Alto)(NuevaConstruccion is Medio) (1)

70. If (NecesidadViviendas is Bajo) and (ViviendasAfectadasDesastresNaturales is Medio) and (PolíticasPublicas is Suficiente) and (Ingresos is Bajo) then (Remodelacion is Alto)(Ampliacion is Medio)(Rehabilitacion is Alto)(NuevaConstruccion is Alto) (1)

71. If (NecesidadViviendas is Bajo) and (ViviendasAfectadasDesastresNaturales is Medio) and (PolíticasPublicas is Suficiente) and (Ingresos is Medio) then (Remodelacion is Alto)(Ampliacion is Medio)(Rehabilitacion is Alto)(NuevaConstruccion is Alto) (1)

72. If (NecesidadViviendas is Bajo) and (ViviendasAfectadasDesastresNaturales is Medio) and (PolíticasPublicas is Suficiente) and (Ingresos is Alto) then (Remodelacion is Alto)(Ampliacion is Medio)(Rehabilitacion is Alto)(NuevaConstruccion is Alto) (1)

73. If (NecesidadViviendas is Bajo) and (ViviendasAfectadasDesastresNaturales is Alto) and (PolíticasPublicas is Insuficiente) and (Ingresos is Bajo) then (Remodelacion is Bajo)(Ampliacion is Bajo)(Rehabilitacion is Bajo)(NuevaConstruccion is Bajo) (1)

74. If (NecesidadViviendas is Bajo) and (ViviendasAfectadasDesastresNaturales is Alto) and (PolíticasPublicas is Insuficiente) and (Ingresos is Medio) then (Remodelacion is Bajo)(Ampliacion is Bajo)(Rehabilitacion is Medio)(NuevaConstruccion is Bajo) (1)

75. If (NecesidadViviendas is Bajo) and (ViviendasAfectadasDesastresNaturales is Alto) and (PolíticasPublicas is Insuficiente) and (Ingresos is Alto) then (Remodelacion is Medio)(Ampliacion is Bajo)(Rehabilitacion is Alto)(NuevaConstruccion is Medio) (1)

76. If (NecesidadViviendas is Bajo) and (ViviendasAfectadasDesastresNaturales is Alto) and (PolíticasPublicas is Moderado) and (Ingresos is Bajo) then (Remodelacion is Medio)(Ampliacion is Bajo)(Rehabilitacion is Medio)(NuevaConstruccion is Medio) (1)

77. If (NecesidadViviendas is Bajo) and (ViviendasAfectadasDesastresNaturales is Alto) and (PolíticasPublicas is Moderado) and (Ingresos is Medio) then (Remodelacion is Medio)(Ampliacion is Medio)(Rehabilitacion is Alto)(NuevaConstruccion is Medio) (1)

78. If (NecesidadViviendas is Bajo) and (ViviendasAfectadasDesastresNaturales is Alto) and (PolíticasPublicas is Moderado) and (Ingresos is Alto) then (Remodelacion is Alto)(Ampliacion is Medio)(Rehabilitacion is Alto)(NuevaConstruccion is Alto) (1)

79. If (NecesidadViviendas is Bajo) and (ViviendasAfectadasDesastresNaturales is Alto) and (PolíticasPublicas is Suficiente) and (Ingresos is Bajo) then (Remodelacion is Medio)(Ampliacion is Medio)(Rehabilitacion is Medio)(NuevaConstruccion is Medio) (1)

80. If (NecesidadViviendas is Bajo) and (ViviendasAfectadasDesastresNaturales is Alto) and (PolíticasPublicas is Suficiente) and (Ingresos is Medio) then (Remodelacion is Alto)(Ampliacion is Medio)(Rehabilitacion is Alto)(NuevaConstruccion is Alto) (1)

81. If (NecesidadViviendas is Bajo) and (ViviendasAfectadasDesastresNaturales is Alto) and (PolíticasPublicas is Suficiente) and (Ingresos is Alto) then (Remodelacion is Alto)(Ampliacion is Medio)(Rehabilitacion is Alto)(NuevaConstruccion is Alto) (1)