

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA
FACULTAD DE CIENCIAS AGROALIMENTARIAS
ESCUELA DE ECONOMÍA AGRÍCOLA Y AGRONEGOCIOS

“Efecto de la inclusión de las variables distancia a estación del tren y cobertura móvil sobre un modelo de valoración regional de la tierra en el cantón de Oreamuno: un enfoque econométrico para la valoración fiscal.”

Informe del Proyecto de Graduación para optar al grado académico de licenciatura en Economía Agrícola y Agronegocios con Énfasis en Agroambiente.

Sergio Alejandro Ulate Gómez.

Carné: A55729

San José, Costa Rica

Setiembre, 2020

Hoja De Aprobación

Este Trabajo Final de Graduación presentado el día 30 de setiembre de 2020 a las 10:00 a.m., a través de presentación virtual vía Zoom. Reunión 961 4185 7267, Código de acceso: 421921, para optar por el grado académico de Licenciatura en Economía Agrícola y Agronegocios con énfasis en Agroambiente, ante el siguiente tribunal examinador:



MGA. Enrique Montenegro Hidalgo
Presidente

Director de la Escuela de Economía Agrícola y Agronegocios



MBA. Javier Paniagua Molina
Director del Proyecto de Graduación



MEE. Johanna Solórzano Thompson
Miembro del Tribunal



MSc. William Maroto Pérez
Miembro del Tribunal



Lic. Nelson Ricardo Ramírez Sánchez
Miembro del Tribunal



Sergio Alejandro Ullate Gomez
Postulante

Dedicatoria

Este trabajo lo dedico a Nati y a Jimenita, que me acompañaron durante todo el proceso. Especialmente a Jimena, cuyo nacimiento fue el principal motivo para trabajar el doble de fuerte en concluir esta etapa final, y alcanzar el título para darle un ejemplo de superación.

Agradecimientos

A Dios, por un proyecto más de vida, por todas las lecciones aprendidas durante este proceso, y por el crecimiento profesional que esto conlleva.

A mi esposa, Natalia, por impulsarme a superarme continuamente y su apoyo incondicional durante este largo proceso. A mis padres y mi familia, por apoyarme en todo momento y estar al pendiente de como avanzaban mis estudios.

A cada una de las personas que me han ayudado en cuidar de mi hija mientras yo he trabajado en el desarrollo de este documento.

Sergio Alejandro Ulate Gómez.

Resumen

Este trabajo aborda el desarrollo de una nueva propuesta de modelo de valoración de propiedades para efectos fiscales, tomando como base las variables que plantea el modelo de valoración del Órgano de Normalización Técnica (ONT). Resulta importante señalar que el modelo de la ONT tiene más de 20 años sin actualizarse y que además maneja factores que están dados a nivel nacional. Es por lo anterior, que la presente tesis propuso la inclusión de dos nuevas variables al modelo existente para generar así un nuevo modelo de valoración regional para el cantón de Oreamuno.

A partir del trabajo de valoración de la nueva propuesta de modelo de regresión, fue posible constatar la importancia de las variables: distancia a la estación del tren y cobertura móvil, la cuales responden significativamente al momento de explicar el valor de la tierra para efectos fiscales. El modelo resultó estadísticamente significativo (p-valor de 0.0000), y presenta un R^2 Ajustado que explica aproximadamente un 99.36 % la variabilidad del precio de la tierra por medio de las variables existentes y las dos nuevas variables incluidas.

Como principales resultados se obtuvieron los coeficientes de las variables propias del cantón de Oreamuno, los cuales mantienen cierta similitud con algunos de los coeficientes del modelo nacional. Asimismo, los coeficientes de las nuevas variables propuestas corresponden a -0.0558 para la distancia a la estación del tren y 0.6682 para cobertura móvil. El resultado obtenido refleja factores importantes que explican el valor de la tierra y que se considera deben ser tomados en cuenta para ser incluidos en un nuevo modelo de valoración fiscal.

Tabla de contenido

Hoja De Aprobación	ii
Dedicatoria	iii
Agradecimientos	iv
Resumen.....	v
1. Introducción	1
1.1. Descripción Del Problema	3
2. Justificación	4
3. Objetivos	8
3.1. Objetivo General	8
3.2. Objetivos Específicos	8
4. Marco De Referencia.....	9
4.1. Ubicación Geográfica Del Proyecto.....	9
4.2. Marco De Antecedentes.....	10
4.3. Marco Teórico Conceptual	19
4.3.1. Modelos de Valoración	19
4.3.2. El Modelo Econométrico o Análisis de Regresión	20
4.3.3. Obtención del Modelo de Regresión	21
4.3.4. El Método de Mínimos Cuadrados Generalizados Factibles (MCGF).....	27
4.3.5. Método de Factores de Ajuste.....	30
4.3.5.1. Factor de Extensión.....	32
4.3.5.2. Factor de Frente.....	34
4.3.5.3. Factor de Regularidad.....	35
4.3.5.4. Factor de Pendiente.....	36
4.3.5.5. Factor de Nivel.....	37
4.3.5.6. Factor de Tipo de Vía.....	37
4.3.5.7. Factor de Servicios Públicos.....	38
4.3.5.8. Factor de Ubicación.....	41
4.3.5.9. Distancia al predio.....	42
4.3.5.10. Cobertura Móvil.....	43
4.3.6. El Método de los Precios Hedónicos.....	46

5. Diseño Metodológico	48
5.1. Tipo de Investigación	48
5.2. Recopilación de Información Básica del Cantón de Oreamuno	48
5.3. Recolección de Datos de Ventas de Propiedades	51
5.4. Utilización del Programa Estadístico	52
5.5. Formulación Matemática del Modelo de Valoración	53
5.6. Obtención del Valor Unitario del Inmueble	53
5.7. Análisis Financiero del Modelo de Regresión Propuesto	54
5.8. Operacionalización de las Variables	54
6. Resultados	56
6.1. Caracterización de las Variables	56
<i>6.1.1. Distancia a la Estación del Tren</i>	56
<i>6.1.2. Cobertura Móvil</i>	57
6.2. Estimación del Modelo Regional con la Inclusión de las Nuevas Variables	61
<i>6.2.1. Recolección de datos de propiedades en venta</i>	61
6.3. Generación del Modelo de Regresión	63
6.4. Comparación de los Modelos Obtenidos	76
6.5. Comparación de los coeficientes obtenidos en el modelo de regresión	79
6.6. Ecuación resultante	82
6.7. Cálculo del Valor Unitario de un Inmueble	82
6.8. Análisis Financiero del Modelo de Regresión	92
6.9. Discusión de Resultados	95
7. Conclusiones	98
8. Recomendaciones	100
9. Referencias	101
Anexo 1. Zona Homogénea 307-01-U01 del distrito de San Rafael de Oreamuno	105
Anexo 2. Matriz de información de las zonas homogéneas para del distrito de San Rafael.	106
Anexo 3. Mapa de Valores de Terrenos por Zonas Homogéneas. Distrito San Rafael.	107
Anexo 4. Formulario de levantamiento de datos catastrales.	108
Anexo 5. Predicciones para el Modelo 5	109

Lista de tablas

Tabla 1. Casos para el cálculo de las exponenciales (α , β)	33
Tabla 2. Factores para reducir precios de lotes urbanos hasta fracciones de 50 Ha.....	34
Tabla 3. Casos para el cálculo del exponencial	35
Tabla 4. Casos para el cálculo de los coeficientes (ρ , n).....	36
Tabla 5. Categorización de la disponibilidad de servicios 1.....	39
Tabla 6. Categorización de la disponibilidad de servicios 2.....	40
Tabla 7. Categorización de la ubicación del lote dentro del cuadrante urbano	41
Tabla 8. Factor de ubicación	42
Tabla 9. Categorización de la distancia al predio.	42
Tabla 10. Clasificación de los cuatro tipos de cobertura esperada de la intensidad de señal.	50
Tabla 11. Intensidad de señal por tecnología y tipo de cobertura.	51
Tabla 12. Información de operacionalización de las variables	54
Tabla 13. Clasificación de la cobertura de red según tipo de red.....	58
Tabla 14. Clasificación obtenida para cada referencia según la cobertura del operador.....	61
Tabla 15. Modelo 1: MCO, usando las observaciones 1-149.....	64
Tabla 16. Modelo 2: MCO, usando las observaciones 1-149.....	66
Tabla 17. Modelo 3: OLS, usando las observaciones 1-149.....	69
Tabla 18. Modelo 4: OLS, usando las observaciones 1-149.....	70
Tabla 19. Estimación de valores atípicos de los residuos en las observaciones	73
Tabla 20. Modelo 5: OLS, usando las observaciones 1-136.....	73
Tabla 21. Estadísticos de evaluación de la predicción utilizando 136 observaciones	76
Tabla 22. Estadísticos principales, usando las observaciones 1 - 136	76
Tabla 23. Comparación de modelos obtenidos.....	78
Tabla 24. Comparación de los coeficientes del modelo de regresión resultante y el modelo del ONT.....	80
Tabla 25. Valores de las variables para la Propiedad N°1	83
Tabla 26. Comparación del valor de la propiedad según Modelo de ONT con Modelo de regresión	83
Tabla 27. Valores de las variables para la Propiedad N°2	84
Tabla 28. Comparación del valor de la propiedad según Modelo de ONT con Modelo de regresión	84
Tabla 29. Valores de las variables para la Propiedad N°3	85
Tabla 32. Comparación del valor de la propiedad según Modelo de ONT con Modelo de regresión	86
Tabla 33. Valores de las variables para la Propiedad N°5	87
Tabla 34. Comparación del valor de la propiedad según Modelo de ONT con Modelo de regresión	87
Tabla 35. Valores de las variables para la Propiedad N° 6	88
Tabla 38. Comparación del valor de la propiedad según Modelo de ONT con Modelo de regresión	89
Tabla 42. Comparación del valor de la propiedad según Modelo de ONT con Modelo de regresión	91
Tabla 43. Promedio de cobertura por distrito según operador	93
Tabla 44. Comportamiento en la recaudación por incluir variable Cobertura Móvil	93
Tabla 45. Comportamiento en la recaudación al incluir la variable Distancia Estación del Tren	95

Lista de figuras

Figura 1. Mapa del Cantón de Oreamuno.....	9
Figura 2. Cálculo de la distancia con Google Maps	56
Figura 3. Mapa de cobertura móvil de Movistar según cada red.....	59
Figura 4. Mapa de cobertura móvil de KÖLBI según cada red.....	59
Figura 5. Mapa de cobertura móvil de CLARO según cada red	60
Figura 6. Gráfico de los residuos de la regresión del modelo N°2.....	68
Figura 7. Gráfico de los residuos de la regresión del modelo N°4.....	72
Figura 8. Gráfico de los residuos de la regresión del modelo N°5.....	75
Figura 9. Gráfico de predicción del modelo N°5	75
Figura 10. Zonas homogéneas del distrito de Cot, mostrando los valores por metro cuadrado para cada zona	96

1. Introducción

El enfoque de la valoración fiscal en un gobierno local debe ser desarrollado y fortalecido de forma continua a partir de la actualización periódica, debido a que, a partir del proceso de valoración fiscal, los gobiernos locales captan un porcentaje importante de los recursos económicos necesarios para el desarrollo de sus proyectos, entre ellos la construcción de infraestructura en busca del mejoramiento del cantón. Estos recursos corresponden a los recaudados mediante el impuesto sobre bienes inmuebles.

El cobro del impuesto sobre bienes inmuebles nace a partir del Modelo de Valoración (2000) establecido por el Órgano de Normalización Técnica (ONT) del Ministerio de Hacienda. Este modelo incorpora las siguientes variables para calcular el valor de la tierra:

- Área
- Frente
- Regularidad
- Pendiente
- Nivel a calle
- Tipo de vía
- Servicios públicos tipo 1 (acera, cordón y caño)
- Servicios públicos tipo 2 (alumbrado público, teléfono, electricidad y cañería)
- Ubicación
- Capacidad de uso del suelo
- Hidrografía

El citado modelo surgió de conformidad con lo estipulado en el artículo 12 inciso c de la Ley del Impuesto Sobre Bienes Inmuebles, Ley N°7509, sus reformas y reglamento. Ante lo cual, el ONT debió suministrar a las municipalidades los métodos para valorar terrenos.

La aplicación de este modelo de valoración utiliza el método comparativo, el cual se fundamenta en el valor de mercado de la tierra, donde por medio de las características propias de la zona donde se ubica la propiedad, se determina un *lote tipo*, o como se denomina actualmente *inmueble de referencia*. Este método utiliza los factores de ajuste, a través de variables intrínsecas y externas que presenta la propiedad.

Desde entonces, la formulación del modelo de valoración no ha sufrido ninguna modificación o actualización de las variables que lo conforman, resultando importante analizar la validez que tendría la inclusión de nuevas variables dentro de este modelo, por lo cual en el presente estudio se propuso incluir las variables de la distancia a la Estación del Tren y cobertura móvil.

El análisis del efecto generado debido a la inclusión de las dos variables anteriormente mencionadas, así como la obtención de un modelo de regresión regional, permitirán aplicar un cálculo para estimar un valor más acertado y preciso del valor de la tierra, de acuerdo con las características de cada inmueble para el cobro del impuesto sobre bienes inmuebles.

Finalmente, se expone el criterio técnico al respecto de la posibilidad de incorporar o no las dos nuevas variables analizadas, para así actualizar el modelo de valoración, o si resulta pertinente utilizar un nuevo modelo de valoración regional cantonal a través del método de regresión, utilizando elementos propios del mercado inmobiliario del cantón de Oreamuno.

1.1. Descripción Del Problema

Desde el año 2000, en Costa Rica no se ha modificado el modelo de valoración con fines fiscales. Este modelo se basa en dos métodos, el de análisis de regresión y el de factores de ajuste. Asimismo, este modelo requirió de la utilización del método comparativo como base para determinar el valor individual de las propiedades.

A hoy surgen las siguientes interrogantes, ¿qué tan determinante son algunas de estas variables para poder precisar el valor de la tierra?, ¿se podrán incluir nuevas variables que complementen las ya existentes?, ¿existirá alguna variación en los factores del modelo de valoración nacional al generar un modelo de valoración regional o cantonal?

Es a partir de lo anterior, que se propuso analizar el efecto de la incorporación de dos nuevas variables para determinar el valor de las propiedades, las cuales corresponden a: cobertura móvil (compuesta por los servicios de Internet y telefonía móvil) en una propiedad, así como la distancia en kilómetros que tiene una propiedad respecto a la estación del tren en el distrito de San Rafael. En relación con la variable de cobertura móvil, se debía comprobar si su peso era significativo en el valor de un terreno, producto de un buen nivel de intensidad de señal de la red de voz y datos móviles.

Al respecto de la segunda variable propuesta, se debía analizar si esta tenía o no un impacto significativo en el valor de un terreno. Lo anterior, tomando en consideración la cercanía y acceso que se pueda tener a las diferentes actividades económicas y sociales, como a centros educativos, servicios públicos, áreas de salud, agencias bancarias, supermercados, entre otras facilidades, que pueden influir o no en el valor de una propiedad, tomando en consideración que la estación del tren se ubica en una zona estratégica del Cantón de Oreamuno.

2. Justificación

La inclusión de las variables definidas para este proyecto, como son la distancia a la estación del tren y la cobertura móvil, dentro del modelo de valoración fiscal sirvió para determinar la significancia que tienen éstas en el cálculo del valor de la tierra en el cantón de Oreamuno. A partir de esto, se propuso que se incluyeran en el modelo de valoración establecido por el Ministerio de Hacienda, permitiendo establecer, asimismo, que la valoración fiscal se hiciera incluso con nuevos factores de las variables ya existentes, incluyendo como novedad una variable tecnológica de aplicación nacional, como es la cobertura móvil, en el modelo regional del cantón de Oreamuno.

Así las cosas, resultaba importante demostrar el comportamiento de los factores que determinan el valor de la tierra, a través de la actualización de las variables del modelo de valoración de terrenos del Ministerio de Hacienda, específicamente, al darle a la variable de acceso a servicios, un reajuste de los servicios que la componen y del peso que estos tienen en la determinación del valor. La identificación de variables que explican con mayor peso significativo el valor de la tierra resultó en un valor de la tierra más ajustado a la realidad para las propiedades del cantón de Oreamuno, lo cual provocó una mayor equidad en los valores de las propiedades para efectos de cobro de impuestos municipales.

De acuerdo con Melo (2003), muchas de las condiciones han variado sustancialmente, por lo cual es necesario adelantar investigaciones más complejas, en las que se puedan introducir otras variables explicativas del precio, que permitan mejorar el nivel de aproximación al valor de los inmuebles y al mismo tiempo reducir los posibles niveles de inequidad que tiene implícito el modelo empleado.

El trabajo efectuado, asimismo, permitió esclarecer la significancia de la cobertura móvil como una variable para estimar el valor de una propiedad, considerando así que el acceso a la tecnología móvil se debe ver reflejado en el valor de la tierra, contribuyendo al impulso en la realización de estudios referentes al despliegue de infraestructura de telecomunicaciones en la zona rural del cantón de

Oreamuno, a su vez permitiendo que en otros cantones del país pueda elaborarse también su propio modelo de regresión para esta variable.

Ejemplo de lo anterior, en cuanto a la importancia de fomentar los estudios de despliegue de infraestructura de telecomunicaciones, se destaca el trabajo de la Comisión de Coordinación para la Instalación o Ampliación de Infraestructura de Telecomunicaciones (creada por el Poder Ejecutivo, mediante el Decreto Ejecutivo N°38366-MICITT), la cual, en sus informes de seguimiento Plan de Acción de Infraestructura de Telecomunicaciones, incorpora una lista de municipalidades que ha visitado y para las cuales ha analizado su reglamento para el desarrollo de los servicios de telecomunicaciones, por ejemplo, para el año 2017, la lista contenía 27 municipalidades visitadas para revisión de su reglamento. Estas visitas lo que buscan es coadyuvar en la acción de despliegue ágil de infraestructura para telecomunicaciones, garantizando así para la ciudadanía acceso a estos servicios.

En relación con la nueva variable de cobertura móvil, se debe tomar en cuenta que cuando se desarrolló el modelo de valoración del ONT, no existía en el país un desarrollo tecnológico importante del servicio móvil, como para contemplar la incorporación de esta variable en el modelo de aquel entonces, al menos no con la evolución tecnológica ni con el grado de penetración actual correspondiente a un 179%, dato extraído del informe Estadísticas del Sector de Telecomunicaciones Costa Rica ¹. Adicionalmente, se debe mencionar el crecimiento en cuanto al uso del servicio móvil por encima incluso del servicio de telefonía fija, aspecto que se destaca también en el mencionado informe de la Superintendencia de Telecomunicaciones (SUTEL), del cual es posible extraer que *“(...) el servicio de telefonía fija (básica tradicional y VoIP²) muestra durante el año 2016 una disminución en el número de suscriptores, reduciéndose en un 17% en el período 2011-2016 (...)”*, enfatizando aún más el papel primordial que el servicio de telefonía e Internet móvil ha ido teniendo en la población.

¹ Edición 2017 página 46, publicado por la Superintendencia de Telecomunicaciones (SUTEL).

² VOIP corresponde a Voz sobre Protocolo de Internet.

Se debe entonces señalar, que la variable de cobertura móvil es novedosa en cuanto a su incluso como variable en modelos de valoración, debido a que no existe literatura o investigaciones nacionales o extranjeras realizadas hasta el momento, que la utilicen para determinar su significancia en el valor de la tierra. Sin embargo, en otros campos de interés, el servicio de Internet y telefonía móvil si se está incorporando como aspecto de crecimiento, como por ejemplo los estudios publicados por la Escuela de Economía de la Universidad de Costa Rica, referente al Índice de Competitividad Cantonal Costa Rica 2011 – 2016, donde muestra parámetros de cobertura y calidad de redes móviles 2G y 3G, así como un porcentaje de desempeño de descarga global 3G (Internet móvil) para cada cantón, incluyendo ese acceso como referente en el crecimiento cantonal según Ulate *et al.* (2017).

El citado Índice de Competitividad Cantonal, se obtiene a partir del monitoreo de las facilidades que tiene el cantón con respecto al acceso a las tecnologías de información que tienen las personas y empresas residentes de los cantones bajo estudio. En este índice se cuantifica el acceso tanto de tecnologías anteriores como la electricidad y telefonía fija, así como a las nuevas tecnologías de información representadas por cuatro variables: porcentaje de viviendas con acceso a internet, la cobertura y calidad de la red de telefonía móvil tanto 2G como 3G y el desempeño de la descarga global 3G. Esto permite fortalecer que, en la actualidad, la variable de cobertura móvil es utilizada para medir la calidad de desarrollo del cantón.

Adicional a lo señalado anteriormente, con la elaboración de este trabajo, se generó una oportunidad para presentar una propuesta metodológica y a la vez realizar una actualización del precio de mercado de bienes inmuebles en el cantón de Oreamuno, debido que, para el segundo semestre del 2020, se tenía programada una nueva modificación por parte del ONT a la Plataforma de Valores por Zonas Homogéneas en el cantón, oportunidad para presentar el trabajo realizado. Así las cosas, los resultados obtenidos fueron de gran utilidad y se utilizaron como un insumo de comparación, así como permitieron la actualización de valores de mercado de propiedades, debido a los valores vigente del metro

cuadrado en el cantón de Oreamuno correspondían al año 2010. La desactualización del valor del metro cuadrado implicaba un problema en la valoración fiscal realizada por la Municipalidad de Oreamuno, dado que el valor utilizado se encontraba desfasado respecto al crecimiento del desarrollo urbano y económico del cantón.

Como resultado de esta investigación queda demostrado que, el contar con un modelo de valoración regional, permite adaptar la realidad del valor de las propiedades de una mejor manera, pues se están considerando coeficientes estimados con datos directamente asociados al cantón de Oreamuno. Así las cosas, la Municipalidad de Oreamuno, podría seleccionar qué modelo utilizar en la valoración fiscal, dado que su autonomía municipal le permite optar por la aplicación de un modelo diferente al propuesto por la ONT. Lo anterior, haría de la Municipalidad una pionera en el uso de un modelo ajustado a la realidad de su cantón, con características regionales en lugar de nacionales.

3. Objetivos

3.1. Objetivo General

Determinar el efecto que tiene la inclusión de las variables *distancia a la estación del tren* y *cobertura móvil* en un modelo de valoración regional de la tierra para la valoración fiscal en el cantón de Oreamuno.

3.2. Objetivos Específicos

- Caracterizar las variables *distancia a la estación del tren* y *cobertura móvil* para el contexto del cantón de Oreamuno.
- Estimar el efecto de las nuevas variables en el valor unitario de un inmueble por medio de un modelo de regresión regional.
- Analizar el impacto financiero en la recaudación tributaria, a partir de la comparación del modelo propuesto respecto del modelo de valoración vigente en la Municipalidad de Oreamuno.

4. Marco De Referencia

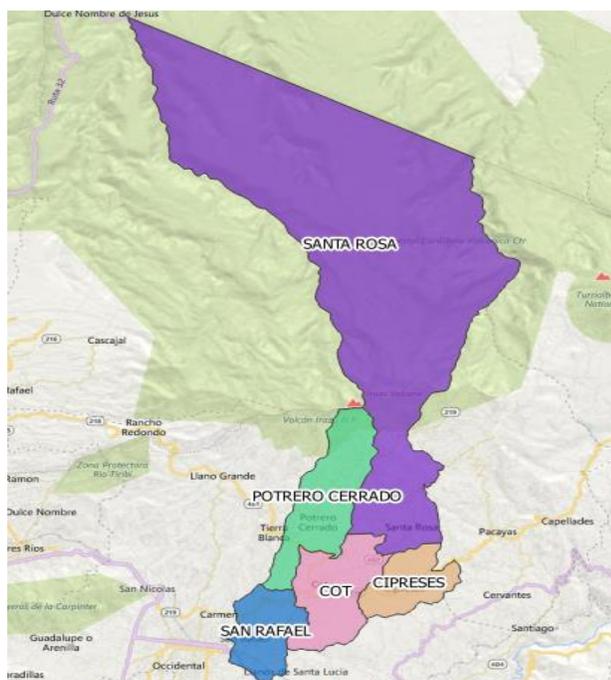
4.1. Ubicación Geográfica Del Proyecto

El estudio se elaboró en el cantón de Oreamuno, debido a que es un cantón que presenta zonas urbanas y rurales bien establecidas. Cabe mencionar que la principal actividad productiva del cantón es la agropecuaria, ocupando el 20.2% según datos del INDER (2016, p 24), ya que se desarrolla en los cinco distritos que conforman el cantón.

Las coordenadas geográficas del cantón corresponden a 9°59'54" latitud norte y 83°52'28" longitud oeste de conformidad con el sistema WGS84.

El cantón está compuesto por cinco distritos: San Rafael, Cot, Potrero Cerrado, Cipreses y Santa Rosa. De los cuales el distrito de San Rafael es el de mayor importancia económica, comercial y de servicios; mientras que los otros distritos basan su desarrollo en la producción agrícola y pecuaria. En la Figura 1 se muestra el mapa del cantón de Oreamuno:

Figura 1. Mapa del Cantón de Oreamuno.



Fuente: Elaboración propia en programa QGIS. 2018

4.2. Marco De Antecedentes

El inicio de la valoración de propiedades en Costa Rica menciona Mayorga (2008), se da con la creación de la Ley sobre Impuesto Territorial, Ley N°27, del 2 de marzo de 1939, donde esta autorizaba a la Dirección General de Tributación Directa a practicar valoraciones generales, parciales y particulares (p.12).

En Costa Rica, se generó el primer Manual de Avalúos en el año de 1960, por parte de la Dirección General de la Tributación Directa, bajo el programa del Proyecto del Catastro Fiscal según indica Laurent (2015), en su antología de avalúos de construcciones urbanas. Este manual de avalúos incluía una guía para aplicar diferentes técnicas de valoración y obtener un valor justo del bien.

Para el año 1983, se iniciaron estudios sobre el valor de la tierra por parte del Departamento de Avalúos de la Dirección General de Tributación Directa, para determinar de una forma más objetiva el valor de la tierra. El método comparativo de compra – venta de propiedades era el que usaba la Dirección General de Tributación Directa a través del Departamento de Avalúos según Montealegre y Vargas (2000), anterior a esta fecha la valoración se desarrollaba de manera empírica y con algún criterio muy subjetivo del perito (p.2).

En el año de 1986, se encontró el primer trabajo de investigación en el campo de la valoración de la tierra utilizando el método de regresión múltiple. El ingeniero agrónomo Luis Coto, en 1986, realizó una investigación sobre la distribución espacial del valor de la tierra en el cantón de Flores de la provincia de Heredia, utilizando el análisis de regresión múltiple, esta investigación sembró las bases para que el Departamento de Avalúos (Dirección General de Tributación Directa) realizara planeamientos de valores y valoraciones masivas en cantones y distritos de Costa Rica (Castro y de Obaldía, 2004, p.2)

La investigación de Coto (1986), en torno a la necesidad de generar estudios para determinar el valor de la tierra en Costa Rica, mencionaba la idea de experimentar nuevas técnicas en el campo de la

tasación de propiedades, que permitan mayor grado de objetividad, agilidad y precisión en la confección de los avalúos de propiedades inmuebles (p.2).

El autor, optó por utilizar el análisis de regresión múltiple, para crear diversas fórmulas matemáticas que pronosticaran el valor de la tierra en las distintas zonas del cantón de Flores en Heredia.

En su investigación utilizó la siguiente ecuación (1) que determinaría el valor de la tierra:

$$V_i = a + b_1C_i + b_2R_i + b_3M_i + b_4E_i + b_5P_i + b_6N_i + b_7I_i + e \quad (1)$$

Donde:

V_i : Valor de la tierra en el lugar (i); en colones

C_i : Área del lote en el lugar (i); medida en m^2

R_i : Valor del m^2 en el lugar (i); en colones

M_i : Distancia del lugar (i) al Distrito Central de Negocios: medida en metros lineales

E_i : Servicios públicos existentes (agua, electricidad, teléfono, alumbrado público, acera, cordón y caño)

P_i : Servicios comunales existentes (colegio, escuela, iglesia, plaza de deportes, clínica CCSS, agencia bancaria, etc.)

N_i : Tipos de vía

I_i : Características del lote

(a), (b_1 , b_2 , b_3 , b_4 , b_5 , b_6 y b_7): parámetros

(e): Error de estimación

Este método era subjetivo y un poco empírico, además de que no seguía una metodología definida y generaba poca precisión. Se propuso la aplicación del Análisis Factorial como método estadístico, al existir un número considerable de variables que se reducían en un número pequeño de factores, los que posteriormente serían correlacionados con el valor del suelo al aplicar la regresión múltiple.

Coto (1986), desarrolló modelos para algunos distritos del Valle Central, generando ecuaciones diferentes para cada distrito al aplicar ajustes de la ponderación, pero utilizando el mismo conjunto de variables. Al respecto Castro y Obaldía (2004) indican lo siguiente: “Dicho modelo matemático determina el punto de mayor valor en la zona de estudio, se dividen los sectores en urbanos, comerciales e industriales, y se determinan las variables de mayor influencia en la asignación del valor de los predios.” (p.2).

Con la creación de la Ley de Impuesto sobre Bienes Inmuebles, Ley N°7509, en 1995 se deroga la Ley de Impuesto Territorial, Ley N°27, y se crea el impuesto sobre bienes inmuebles, para que recaiga la responsabilidad del cobro de este impuesto a las municipalidades. Esta es posteriormente reformada mediante la Ley Reforma Ley de Impuesto sobre Bienes Inmuebles, Ley N°7729, y es a partir de esta, donde se establece la obligación por parte del ONT de generar la guía de cómo deben las municipalidades realizar las valoraciones fiscales. A partir de esta guía, se genera una herramienta para la fiscalización de las declaraciones de bienes inmuebles, denominado Programa de Asistencia Municipal, el cual permite una valoración de las propiedades a partir de un mapa de valores por zonas homogéneas.

El modelo de valoración del ONT se basa en la creación de zonas que incluyen propiedades con características similares, estas se denominan zonas homogéneas. Para determinarlas, se considera la información de la zona, como: el tipo de vías; servicios, capacidad de uso de la tierra; pendientes; condominios; tipos de residenciales; comercios e industrias en sus diferentes grados según lo muestra el Manual de Valores Base Unitarios por Tipología Constructiva del Ministerio de Hacienda; así como la belleza escénica; entre otros. A partir de la agrupación de las zonas por servicios y elementos en común es que se conforman las denominadas zonas homogéneas por cantón. Las zonas homogéneas se dividen en zonas urbanas y rurales. Para definir estas zonas también se toma en cuenta el Plan de Ordenamiento Territorial existente para el cantón. En el anexo 1 se muestra el ejemplo de cómo se representa una zona homogénea.

Así las cosas, se puede establecer que una zona homogénea comprende un área que posee propiedades con características similares como el tamaño, la pendiente, el tipo de vía, los servicios y los metros de frente de la propiedad. Cada zona homogénea tiene una matriz de información, la cual posee las características propias de cada una de las zonas a partir de la información del *lote tipo* encontrado en la zona. El *lote tipo* muestra la información establecida como valor de referencia para cada zona, necesaria al momento de hacer las valoraciones fiscales. En el anexo 2 se muestra una parte de la matriz para el distrito de San Rafael y en el anexo 3 se muestra el mapa completo de la conformación de las zonas homogéneas para el distrito de San Rafael, con su respectiva matriz de información.

Para 1995, las municipalidades no tenían una metodología de estimación del valor de las propiedades que fuera normada, moderna y objetiva. Ante esta situación, y en atención al artículo 38 de la Ley N°7729, el cual establecía la obligación de definir el reglamento de la Ley en cuatro meses, es que el 27 de enero de 1999 entró en vigencia el decreto ejecutivo N°27601-H Reglamento a la Ley del Impuesto sobre Bienes Inmuebles. Se cita el artículo 19, inciso b, del capítulo sexto lo siguiente:

“Suministrar a las Municipalidades, la metodología para elaborar los avalúos de los bienes inmuebles por parte de las municipalidades. Los métodos para usar serán:

Para valorar terrenos se usará el Método Comparativo o de Mercado, el cual hace uso de factores de corrección o de ajuste para individualizar el valor de cada predio de acuerdo con sus propias características, al compararse con el lote tipo. Estos factores de corrección son obtenidos mediante estudios estadísticos. En la valoración de construcciones fijas y permanentes e instalaciones, se usará el método de Costo de Reposición, el cual se basa en el principio de sustitución.

Para determinar el valor de cada construcción e instalación, el valor base o valor de referencia establecido en el Manual de Valores Unitarios de Construcciones e Instalaciones por Tipología Constructiva, deberá ajustarse por depreciación de acuerdo con la edad y estado de

conservación. Los factores de corrección y valores base para terrenos, valores unitarios de construcciones e instalaciones por tipología constructiva y el método de depreciación, serán establecidos por el Órgano de Normalización Técnica, para su aplicación por parte de las municipalidades, previa publicación”

Según este Reglamento, el encargado de generar el modelo de valoración era el ONT, que entre sus funciones estaba la de suministrar un modelo de valoración que permitiera uniformar la determinación de los valores de la tierra y de las construcciones, para el cobro del Impuesto Sobre Bienes Inmuebles (ISBI).

Para definir el método de valoración, el ONT aplicó del análisis de regresión y el método de factores de ajuste a través del método comparativo, para obtener el valor individual de cada lote. El factor de ajuste es la cifra que establece el grado de igualdad y semejanza expresado en fracción decimal que existe entre las características particulares del bien que se está valuando y otro del mismo género, para hacerlos comparables entre sí, y que da origen a la homologación.

El ONT en su método de valoración publicado en el año 2000, propuso los siguientes modelos:

Para propiedades urbanas se usa la siguiente ecuación (2):

$$V_{lv} = V_{lt} * F_e * F_f * F_r * F_p * F_n * F_{s1} * F_{s2} * F_u * F_{tv} \quad (2)$$

Donde:

- V_{lv} = Valor unitario del lote a valorar
- V_{lt} = Valor lote tipo
- F_e = Factor de extensión
- F_f = Factor de frente
- F_r = Factor de regularidad
- F_p = Factor de pendiente
- F_n = Factor de nivel

- F_{s1} =Factor de servicios 1
- F_{s2} = Factor de servicios 2
- F_u = Factor de ubicación
- F_{tv} =Factor de tipo de vía

Para propiedades rurales la ecuación está dada por la ecuación (3):

$$V_{lv} = V_{lt} * F_e * F_f * F_r * F_p * F_{tv} * F_{s2} * F_h * F_c \quad (3)$$

Esta función se define como:

- V_{lv} = Valor unitario del lote a valorar
- V_{lt} = Valor lote tipo
- F_e = Factor de extensión
- F_f = Factor de frente
- F_r = Factor de regularidad
- F_p = Factor de pendiente
- F_{tv} =Factor de tipo de vía
- F_{s2} =Factor de servicios 2
- F_h =Factor hidrológico
- F_c = Factor de capacidad de uso del suelo

Como indica Montealegre (comunicación personal, 18 de junio, 2018) Subdirector de Investigación y Análisis de la Información del ONT, estos factores se calcularon a partir de las ecuaciones de regresión que existían en los años noventa. Para cada una de las características se procedió a determinar un factor de ajuste a través de una forma matemática de cálculo de acuerdo con la forma de comportamiento (exponencial y/o potencial) de las variables.

A nivel nacional, se cuenta con diversos manuales de procedimientos administrativos donde se proponen diversas metodologías de valoración de propiedades. Ejemplo de lo anterior es el Manual de

Procedimientos para el Avalúo Administrativo del Ministerio de Hacienda. Con este manual se inició el proceso de normar la valuación a nivel de instituciones públicas. En él se incluye una metodología de valoración que permite al perito estimar el valor de una propiedad de una forma técnica. Este documento se creó en el año de 1996.

Adicionalmente, la Ley de Expropiaciones, Ley N°7495, tiene por objetivo:

“Artículo 1. Objeto. La presente Ley regula la expropiación forzosa por causa de interés público legalmente comprobado. La expropiación se acuerda en ejercicio del poder de imperio de la Administración Pública y comprende cualquier forma de privación de la propiedad privada o de derechos o intereses patrimoniales legítimos, cualesquiera que sean sus titulares, mediante el previo pago de una indemnización que represente el precio justo de los expropiado”

Según Aznar-Bellver, *et al.*, (2012), esta Ley de Expropiaciones es muy básica, ya que comprende principalmente el aspecto legalista dejando de lado en gran parte el aspecto metodológico de la aplicación de la norma. (p.40).

Además, de la Ley de Expropiaciones existen diversos reglamentos que son propios de instituciones públicas, autónomas o semiautónomas en el país; los cuales son de carácter obligatorio para realizar avalúos para esas instituciones en Costa Rica. Aznar-Bellver, *et al.*, (2012) cita las siguientes:

- Ley de Adquisiciones, Expropiaciones y Constitución de Servidumbres del Instituto Costarricense de Electricidad – ICE. Esta ley se complementa con su Reglamento.
- Manual para la Elaboración de Avalúos para la Expropiación y el Procedimiento para la solicitud, confección y trámite de avalúos institucionales. Este documento se basa en las Normas Internacionales de Valoración de la edición 2003.
- Reglamentos de entidades del sector financiero público y privado, con fines hipotecarios y prendarios:

- Reglamento General sobre Sociedades Administradoras y Fondos de Inversión y se complementa con las Instrucciones para la Valoración de los Inmuebles de los Fondos de Inversión Inmobiliarios de la Superintendencia General de Valores (SUGEVAL). Este instructivo es más específico en aspectos conceptuales sobre la valoración inmobiliaria por los enfoques de mercado, costo y financiero. Define los requisitos mínimos del perito valuador, contenido mínimo de los informes de valoración y normas generales relativas a los avalúos y valoraciones financieras.
- El Instructivo de Valoración de Bienes del Banco de Costa Rica, utiliza el documento Condiciones para los Servicios Profesionales de Avalúos de Bienes Muebles e Inmuebles.
- Manual de Avalúos de la Caja Costarricense del Seguro Social. A través de la Gerencia División de Pensiones de la Caja Costarricense de Seguro Social, en el cumplimiento de la Ley N°8220, hizo de conocimiento público los Reglamentos y Manuales respectivos para la aplicación de dicha Ley, emitiendo el Manual de Avalúos de Bienes Inmuebles. En este manual se tratan aspectos como disposiciones generales de las valuaciones, obligaciones del perito valuador, sanciones, aspectos técnicos de los terrenos y edificaciones.
- Reglamento para la contratación de servicios de peritajes y avalúos de bienes muebles e inmuebles en el Instituto Nacional de Fomento Cooperativo (INFOCOOP), destacando en los temas como disposiciones generales de las valuaciones, definiciones, deberes del perito valuador y contenidos de los informes de valoración.

El Ministerio de Hacienda en el año 2012, a través de la Dirección General de Tributación y la Dirección de Valoraciones Administrativas y Tributarias emitió la Directriz 01-2012 denominada Guía de Valoraciones Administrativas, donde se estipula que cuando el valuador se encuentre con situaciones excepcionales no incluidas en la normativa vigente, será aplicable lo establecido para el caso en la versión vigente al momento del avalúo de las Normas Internacionales de Valoración IVSC (2007).

Estas IVSC son un instrumento base para realizar las valoraciones de propiedades y se enfocan en tres objetivos:

- Facilitar las operaciones transfronterizas y contribuir a la viabilidad de los mercados inmobiliarios internacionales, fomentando la transparencia de los informes financieros, así como la fiabilidad de las valoraciones realizadas para la concesión de préstamos e hipotecas, para operaciones de compraventa y conciliaciones en litigios o asuntos fiscales.
- Servir, para los valuadores de todo el mundo, como plano de referencia que les permita cumplir las exigencias de los mercados inmobiliarios internacionales de contar con valoraciones fidedignas y cumplir con los requisitos de información financiera de la comunidad internacional; y
- Proporcionar normas de valuación y elaboración de informes financieros que satisfagan las necesidades de los países en vías de desarrollo y de reciente industrialización.

Actualmente, las Normas Internacionales de Valuación vigentes son del año 2019.

4.3. Marco Teórico Conceptual

Bajo el modelo de valoración planteado a las municipalidades por parte del Órgano de Normalización Técnica (ONT) es que se desprenden los elementos teóricos de los métodos de valoración por análisis de regresión y el método de factores de ajuste.

4.3.1. Modelos de Valoración

Los métodos de comparación según las Normas Internacionales de Valuación (IVSC) (2007) se definen como métodos de ventas comparables, métodos de comparación de mercado o enfoque de comparación de ventas. Estos determinan el valor de un bien comparándolo con otros bienes similares cuando se conoce su precio por haber sido objeto de una transacción reciente.

Aznar-Bellver, *et al.*, (2012) mencionan los métodos más relevantes dentro de la comparación de mercado, estos son: *Corrección y Corrección múltiple, el de Ratio de valoración, el método Beta y el método estadístico o econométrico o de análisis de regresión.* (p.63). Dentro de las condiciones que tienen que cumplirse para realizar un método comparativo son:

- La existencia de un mercado de inmuebles comparables
- Disponer de suficientes datos sobre transacciones u ofertas que permitan conocer tanto los precios de los comparables como las variables explicativas de dichos precios.

Guadalajara (2014), menciona que estos modelos comparativos, se fundamentan en datos del mercado, donde existan propiedades con un mercado representativo con información de transacciones o valores de oferta recientes, así como que se basan en la comparación de varios inmuebles, donde se referencia uno o varios signos externos en una variable. Estas características o signos externos se clasifican en:

- a. Características intrínsecas o propias de cada inmueble:
 - Dimensión: superficie, altura
 - Tipo de construcción

- Instalaciones
- Antigüedad

b. Características extrínsecas o ajenas al inmueble. Son aquellas relacionadas a su localización:

- Entorno
- Infraestructura pública
- Comunicaciones
- Planificación urbanística (p.63)

Según el Instituto de Valuación Phoenix en su libro Valuación Inmobiliaria (2017) para determinar el indicador del valor por el método comparativo es necesario realizar la indagación de valores o precios de elementos comparables vendidos u ofertados, similares o idénticos al bien, cuantificándose, en su caso, las diferencias existentes entre los comparables mencionados y el bien mediante factores específicos. El indicador de valor obtenido mediante la aplicación de este método se debe asentar en el informe de valuación como valor de mercado (p.69).

De igual forma, Robledo (1998) menciona que, en el enfoque comparativo de mercado, es necesario aplicar el proceso de homogenización para hacer los bienes comparados, lo más similares posibles. (p.27)

4.3.2. El Modelo Econométrico o Análisis de Regresión

Este método tiene como fundamento, estimar la influencia de ciertas variables independientes, explicativas o exógenas, sobre otra variable dependiente, endógena o explicada (Guadalajara,2014). De esta forma, se busca que a través de la regresión se establezca la relación funcional (f) o modelo de valoración, que existe entre el valor (V) del inmueble y sus características (x_i), como se indica en la siguiente expresión (4):

$$V = f (x_1, x_2 \dots\dots\dots, x_n) \quad (4)$$

Este modelo, utiliza una amplia base de datos con un elevado número de inmuebles de referencia y obtiene modelos de valoración que recogen más fielmente el comportamiento de mercado. Según la misma autora, es una ventaja porque es un método mucho más exacto, pero presenta el inconveniente de que requiere disponer de información de precios de muchas propiedades de referencia. Para poder aplicarlo a través del siguiente modelo (5) de regresión múltiple:

$$y_i = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \beta_3 x_3 + \dots + u_i \quad (5)$$

Donde

y_i = Variable aleatoria dependiente

β_0 = Coeficiente independiente

β_i = Coeficiente de las variables

x_i = Variables independientes o explicativas

u_i = Perturbación aleatoria

Aznar-Bellver, *et al.*, (2012) define el modelo como una expresión matemática que explica el precio en función del conjunto de variables explicativas utilizando para ello la técnica de regresión por mínimos cuadrados o norma L 2 (p.178). Además, permite determinar las características que realmente explican el valor de los inmuebles. Para eso, en el análisis de regresión se obtienen parámetros estadísticos que indican qué variables explican el valor y cuáles no.

De igual forma, señala Guadalajara (2014), que entre los beneficios de este modelo está que permite utilizar más de una variable explicativa de manera simultánea. Se genera un modelo ecuacional que define implícitamente los pesos o ponderaciones de los signos externos.

4.3.3. Obtención del Modelo de Regresión

Menciona Guadalajara (2014), que a partir de una base de datos de valores de inmuebles y sus características, se pueden obtener distintos modelos de valoración por regresión. Cada modelo está

determinado por el valor de los coeficientes de la regresión, en su estado original (x_i), en su forma cuadrática (x_i^2), cúbica (x_i^3), logarítmica ($\ln x_i$) entre otros modelos.

Aznar-Bellver, *et al.*, (2012) menciona que es mejor utilizar el procedimiento denominado por pasos hacia adelante, que consiste en ir introduciendo variables en el análisis hasta que se detecte que no se mejora el mismo o que la variable no es significativa (p.179). De esta forma se estaría modificando el modelo del ONT, con la inclusión de nuevas variables que no son tomadas en cuenta en el momento de realizar sus cálculos, lo cual, generó un nuevo modelo que integra factores propios de la zona de Oreamuno.

Las etapas para obtener el modelo que menciona Guadalajara (2014), son:

- a. Recopilación de información sobre transacciones de inmuebles.
- b. Utilización del programa estadístico (Excel, Statgraphics, SPSS, etc.)
- c. Formulación matemática de la función de regresión múltiple o modelo de valoración, a partir de los resultados de la regresión.
- d. Obtención del valor unitario del inmueble (p.79)

Aznar-Bellver, *et al.*, (2012) complementa con los siguientes pasos:

- a. Para conocer el tipo de relación entre las variables dependiente e independiente se calcula su coeficiente de correlación y se analiza el gráfico de dispersión entre ambas.
- b. Se realiza el análisis de regresión con el programa elegido.
- c. Se interpretan los parámetros
 - Coeficiente de determinación
 - Coeficiente de determinación corregido o ajustado
 - Error típico
 - El estadístico F y el nivel de significación (valor crítico de F, p-value)
 - El estadístico t y el nivel de significación (probabilidad, p-value)

- Intervalos de confianza
- d. Se verifica la No Colinealidad entre las variables
- e. Se analiza que los residuos cumplan las condiciones de:
- Normalidad
 - Dependencia
 - Homocedasticidad (p.179)

Para los análisis de datos, recomienda Guadalajara (2014), analizar el comportamiento de los datos de referencia e indica que se deben de utilizar de 10 a 15 referencias por cada variable explicativa o independiente que se utilice.

Lo que se busca hacer con el análisis de datos es conocer que valores mínimos, máximos y medios toman cada una de las características y valores del inmueble, así como, la forma en que se distribuyen los valores (p.82).

Los datos utilizados, pueden ser de dos tipos:

- a. Cualitativos, estos se refieren a los atributos, características o propiedades categóricas que identifican un inmueble.
- b. Cuantitativos, reflejan las cantidades relativas o grado.

La variable dependiente, endógena (precio del inmueble) debe ser siempre métrica, y las independientes, exógenas, pueden ser de ambos tipos, métricas y no métricas.

Cuando las variables, no son cuantitativas, con dos o más categorías, (presencia o no de alguna característica) se utilizan unas variables de sustitución, denominadas dicotómicas, ficticias, binarias o dummy, que toman valores 0 ó 1, según de la presencia de la característica o no.

Antes de hacer el análisis de regresión, hay que analizar la relación que puede existir entre la variable dependiente y las variables explicativas. Esta relación se puede comprobar solamente para las

variables cuantitativas, mediante el coeficiente de correlación de Pearson (R) que mide el grado de asociación entre el valor del inmueble y la característica cuantitativa del mismo (Guadalajara,2014).

Guijarro (2013), menciona el cálculo del coeficiente de Pearson (R) como el resultado de dividir la covarianza entre las variables y el producto de las desviaciones típicas de las variables (p.32). En general, el coeficiente R entre dos variables aleatorias cuantitativas x e y viene dado por el cociente entre la covarianza y el producto de las dos desviaciones típicas de x e y. R varía entre -1 y +1.

Esto lo explica Guijarro (2013) como:

1) Si el signo es positivo, la relación entre las variables es positiva. Cuando una variable toma valores altos respecto de su promedio, la otra también lo hace. Y cuando una toma valores bajos respecto de su promedio, la otra actúa de igual modo.

2) Si el signo es negativo, la relación entre las variables es negativa. Tal sería el caso de variables en las que cuando una toma valores altos respecto de su media, la otra toma valores bajos, y viceversa.

Posteriormente, a través de los parámetros de análisis de regresión R^2 , F y t de Student sobre la fiabilidad de los resultados, se determina el ajuste del análisis de regresión y elegir el modelo de valoración a aplicar.

El R^2 , utiliza la media aritmética de los valores de referencia. Este valor siempre estará comprendido entre 0 y 1, y cuanto más se aproxime a 1, mejor es el ajuste. Pero a medida que se incluyen más variables en el modelo de regresión, aunque no sean significativas, el valor de R^2 aumenta. Para solucionar este problema se incluye el parámetro conocido como R^2 corregido. Este nuevo parámetro, toma en cuenta la cantidad de variables incluidas en el modelo. Un modelo será mejor que otro si obtiene un R^2 ajustado mayor, con independencia del valor obtenido en el R^2 . Guijarro (2013, p.77).

La ratio F de Snedecor, sirve para contrastar que la cantidad de variación explicada por el modelo de regresión es mayor que la variación explicada por la media aritmética de los datos analizados.

La *t* de Student, contrasta la significación de los coeficientes de las variables explicativas, y define si una característica explica o no el valor del inmueble. Se utiliza el estadístico *t* y la Probabilidad.

El estadístico *t* sigue una distribución *t* de Student con $n-p$ grados de libertad donde n es el número de datos de la muestra y p es el número de parámetros estimados. Para estimar la significación de cada variable se compara su *t* con la correspondiente en la tabla Distribución *t* de Student para el nivel de confianza correspondiente, de forma que, si *t* variable es mayor a *t* de la tabla, como resultado se tiene que la variable es significativa.

Para mejorar el modelo Guijarro (2013) menciona:

- “Incluir más variables explicativas. Siempre es posible encontrar nueva información que ayude a explicar las diferencias en precio de la muestra. Pero también para esto se tiene un límite, pues existe un número limitado de inmuebles que no permitan incrementar de manera continuada el número de variables explicativas, y por otro lado toda nueva información incurre en tiempo y dinero para el perito.
- Comprobar que el modelo no tiene problemas de heterocedasticidad. Puede que tomando logaritmos en todas o algunas de las variables se consiga elevar el estadístico R^2 ajustado.
- Detectar y eliminar outliers (referencias anómalas). Por lo general, es posible identificar alguna variable anómala, su exclusión, puede mejorar sensiblemente del R^2 ajustado”
(p.84)

Otra recomendación es cuando se le encuentra al modelo la multicolinealidad, que se presenta cuando en un mismo modelo combinamos variables que están fuertemente correlacionadas entre sí. Las diferentes relaciones de dependencia que pueden existir entre ellas acaban afectando y sesgando el resultado final, de forma que el modelo de regresión puede invalidarse por la concurrencia de las variables correlacionadas, en lugar de mejorarse por la incorporación de nuevas variables (Guijarro, 2013).

Para evitar este problema, recomienda:

- Eliminar variables explicativas, habrá que identificar cuál es el foco que origina la multicolinealidad.
- Aumentar el número de observaciones. Si se amplía el número de referencias, se puede notar que en muchos casos el problema de multicolinealidad desaparece o disminuye.

De igual forma el ONT y su Manual de Valoración (2000), propone seguir los siguientes pasos para ajustar una ecuación de regresión a una determinada zona (p.9):

- a. Estudio de mercado
- b. Se selecciona una muestra de parcelas a valorar
- c. Definición de los planos
- d. Valoración de la muestra
- e. Análisis estadístico
- f. Análisis de residuos
- g. Ecuación definitiva

Además, propone, que el método de estimación de los valores sea el de regresión, que es imprescindible preparar los siguientes mapas:

- Mapa de zonificación (urbano o rural)
- Mapa de tipos de comercio
- Mapa de tipos de residencial
- Mapa de tipos de industria
- Mapa de tipos de suelos
- Mapa de tipos de vía

La importancia de estos mapas radica en que en ellos se incluye información que será considerada como variables para el método de estimación de valores; por ejemplo, el mapa de tipo de residencial

contiene la variable “tipo de residencial”, la cual es utilizada para realizar el cálculo del valor por metro cuadrado de los terrenos.

4.3.4. El Método de Mínimos Cuadrados Generalizados Factibles (MCGF)

Como una forma de corregir los problemas de heterocedasticidad y autocorrelación se utiliza el estimador de Mínimos Cuadrados para detectar perturbaciones no esféricas y contrastar la existencia de la heterocedasticidad y autocorrelación. Sin embargo, para cuando la matriz de varianzas y covarianzas de la perturbación es desconocida se utiliza el estimador de Mínimos Cuadrados Generalizados Factibles.

Según explica (Esteban, 2008) la definición del Modelo de Mínimos Cuadrados Generalizados Factibles:

En el modelo de regresión lineal general según la expresión 6:

$$Y = X\beta + u \quad u \sim N(0, \sigma^2\Omega) \quad (6)$$

Donde Ω es desconocida. Cómo estimar los parámetros desconocidos β . Se debe responder que:

- a) Si Ω es conocida, el estimador $\tilde{\beta}_{MCG} = (X' \Omega^{-1} X)^{-1} X' \Omega^{-1} Y$ es un estimador lineal, insesgado, eficiente y consistente de los coeficientes desconocidos, β .
- b) Si Ω es desconocida, habitualmente lo es, lo tendremos que estimar para sustituirlo en la expresión del estimador de MCG y obtener así el estimador de Mínimos Cuadrados Generalizados Factible (MCGF) en la expresión 7:

$$\tilde{\beta}_{MCGF} = (X' \hat{\Omega}^{-1} X)^{-1} X' \hat{\Omega}^{-1} Y \quad \text{si } E(uu') = \sigma^2\Omega \quad (7)$$

$$\tilde{\beta}_{MCGF} = (X' \hat{\Sigma}^{-1} X)^{-1} X' \hat{\Sigma}^{-1} Y \quad \text{si } E(uu') = \Sigma$$

Si Ω es desconocida, en el modelo conlleva a la estimación de K-coeficientes y N varianzas:

$$Y_i = \beta_1 + \beta_2 X_{2i} + \dots + \beta_K X_{Ki} + u_i \quad (8)$$

$$E(uu') = \begin{pmatrix} \sigma_1^2 & 0 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & \sigma_2^2 & 0 & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & \cdots & \sigma_N^2 \end{pmatrix}$$

La estimación de $K + N$ parámetros con N observaciones no es posible si lo que se desea es estimar estos parámetros de forma precisa. Es necesario establecer algún tipo de restricción sobre la forma funcional de los parámetros desconocidos de Ω . Habitualmente, se modela la varianza de la perturbación en función de un conjunto de parámetros θ y un conjunto de observaciones Z_i , que pueden o no formar parte del conjunto de regresores del modelo, pero todo caso la información sobre las mismas es conocida. Este supuesto reduce el número de parámetros a estimar siempre que Z_i sea un vector de orden $(S \times 1)$, θ un vector de $(S \times 1)$ ó $((S + 1) \times 1)$ parámetros, siendo $K + N < N$. De este modo los parámetros del modelo serían estimables.

Así que el autor propone la expresión 9:

$$\sigma_i^2 = f(Z_i, \theta) \quad \forall_i \quad \text{tal que } \Omega = \Omega(\theta) \quad (9)$$

Donde la función $f(\cdot)$ es la que mejor se ajusta a la información disponible (lineal, cuadrática, exponencial, etc.). Entonces, una vez obtenido el estimador de θ , $\hat{\theta}$, se tiene definido el estimador de $\Omega(\theta)$, $\hat{\Omega} = \Omega(\hat{\theta})$ y se puede estimar el vector de coeficientes $\tilde{\beta}_{MCGF} = (X' \hat{\Omega}^{-1} X)^{-1} X' \hat{\Omega}^{-1} Y$.

$$\text{El estimador } \tilde{\beta}_{MCGF} = (X' \hat{\Omega}^{-1} X)^{-1} X' \hat{\Omega}^{-1} Y = (X' \hat{\Sigma}^{-1} X)^{-1} X' \hat{\Sigma}^{-1} Y \quad (10)$$

es una función no lineal de Y lo que dificulta la derivación analítica de sus propiedades en muestras finitas.

Por ello, interesa sólo por sus propiedades en muestras grandes o propiedades asintóticas, es decir, consistencia y normalidad asintótica, para lo que es necesario que $\hat{\Omega}$ sea un estimador consistente de Ω . Si $\hat{\Omega}$ es consistente se puede demostrar que, bajo ciertas condiciones de regularidad $\tilde{\beta}_{MCGF}$ posee propiedades asintóticas deseables:

- a) $\tilde{\beta}_{MCGF}$ es consistente.
- b) $\tilde{\beta}_{MCGF}$ es asintóticamente normal:

$$\sqrt{N}(\tilde{\beta}_{MCGF} - \beta) \xrightarrow{d} N\left(0, \sigma^2 \lim_{n \rightarrow \infty} \left(\frac{X' \Omega^{-1} X}{N}\right)^{-1}\right)$$

Donde:

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \left(\frac{X' \Omega^{-1} X}{N}\right)^{-1} = G^{-1}$$

El estimador de MCGF es un estimador de Mínimos Cuadrados en dos etapas. En la primera etapa se busca un estimador consistente de θ para que $\hat{\Omega} = \Omega(\hat{\theta})$ sea consistente. En la segunda etapa se sustituye $\hat{\Omega}$ en la función objetivo y ésta se minimiza con respecto a β para obtener el estimador de MCGF.

$$\min_{\beta} (Y - X\beta)' \hat{\Omega}^{-1} (Y - X\beta) \quad (11)$$

$$\text{De donde: } \tilde{\beta}_{MCGF} = (X' \hat{\Omega}^{-1} X)^{-1} X' \hat{\Omega}^{-1} Y$$

Como aproximación a la estimación de Ω generalmente se utiliza la relación entre u_i y \hat{u}_i y se propone la ecuación:

$$\sigma_i^2 = f(\theta, Z_i)$$

$$\hat{u}_i^2 = f(\theta, Z_i) + \text{error}$$

$$\hat{u}_i^2 = \theta_1 + \theta_2 Z_{2i} + \theta_3 Z_{3i} + \dots + \theta_S Z_{Si} + \text{error} \quad (12)$$

Donde:

$$\hat{u} = Y - X\hat{\beta}_{MCO}$$

El estimador MCO del modelo auxiliar proporciona estimadores consistentes $\{\hat{\theta}_S\}_{S=1}^S$ así $\hat{\Omega} = \Omega(\hat{\theta})$ es consistente y se obtiene el estimador por MCGF de los parámetros desconocidos del modelo.

Donde Catalán (2006) lo resumen en el siguiente procedimiento:

- a. Estimar el modelo
- b. Obtener los residuales \hat{U}
- c. Se obtiene un estimador de la varianza de los errores

$$S^2 = \frac{\sum \hat{U}_i^2}{(N - K)}$$

- d. El estimador es utilizado como ponderador.

$$\hat{\Omega}^{-1} = \begin{pmatrix} \frac{1}{S^2} & 0 & \dots & 0 \\ 0 & \frac{1}{S^2} & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & 0 \\ 0 & 0 & \dots & \frac{1}{S^2} \end{pmatrix}$$

- e. Las variables del modelo son individuales por varianza de los errores de MCO.
- f. Es una forma de estandarizar las variables.

4.3.5. Método de Factores de Ajuste.

Una vez que se tuvo la ecuación de regresión, y con la determinación de las variables que tienen una significancia dentro del modelo de cálculo del valor de las propiedades, se procedió a realizar la aplicación del método de factores de ajuste.

Aznar-Bellver., *et al.*, (2012) continúa mencionando que, el factor de homologación es la cifra numérica que establece el grado de diferencia, expresado en fracción decimal o en porcentaje, que existe entre dos bienes del mismo género, con base en sus características particulares, para hacerlos comparables entre sí, de forma que la información obtenida del comparable sirva para determinar el valor del sujeto (p.64)

Phoenix (2017), sobre la homologación menciona que los precios de referencia deberían ser homologados debido a los atributos que caracterizan al bien objeto de valuación, a fin de evaluarlos y compararlos coherentemente.

Entre los resultados de la comparación, puede ser mayor o menor que la unidad, dependiendo si la condición del sujeto es mejor o peor al comparable. Para realizar la corrección de los comparables con respecto al bien a valorar se determinan las características o variables explicativas que se va a utilizar en el procedimiento de corrección y que deberán ser aquellas que en cada caso tengan mayor influencia sobre el precio, a criterio del perito (Aznar-Bellver., *et al.*, 2012)

Entre las acciones que recomienda el mismo autor están:

- a. Conocer físicamente el bien a valorar y los posibles comparables con sus características.
- b. Seleccionar los comparables más representativos (de la base de datos o de la investigación de mercado). Se debe hacer buscando que guarden la máxima similitud con el sujeto.
- c. Definir las variables explicativas y el procedimiento de corrección a utilizar.
- d. Determinar las diferencias entre los comparables y el sujeto.
- e. Generar los ajustes necesarios a cada comparable, de forma que sea los más parecido al sujeto analizado.
- f. Se recomienda la adecuada tabulación de los resultados con el fin de lograr una mejor comprensión e interpretación de los resultados.
- g. Medir la desviación de los valores homologados utilizando el método de Chauvenet u otro de los propuestos.
- h. Corregidos todos los precios de los comparables el valor del bien a valorar es la media aritmética de los precios corregidos o la suma de estos precios ponderados.

El modelo de valoración del ONT (2000) propone realizar un único mapa denominado mapa de valores por zonas homogéneas, el cual es básico cuando se utiliza por este método de cálculo, ya que incluye la información de cada zona homogénea y los respectivos *lotes tipo*.

Los factores de ajuste que utiliza el ONT se obtuvieron, como se mencionó anteriormente, calculados a partir de las ecuaciones de regresión que existían en los años noventa. Para cada una de las características se procedió a determinar un factor de ajuste a través de una forma matemática de cálculo de acuerdo con la forma de comportamiento (exponencial y/o potencial) de las variables. De estos cálculos, es que salen las siguientes expresiones con fórmulas exponenciales y con algunas constantes que se determinaron en su momento, y del cual este trabajo no pretende modificar sino realizar la comparación.

A continuación, se presentan los factores de ajuste propuestos por el ONT:

4.3.5.1. Factor de Extensión.

De acuerdo con la extensión (área) sirve para ajustar el valor unitario del lote a valorar, según la del lote tipo de la correspondiente zona homogénea.

Fórmula (13):

$$F_e = \frac{(A_{lt})^\beta}{(A_{lv})^\alpha} \quad (13)$$

Donde:

F_e = Factor de extensión

A_{lt} = Área del lote tipo o de referencia

A_{lv} = Área del lote o finca a valorar

β = Factor exponencial determinado a partir de la finca a valorar

α = Factor exponencial determinado a partir del lote tipo

Es importante indicar que, en la fórmula anterior, los exponentiales (α, β) se colocan en forma invertida, esto es, el exponencial α determinado a partir del lote tipo o de referencia, se utiliza como exponencial del lote o finca a valorar y viceversa.

Para determinar el factor de extensión en zonas urbanas, debe seguirse el siguiente orden:

- a. Determinar el valor de los exponentiales (α, β)
- b. Determinación del factor de extensión.

Para determinar el valor de los exponentiales (α, β) se utiliza la tabla 1:

Tabla 1. Casos para el cálculo de las exponentiales (α, β)

Caso	Intervalo de Área	Cálculo de (α, β)
1º	< 30000 m ²	0.33
2º	≥30000 m ² ≤ 100000 m ²	0.364 – (0.00000113 * Área)
3º	> 100000 m ²	0.275 – (0.00000025 * Área)

Fuente: Tomado del modelo de valoración. ONT. 2009, p. 4.

Otra fórmula de aplicación del factor área lo propone Guerrero, (1984) con la fórmula y los factores para reducir precios según la tabla 2:

Fórmula (14):

$$F_a = \frac{F_{lt}}{F_{lv}} \quad (14)$$

Siendo:

F_a = coeficiente de área

F_{lt} = Factor del área del lote tipo

F_{lv} = Factor del área del lote a valorar (p.51).

Tabla 2. Factores para reducir precios de lotes urbanos hasta fracciones de 50 Ha.

Superficie m ²	Factor
250	0.50
300	0.53
350	0.56
400	0.60
500	0.65
1000	0.75
2000	0.85
3500	0.95
5000	1.00
7000	1.10
10000	1.20
15000	1.30
25000	1.40
40000	1.50

Fuente: Tomado de Dante Guerrero. Manual de Tasaciones. 1984. p.51

4.3.5.2. Factor de Frente.

La utilización de esta variable depende fundamentalmente de la comparación entre el frente de la finca a valorar y el frente del lote tipo de la zona homogénea respectiva.

Esta variable es especialmente importante en propiedades urbanas, en tanto que en las propiedades rurales su importancia está relacionada con la existencia o no de un desarrollo lineal. Toma en consideración la siguiente premisa: a mayor frente, mayor será el valor unitario del terreno, siempre y cuando este frente sea aprovechable.

Fórmula (15):

$$F_f = (F_{lv}/F_{lt})^y \quad (15)$$

Donde:

F_f = Factor de frente

F_{lv} = Frente del lote a valorar

F_{lt} = Frente del lote tipo

λ = Coeficiente exponencial

Para el cálculo del exponencial λ se estima utilizando el mayor frente entre los lotes, o sea, se compara el frente del lote tipo con el frente principal del lote a valorar y se utiliza el que sea mayor para realizar el cálculo, de conformidad con la tabla 3:

Tabla 3. *Casos para el cálculo del exponencial*

Caso	Longitud del frente mayor (f_m) de los dos lotes	Valor de λ
1º	$f_m \leq 30$	0.25
2º	$30 < f_m \leq 200$	$0.2585 - (\text{frente} * 0.0003)$
3º	$200 < f_m \leq 480$	$0.215 - (\text{frente} * 0.000009)$
4º	$f_m > 480$	0.17

Fuente: Tomado del Modelo de valoración. ONT. 2009, p.6.

Menciona Robledo (1998), que el Instituto Brasileño de Avalúos y Peritazgos (IBAPE) utiliza la misma fórmula para determinar el factor frente, con el mismo exponente λ igual a 0,25.

4.3.5.3. Factor de Regularidad.

Su efecto en el valor unitario es inversamente proporcional al área de este. Para obtener el factor regularidad se usa la siguiente fórmula (16):

$$F_r = (R_{lv})^p / (R_{lt})^n \quad (16)$$

Donde:

F_r = Factor de regularidad

R_{lv} = Regularidad del lote a valorar

R_{lt} = Regularidad del lote tipo

(ρ, n) = Coeficientes

El ONT toma el lote tipo siempre con un factor de regularidad igual a 1.

Para obtener la regularidad del lote a valorar se debe conocer el concepto que utiliza el criterio del “Área del Menor Rectángulo Circunscrito” (AMRC), el cual se determina por el área de la menor figura regular (cuadrado o rectángulo) que contenga al lote en estudio, como se muestra a continuación:

Para determinar los coeficientes (ρ, n) se utiliza la tabla 4:

Tabla 4. Casos para el cálculo de los coeficientes (ρ, n)

Caso	Rango de Área (m ²)	Coeficientes (ρ, n)
1º	< 500	0.50
2º	≥ 500 < 1 500	0.33
3º	≥ 1 500 < 50 000	0.25
4º	≥ 50 000 < 200 000	0.15
5º	≥ 200 000	0.10

Fuente: Tomado del Modelo de valoración. ONT. 2009, p.15.

Como se observa en la tabla anterior, el exponente disminuye a medida que se incrementa el área, con lo que el peso de la regularidad también decrece cuando los inmuebles son de mayor extensión, generalmente de uso agropecuario o forestal.

4.3.5.4. Factor de Pendiente.

Este factor muestra la inclinación del lote. La pendiente es un factor de gran influencia en el valor de los inmuebles, por cuanto es un indicador del grado de utilización de este.

Fórmula (17):

$$F_{\rho} = e^{((P_{lt}-P_{lv})/78)} \quad (17)$$

Donde:

F_p = Factor de pendiente

P_{lt} = Pendiente del lote tipo

P_{lv} = Pendiente de lote a valorar

78 = Constante

Menciona Aznar-Bellver., *et al.*, (2012) que se debe de tener muy claro que en el análisis de este punto ha de tomar en cuenta el tipo de proyecto que se ejecutará en el terreno y el uso que se hará del suelo, entre otros elementos (p.124).

4.3.5.5. Factor de Nivel.

Este factor es de aplicación exclusiva para lotes urbanos, y se refiere a la diferencia, medida en metros, entre el nivel de superficie del inmueble y el nivel de vía por la que tiene acceso el predio.

Este factor determina, la importancia de la facilidad que tiene el acceso al lote.

Fórmula (18):

$$F_n = e^{((k_1 * N_{lv}) - (k_2 * N_{lt}))} \quad (18)$$

Donde:

F_n = Factor de nivel

N_{lv} = Nivel del lote a valorar

N_{lt} = Nivel del lote tipo

k_1 = constante de nivel del lote a valorar

k_2 = constante de nivel del lote tipo

Los valores de k_1 y k_2 están en función de la orientación del nivel. Para bajo nivel es de -0.05, y para sobre nivel de -0.03. Lo anterior por cuanto se considera que un lote bajo nivel es menos deseable que uno sobre nivel.

4.3.5.6. Factor de Tipo de Vía

Hace referencia al acceso que tiene la propiedad, y clasifica las vías de la siguiente forma:

- Vía 1: Sector más valioso y de mayor desarrollo comercial.
- Vía 2: Zonas comerciales de menor desarrollo, zonas industriales o algunas residenciales de clasificación alta.
- Vía 3: Zonas de transición comercial – residencial o residencial - industrial
- Vía 4: Sectores residenciales, industriales y algunas zonas agropecuarias.
- Vía 5: Sectores residenciales, industriales y agropecuarios. Incluye alamedas.
- Vía 6: Generalmente en zonas agropecuarias. Acceso todo el año.
- Vía 7: Generalmente en zonas agropecuarias. Accesos solo en época seca.
- Vía 8: Generalmente en zonas agropecuarias. Paso de carretas, bestias y peatones.
- Vía 9: Servidumbres de paso
- Vía 10: Ríos, canales, esteros o mar.
- Vía 11: Vía Férrea.

Fórmula (19):

$$F_{tv} = e^{((v_{ft} * v_{fv}) * 0.0646)} \quad (19)$$

Donde:

F_{tv} = Factor de tipo de vía

V_{fv} = Vía de finca a valorar

V_{ft} = Vía de finca tipo

0.0646 = Constante

4.3.5.7. Factor de Servicios Públicos.

Para facilitar la aplicación del método comparativo y la utilización de los planos de valores, el Órgano de Normalización Técnica ha separado los servicios públicos en dos categorías: servicios 1 y servicios 2.

Factor servicios 1: Se utiliza para terrenos urbanos o rurales con desarrollo lineal, y se refiere a la presencia de acera y cordón de caño. En la tabla 5 se utiliza 0 = ausencia del servicio y 1 = disponibilidad del servicio.

Tabla 5. *Categorización de la disponibilidad de servicios 1*

Disponibilidad		Clasificación
Acera	Cordón y caño	
0	0	1
0	1	2
1	0	3
1	1	4

Fuente: Tomado del modelo de valoración. ONT. 2009, p.12.

Fórmula (20):

$$F_{s1} = e^{((S_{1lv} - S_{1lt}) * 0.03)} \quad (20)$$

Donde:

F_{s1} = factor comparativo de servicios 1.

S_{1lv} = clasificación de servicios 1 de la finca a valorar.

S_{1lt} = clasificación de servicios 1 de la finca tipo.

0.03 = constante

Factor servicios 2: Este factor considera los servicios públicos de cañería, electricidad, teléfono y alumbrado público. Se utiliza en zonas urbanas como rurales.

Utiliza la siguiente clasificación en la tabla 6:

Tabla 6. *Categorización de la disponibilidad de servicios 2*

Alumbrado	Teléfono	Electricidad	Cañería	Clasificación
0	0	0	0	1
1	0	0	0	2
0	1	0	0	3
0	0	1	0	4
0	0	0	1	5
1	1	0	0	6
1	0	1	0	7
1	0	0	1	8
0	1	1	0	9
0	1	0	1	10
0	0	1	1	11
1	1	1	0	12
1	1	0	1	13
1	0	1	1	14
0	1	1	1	15
1	1	1	1	16

Fuente: Tomado del modelo de valoración. ONT. 2009, p.13

Fórmula (21):

$$F_{S_2} = e^{((S_{2lv} - S_{2lt}) * 0.03)} \quad (21)$$

Donde:

F_{S_2} = factor comparativo de servicios 2.

S_{2lv} = clasificación de servicios 2 de la finca a valorar.

S_{2lt} = clasificación de servicios 2 de la finca tipo.

0.03 = constante

4.3.5.8. Factor de Ubicación.

Se trata de la ubicación del lote dentro del cuadrante urbano, en relación con esquinas o vías de comunicación.

El ONT utiliza la tabla 7:

Tabla 7. *Categorización de la ubicación del lote dentro del cuadrante urbano*

Descripción de ubicación del lote	Código de ubicación
Manzanero	1
Cabecero	2
Esquinero	3
Medianero con dos frentes	4
Medianero	5
Callejón lateral	6
Callejón fondo	7
Lote en servidumbre	8

Fuente: Tomado del modelo de valoración. ONT. 2009, p.8

Utiliza de igual forma como medianero, siempre al lote tipo, por ser la condición más frecuente en todos los sectores.

Fórmula (22):

$$F_u = e^{(k * (U_{lv} - U_{lt}))} \quad (22)$$

Donde:

F_u = factor de ubicación

U_{lv} = Ubicación del lote a valorar.

U_{lt} = Ubicación del lote tipo

k = constante de ubicación

La constante K está definida en la tabla 8:

Tabla 8. *Factor de ubicación*

Sector	K
Comercial	-0.111
Residencial	-0.0255

Fuente: Tomado del modelo de valoración. ONT. 2009, p.9

Otros factores que se analizaron en la investigación de modelos de valoración fueron los siguientes:

4.3.5.9. Distancia al predio.

Se define a la cercanía del predio que se está valorando con la infraestructura urbana y mercado de productos, así como el acceso a ellos, involucra la zona de mayor crecimiento económico y social de un cantón. Este factor se toma del manual de valuación catastral 2008, publicado en el periódico Oficial del Estado de Puebla. (ICEP, 2008)

Esta variable explicativa se considera como cuantitativa porque expresa cantidades, e inversa, debido a que el valor se mueve en sentido distinto que ellas, o sea, si la variable aumenta el valor disminuye y si la variable disminuye el valor aumenta.

Se presenta en la tabla 9:

Tabla 9. *Categorización de la distancia al predio.*

Número	Distancia al predio	Factor
1	1m a 500m	1.4
2	501m a 1.500m	1.2
3	1.500m en adelante	1

Fuente: Tomado del manual de valuación catastral. ICEP. 2008, p.43

Obtenido el factor de distancia del predio, se procede a calcular el valor del terreno, en la que propone el autor en la fórmula (23):

$$VCT = VCSR * FD * ST \quad (23)$$

Donde:

VCT: Valor catastral del terreno

VCSR: Valor catastral del suelo rústico

FD: Factor distancia

ST: Superficie del terreno

Con respecto a la utilización de la variable Distancia, Paniagua (2017) menciona que a través de una investigación se determinó el efecto de la distancia a la ciudad de Guápiles, donde como resultado se obtuvo que el valor unitario por cada metro cuadrado decae de forma exponencial conforme aumenta la distancia medida en kilómetros con un coeficiente de regresión de -0,023.

4.3.5.10. Cobertura Móvil.

Con relación al tema de cobertura móvil, es importante explicar los siguientes conceptos vinculados a las redes móviles:

El área de cobertura de red según la SUTEL (2016) es el nivel de intensidad de señal que recibe el terminal o dispositivo móvil que se utiliza para comunicarse. Además, la cobertura comprende la delimitación geográfica (cantón, distrito, localidad, barrio, calle, entre otros) en el cual un operador ofrece las condiciones mínimas de calidad de un determinado servicio de comunicación, ya sea de voz y de datos.

Es importante indicar que algunos factores pueden afectar al nivel de cobertura que se puede obtener. Entre estos, los más importantes para tener en cuenta son:

- a. Distancia a la antena más cercana: Uno de los factores que influyen en la cobertura es la distancia a la que se esté de la antena, ya que a cuanto mayor sea la distancia, tendremos menos señal en nuestro terminal.

b. Propagación y obstáculos: La cobertura se produce mediante ondas y de modo que cualquier obstáculo del terreno que esté situado entre el dispositivo y la antena puede afectar a la cobertura.

c. Ubicación interior o exterior: Por regla general, la cobertura suele ser peor en el interior de edificios que en el exterior. Además, como las ondas 2G penetran mejor que las ondas 3G, en algunos interiores se puede tener únicamente cobertura 2G. También influyen algunos materiales usados en la construcción de determinados edificios.

d. Tipo de dispositivo: No todos tienen la misma calidad. Además, cualquier golpe o accidente puede afectar negativamente a su normal funcionamiento.

e. Problemas técnicos puntuales del sistema de red: los cuales pueden suponer problemas de cobertura ocasionales y siempre limitados en el tiempo.

Además, en el país se ofrecen tres tipos distintos de cobertura:

- Cobertura 2G/2.5G (Red GSM/GPRS) Sirve para hacer llamadas y enviar SMS, así como para navegar por Internet a baja velocidad.
- Cobertura 3G/3G+ (Red UMTS) Sirve también para hacer llamadas y enviar SMS, y además permite navegar por Internet a alta velocidad, acceder al email y redes sociales, enviar y descargar fotos y vídeos, oír música en streaming, entre otras.
- Cobertura 4G/4G+ (Red LTE) Sirve para navegar por Internet a muy alta velocidad.

Según Becvar, Z. *et al.* (2013). En la red GSM las aplicaciones básicas operan en la banda 900 MHz, pero el incremento del tráfico de datos dio lugar al desarrollo de otras versiones con múltiples bandas de frecuencia:

- GSM 900 – bandas de frecuencias de 900 MHz.
- GSM 1800 – bandas de frecuencias de 1800 MHz.

- GSM 1900 – bandas de frecuencias de 1900 MHz.

Entre los servicios y aplicaciones disponibles para esta red están los siguientes:

- Telefonía. Incluye llamadas de emergencia, llamadas mediante itinerancia y también en todas las otras redes.
- Servicios de mensajes. Tales como SMS, con un máximo de 160 caracteres entre dos puntos.
- Correo de Voz.
- E-mail
- Servicios bancarios
- Servicios de información, entre otros.

Siguiendo con la red 3G, esta se denomina UMTS y están dispuestas alrededor de 2 GHz, lo cual garantiza características razonables de transmisión, baja atenuación de señal y fácil penetración de la señal dentro de edificios.

A continuación, se enumeran diversos servicios que se ofrecen mediante la red 3G:

- Streaming de video – se puede recibir contenidos vídeo como películas, música, eventos deportivos, etc.
- Juegos en tiempo real.
- Descarga de contenidos multimedia – los usuarios pueden descargar fácilmente canciones en formato mp3, fotos, así como otros contenidos interactivos.
- Servicios de mensajería – mientras que en las redes 2G, sólo están disponibles SMS o MMS simples, las redes 3G permiten la inclusión de videos de corta duración.
- Video llamada y conferencia – interacción simultánea de varios usuarios móviles que pueden comunicarse en línea mediante telefonía y video.

- Servicios basados en localización – ofreciendo servicios basados como la navegación de los usuarios hasta el destino final, la notificación del punto de interés o mejora de los servicios de emergencia.
- Pulsar para hablar – simplemente pulsando un botón en el auricular, el usuario puede comenzar a hablar inmediatamente a otros usuarios como si fuese un walkie-talkie.

Finalmente, la red 4G o LTE/LTE-A utiliza un mayor rango de frecuencia, por ejemplo, se consideran, las bandas de 2 ó 2,6 GHz alrededor de 3,5 GHz y bandas inferiores a 1 GHz.

Al igual que la 3G, la red 4G permite ejecución simultánea de varias aplicaciones con diferentes niveles de calidad del servicio (por ejemplo, llamadas de voz y descarga o video conferencia)

4.3.6. El Método de los Precios Hedónicos

Este método parte de la idea de que el conjunto de características que componen un bien heterogéneo tienen un reflejo en su precio de mercado. Por ello, se asume que el precio de dicho bien puede ser descompuesto en función de sus diferentes atributos y por este motivo se puede asignar un precio implícito a cada uno de dichos atributos una vez estimada la ecuación de precios hedónicos.

Según menciona Melo (2003), la técnica de precios hedónicos consiste en estimar económicamente ecuaciones que tienen como variable dependiente el precio del bien o servicio y, como regresoras, los atributos o características de este. Este autor indica que en Colombia se hace necesaria la construcción y el desarrollo de cambios en las metodologías de avalúos masivos centrados en la estimación de modelos econométricos.

De acuerdo con Gracia, A. *et al.* (2003) el método de los precios hedónicos, al basarse en los precios que obtienen las distintas fincas en las transacciones de mercado, se puede enmarcar dentro de los métodos sintéticos, en particular dentro de los denominados econométricos, estadísticos o de regresión.

El precio de una parcela dependerá de características físicas y agronómicas, como la superficie, la calidad de la tierra, su orientación productiva, la disponibilidad de agua, su altitud y pendiente, etc. Pero también hay otros factores que pueden influir en el precio y que están relacionados con la situación socioeconómica del territorio donde se ubica, como la disponibilidad de mano de obra y capital, la rentabilidad de la explotación o las expectativas de futuro, entre otros aspectos (p.52)

Para Sánchez, (2013) el modelo de regresión que describe el valor del suelo en función de diversos atributos de cada propiedad individual o de su entorno pueden interpretarse como modelos de precios hedónicos. En particular, los modelos de precios hedónicos son muy populares para investigar los efectos de la accesibilidad sobre el valor del suelo (e.g. Maciel y Biderman, 2010, Rodríguez y Mojica, 2009), describir dinámicas agregadas de los modelos de localización residencial como el gradiente de precios (Biderman, 2001) e incluso evaluar el efecto de políticas públicas (e.g. Knaap, 1985, Chamblee et al., 2009, Lynch et al. 2007).

5. Diseño Metodológico

La investigación efectuada utilizó la metodología propuesta por Lerma (2004), la cual establece los pasos de cómo llevar una investigación, lo cual permitió detallar la estrategia y dar respuesta a los objetivos planteados.

5.1. Tipo de Investigación

La investigación efectuada fue de tipo cuantitativa ya que, el desarrollo del objetivo implicó la utilización de técnicas e instrumentos econométricos y estadísticos para el análisis de los datos.

La información de este estudio contempló datos del cantón de Oreamuno, generados directamente por medio de la Municipalidad de Oreamuno.

Esta investigación no se enfocó en modificar las fórmulas del cálculo de los factores de ajuste del ONT, sino que validó la significancia de todas las variables que componen el modelo, así como las variables *distancia a la estación del tren* y *cobertura móvil*, y de acuerdo con el resultado significativo en el valor de la tierra, se propuso que los resultados del estudio fueran incluidos en el modelo de valoración.

Por consiguiente, tomando como referencia la metodología de Lerma (2004) y basados en el planteamiento que indicó Guadalajara (2014) se ejecutó el siguiente orden de pasos para efectuar la investigación:

5.2. Recopilación de Información Básica del Cantón de Oreamuno

El tener un valor de referencia de la tierra que no se actualiza desde el año 2010, no permite actualizar los valores de las propiedades a hoy de una forma justa, tanto para la Municipalidad de Oreamuno como para los contribuyentes, afectando la recaudación del impuesto sobre bienes inmuebles y la inversión en infraestructura en el cantón. Por lo anterior, primero se realizó un estudio de mercado de los valores de las propiedades en el cantón actual, a través de elaboración de encuestas, levantamientos en el campo, visitas a los predios para realizar la verificación de las características de cada

lote, se logró recopilar una buena base de datos con información necesaria para la creación del nuevo modelo de valoración propuesto.

A partir de la información recabada, tomando en cuenta que los datos correspondían al Cantón de Oreamuno, se logró crear un modelo de valoración regional, cuyo propósito sería el de valorar propiedades de una forma más objetiva y con valores más afines con la realidad del cantón.

Adicionalmente, dada la inclusión de dos nuevas variables, se debía efectuar el reajuste de todo el modelo de valoración del ONT, incluidos los coeficientes de las otras variables que el citado modelo ya contemplaba, ante lo cual se obtuvo un nuevo modelo de valoración con características apegadas a la realidad del cantón de Oreamuno.

Se buscó información municipal útil para el proceso de la elaboración de los mapas y ubicación de propiedades, entre los cuales estaban:

- Base de datos de fincas que comprenden el cantón de Oreamuno.
- Plan Regulador del año 2014.
- Plataforma de valores vigente 2010.
- Capa de propiedades catastrales del Sistema de Información Geográfica en formato shape.
- Mapas de amenazas de la CNE para el cantón de Oreamuno.
- Fotografías aéreas (ortofotos) en escala 1:1000 y 1:5000 del año 2017, así como las imágenes satelitales de Google.

Utilizando la ayuda de un Sistema de Información Geográfica (SIG) se determinó la ubicación de la estación del tren, y por medio de la herramienta, se creó un búfer o radios de distancia para determinar las distancias en el cantón respecto de la estación del tren.

Para categorizar la variable de cobertura móvil se utilizó la información referida en el mapa de cobertura emitido por la SUTEL mediante su sitio WEB <https://mapas.sutel.go.cr/>, este mapa es elaborado

por la SUTEL, se actualiza y se publica anualmente permitiendo estimar el rango de cobertura móvil. La caracterización de esta variable tomó en consideración los tipos de cobertura o cobertura esperada definidos por la SUTEL en el Reglamento de prestaciones y calidad de servicios y la resolución RCS-152-2017 Umbrales de cumplimiento para los indicadores establecidos en el Reglamento de prestación y calidad de servicios.

Así las cosas, se puede indicar que cada tipo de cobertura o cobertura esperada se encuentra delimitada por niveles de intensidad específicos, los cuales se encuentran documentados en el Reglamento de prestación y calidad de servicio, y a partir de la valoración de la presencia o no de cobertura y su intensidad de señal para las diferentes tecnologías desplegadas a nivel del cantón de Oreamuno, se otorgó una puntuación para así calificar la disponibilidad de señal, y se asignó un peso dentro de la estimación del valor del terreno. Una aproximación de este análisis se detalla en la tabla 10, resulta importante aclarar que para una misma tecnología no es posible registrar en una ubicación específica en un instante específico más de un tipo de cobertura, lo cual significa que durante una medición o captura de datos en un momento de tiempo específico para una ubicación particular, únicamente se puede obtener un nivel de intensidad de señal para la tecnología bajo evaluación, y este nivel de intensidad de señal, dependiendo del rango en el cual se encuentra estaría estrictamente relacionado a un tipo de cobertura específico.

Tabla 10. *Clasificación de los cuatro tipos de cobertura esperada de la intensidad de señal.*

Color de escala	Cobertura esperada
Azul	Dentro de edificaciones, dentro de vehículos automotores y en exteriores
Verde	Dentro de vehículos automotores y en exteriores
Amarillo	Solo en exteriores
Rojo	Sin cobertura

Fuente: Tomado de la SUTEL. 2017

En la tabla 11 se muestra los niveles de intensidad de tecnología y por tipo de cobertura o cobertura esperada.

Tabla 11. *Intensidad de señal por tecnología y tipo de cobertura.*

Color de escala	2G: Valor de Rxlev (dBm) medido en exteriores	3G: Valor de RSCP (dBm) medido en exteriores	4G: Valor de RSRP (dBm) medido en exteriores
Azul	≥ -75	≥ -85	≥ -95
Verde	$-75 > \text{nivel de señal} \geq -85$	$-85 > \text{nivel de señal} \geq -95$	$-95 > \text{nivel de señal} \geq -105$
Amarillo	$-85 > \text{nivel de señal} > -95$	$-95 > \text{nivel de señal} > -105$	$-105 > \text{nivel de señal} > -115$
Rojo	≤ -95	≤ -105	≤ -115

Fuente: Tomado de la SUTEL. 2017

Para el análisis puntual de la variable de cobertura móvil, en aquellos casos se coincidieron resultados de cobertura de más de un operador, se estimó un promedio simple de los valores, incluyendo así la probabilidad de que cualquiera de los tres operadores activos del país tenga presencia de cobertura en la propiedad bajo análisis.

5.3. Recolección de Datos de Ventas de Propiedades

Debido a que el modelo valorado contemplaba 10 variables, y que para variable se requería al menos de 10 a 15 referencias, de conformidad con lo indicado en la sección 4.3.3. del presente informe, se debieron recopilar 150 referencias, lograron encontrar más referencias de ventas en el proceso de desarrollo de esta investigación. Cabe mencionar que se realizó un análisis de la distribución espacial y numérica de las muestras obtenidas dentro de cada zona, con el fin de cumplir con el número mínimo de muestras por zona.

Se realizaron giras en el cantón para conocer la oferta de venta de propiedades y se verificaron las características de estas, se buscaron ofertas de propiedades de páginas inmobiliarias de internet, así como se consultaron avalúos bancarios. Además, se utilizó la base de datos de hipotecas generadas para

el cantón de Oreamuno, la cual fue útil al realizarle un estudio minucioso a la propiedad producto del valor que tenía en la oferta de venta y con el valor que fue adquirida producto de la compra a través de una hipoteca.

Para el levantamiento de la información se elaboraron formularios para la toma de datos, lo que facilitó posteriormente el registro de estos datos, así como las fotografías tomadas de cada propiedad. Como lo menciona el ONT, el proceso de depuración de las muestras consiste en su georreferenciación a nivel de cartografía, el estudio de mercado, consecución de áreas y frentes y características de los bienes a valorar, así como toda aquella información importante dentro de los requerimientos de la memoria de cálculo.

El formulario para la toma de datos de las referencias que se utilizó fue el del ONT, el cual se encuentra detallado en el anexo 4.

5.4. Utilización del Programa Estadístico

Para crear la base de datos se utilizó el programa de Excel, en esta base se incluyeron todas las referencias recopiladas en el punto anterior. Para aplicar el método de regresión y su respectivo análisis, se utilizó el software Gretl, el cual es de acceso gratuito y brindó los resultados requeridos. Con este último, se calculó el coeficiente de correlación y se analizó el gráfico de dispersión entre los modelos generados.

Una vez que se tuvieron los resultados se interpretaron los parámetros de R^2 , R^2 ajustado, error típico, el estadístico F y el nivel de significancia, el estadístico t y el nivel de significancia y los intervalos de confianza. Posteriormente, se verificó la no colinealidad entre las variables, cuya solución implicó ejecutar el procedimiento recomendado por Gujarati (2009) y el cual se describe a continuación:

- a. Información a priori.
- b. Combinación de información de corte transversal y de series de tiempo.
- c. Eliminación de una o más variables y el sesgo de especificación.

- d. Transformación de variables
- e. Datos nuevos o adicionales.
- f. Reducción de la colinealidad en las regresiones polinomiales.
- g. Otros métodos de remediar la multicolinealidad: Análisis de factores, componentes principales o regresión en cadena.

Finalmente, se analizó que los residuos cumplieran con las condiciones de Normalidad, Independencia y Homocedasticidad. Arriaza (2006) menciona que todo modelo, debe cumplir los requisitos estadísticos exigidos a priori de homocedasticidad, distribución normal de los residuos y de inexistencia de multicolinealidad de las variables explicativas. Esto permite la correcta interpretación de los estadísticos F y la t de Student (p.11). Además, propone que, para la comprobación de la homogeneidad de la varianza de los residuos (residuos homocedásticos), se utilice la prueba de White, al igual que la prueba Breusch-Pagan-Godfrey.

5.5. Formulación Matemática del Modelo de Valoración

Una vez cumplidos los pasos descritos anteriormente, se obtuvo la ecuación definitiva que se usó para la determinación de los valores de los predios incluidos en la zona bajo análisis. Cada ecuación es acompañada de una tabla que contiene el rango de validez de cada una de las variables contenidas en la ecuación.

5.6. Obtención del Valor Unitario del Inmueble

Posterior al análisis de regresión para obtener el valor por metro cuadrado, se sustituyeron las variables dentro del modelo de regresión tomando como referencia una propiedad ubicada en el cantón, con la finalidad de poder estimar el valor de la propiedad a partir de la aplicación del modelo resultante.

Adicionalmente, se comparó el resultado de la aplicación del modelo del ONT respecto del modelo resultante de esta investigación, siendo importante señalar que el modelo resultante incorporaba las dos variables nuevas propuestas: *distancia a la estación del tren y cobertura móvil*.

5.7. Análisis Financiero del Modelo de Regresión Propuesto

Para analizar el impacto financiero, se realizó una comparación de los valores actuales de la base de datos municipal según el modelo de valoración del ONT respecto del modelo de regresión resultante de la presente investigación, incluyendo el efecto de cada variable para determinar el aumento en el valor de la propiedad y en el impuesto sobre bienes inmuebles.

Se realizaron estimaciones con datos de varias propiedades, para analizar su valor según su ubicación en el cantón, tanto en áreas rurales como urbanas, y de esta forma se pudo comparar el impacto en el cálculo del impuesto sobre bienes inmuebles que recibiría la Municipalidad de Oreamuno.

A partir de los resultados obtenidos, se consideró la importancia de actualizar el valor de la tierra en el cantón de Oreamuno, valorando implementar un proceso de actualización al menos cada 5 años, periodicidad en la cual los contribuyentes declarar sus propiedades.

5.8. Operacionalización de las Variables

En la tabla 12 a continuación se detalla la información de la operacionalización de las variables.

Tabla 12. Información de operacionalización de las variables

Objetivos	Variables	Indicador	Fuente
Definir las características y categorías de las nuevas variables (distancia estación del tren y cobertura móvil) e incluir el modelo general a estimar.	Distancia del predio a la estación del tren	Distancia en metros	QGIS
	Intensidad de señal cobertura en interiores (azul)	2G: > -75 3G: > -85 4G: > -95	SUTEL
	Intensidad de señal cobertura dentro de vehículos (verde)	2G: -75 < señal ≤ -85 3G: -85 < señal ≤ -95 4G: -95 < señal ≤ -105	SUTEL
	Intensidad de señal cobertura en exteriores (amarillo)	2G: -85 < señal ≤ -95 3G: -95 < señal ≤ -105 4G: -105 < señal ≤ -115	SUTEL

	Cantidad de operadores por zona	# de operadores	SUTEL
Estimar el efecto de las nuevas variables en el valor unitario de un inmueble y por medio de este resultado generar un nuevo modelo de regresión regional.	Precio unitario	% porcentaje	Producto del modelo parametrizado
	Tasa marginal del efecto de la distancia en el precio unitario	% porcentaje	Producto del modelo parametrizado
	Tipo de modelo	Multiecuacional	Producto del modelo parametrizado
	Forma funcional	Lineal o no	Producto del modelo parametrizado
Analizar el impacto financiero en la recaudación tributaria, a partir de la comparación del modelo propuesto respecto del modelo de valoración vigente en la Municipalidad de Oreamuno	Valor unitario aplicando modelo ONT	€/ m ²	Ministerio de Hacienda
	Valor unitario aplicando modelo propuesto	€/ m ²	Producto del modelo parametrizado
	Comparación de valores de inmuebles	% de diferencia de €/ m ²	Producto del modelo parametrizado
	Diferencia en recaudación de impuesto por lote	Unidades monetarias	Producto del modelo parametrizado

Fuente: Elaboración con datos propios. 2018.

6. Resultados

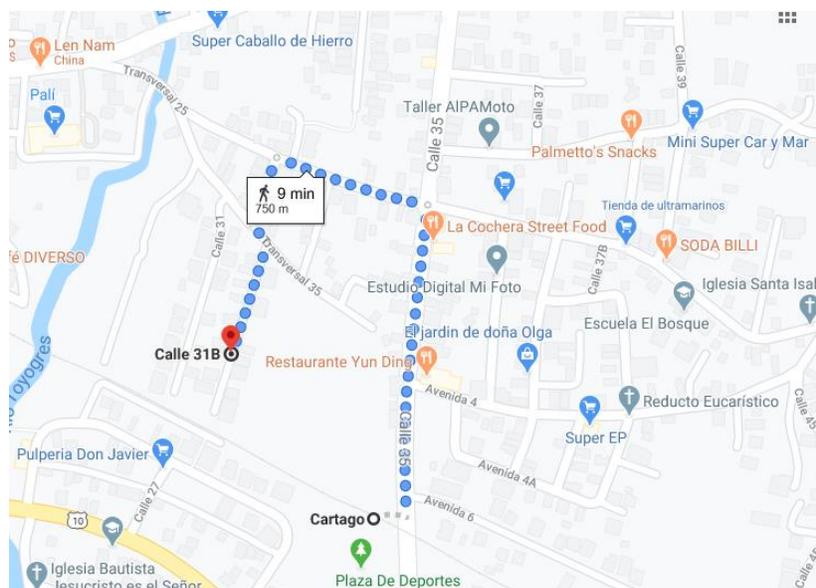
6.1. Caracterización de las Variables

6.1.1. Distancia a la Estación del Tren

La estación utilizada como referencia fue construida en el 2019. Esta tiene un área de 201.24 m² y está ubicada en el sector conocido como La Petra, el acceso principal es por la calle N°35 que conecta San Rafael con la Ruta Nacional N°10 (Cartago-Siquirres). Tiene una ubicación estratégica debido a que la rodean varias urbanizaciones cercanas, así como paradas de bus y lotes de gran tamaño que permitirían un eventual desarrollo económico a su alrededor. La distancia de esta estación respecto de la Municipalidad de Oreamuno es de 845 metros con orientación sur.

Ahora bien, para determinar la variable *distancia a la estación del tren*, se utilizó el parámetro de la distancia en kilómetros entre la estación del tren y el lote seleccionado como referencia. La distancia fue medida mediante la herramienta de Google Maps, la cual cuenta con una utilidad que permite medir la distancia que separa dos puntos a nivel del mapa. En la Figura 2 se muestra un ejemplo de la estimación de la distancia entre un lote en venta seleccionado y la estación del tren bajo análisis.

Figura 2. Cálculo de la distancia con Google Maps



Fuente: Elaborado con la herramienta Google Maps. 2020

A partir de la figura 2 es posible extraer que la distancia entre el lote y la estación corresponde a 750 metros, tomando, así como distancia para el lote de referencia el valor 0.750 Km para la variable *distancia a la estación del tren*. El valor de distancia fue estimado para cada una de las propiedades incluidas en la base de datos de propiedades a la venta en el cantón de Oreamuno, utilizando el resultado de la medición distancia a pie, entre el predio respectivo y la estación del tren.

6.1.2. Cobertura Móvil

Para generar la clasificación de la cobertura móvil se creó una tabla en Excel que permitiera asignar un valor correspondiente a la intensidad de señal recibida en un punto dado. Para lo anterior, se utilizó el mapa de cobertura móvil que ofrece cada operador en sus respectivos sitios WEB para el cantón de Oreamuno y para las tecnologías 2G/2.5G (Red GSM/GPRS), 3G/3G+ (Red UMTS) y 4G/4G+ (Red LTE).

Para los tipos de cobertura y su relación con el nivel de intensidad de señal se utilizó la referencia del Reglamento de prestación y calidad de servicios de la SUTEL (ver la tabla N°11). Así las cosas, a continuación, se detalla el nivel de intensidad de señal asociado a cada tipo de cobertura por su color respectivo:

Tipo de cobertura color Azul (cobertura en interiores):

- 2G: Nivel de intensidad > -75 dBm
- 3G: Nivel de intensidad > -85 dBm
- 4G: Nivel de intensidad > -95dBm

Tipo de cobertura verde (dentro de vehículos):

- 2G: -75 dBm < Nivel de intensidad ≤ -85 dBm
- 3G: -85 dBm < Nivel de intensidad ≤ -95 dBm
- 4G: -95 dBm < Nivel de intensidad ≤ -105 dBm

Tipo de cobertura amarillo (solo en exteriores):

- 2G: -85 dBm < Nivel de intensidad ≤ -95 dBm
- 3G: -95 dBm < Nivel de intensidad ≤ -105 dBm
- 4G: -105 dBm < Nivel de intensidad ≤ -115 dBm

La unidad de intensidad de señal se denomina dBm. Para cada tecnología de la red móvil, existen rangos de intensidad de señal que permiten identificar si en una zona en particular se podrá acceder al

servicio, así como las condiciones de calidad de este. Cada tecnología comprende una mejora en cuanto al nivel de sensibilidad de los terminales que se enganchan a esta, la sensibilidad lo que establece es el nivel de intensidad de señal a la cual se puede establecer llamadas o tener acceso al servicio de internet móvil y poder navegar. Por lo anterior, es que, en la clasificación de cobertura anterior, es posible identificar que entre la tecnología 2G, 3G y 4G existe un desplazamiento de -10dBm, implicando una mejora en la sensibilidad al pasar de una tecnología legada a la tecnología más actual, como lo es la 4G.

A partir de lo anterior, para poder medir el impacto de la cobertura, se propuso un formato de valoración tipo tabla, que permitiría ir asignando un valor de 1 a las diferentes combinaciones de cobertura que se pudieran presentar en el sitio bajo evaluación, por ejemplo, si existe cobertura azul en 4G, cobertura verde en 3G y cobertura amarilla en 2G, asignar un 1 a cada una de las celdas respectivas y así estimar una calificación para esa combinación específica de niveles de cobertura. El mejor nivel que se puede esperar de cobertura sería del tipo azul para las 3 tecnologías, y de ese máximo para abajo distribuir la clasificación. La tabla de valoración se muestra a continuación:

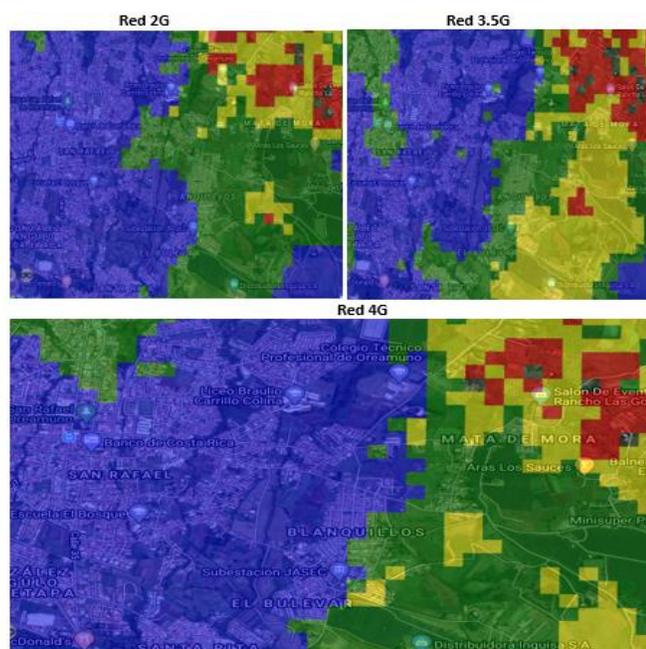
Tabla 13. *Clasificación de la cobertura de red según tipo de red*

4G			3G			2G			Clasificación
≤ -95 dBm	$-95 \text{ dBm} < X \leq -105$ dBm	$-105 \text{ dBm} < X \leq -115$ dBm	≤ -85 dBm	$-85 \text{ dBm} < X \leq -95$ dBm	$-95 \text{ dBm} < X \leq -105$ dBm	≤ -75 dBm	$-75 \text{ dBm} < X \leq -85$ dBm	$-85 \text{ dBm} < X \leq -95$ dBm	

Fuente: Elaborado con información de la SUTEL. 2020.

Tomando en consideración que, a partir del nivel de intensidad de señal visualizado en los mapas de cobertura de cada operador se fue asignando un valor de 1 para el tipo de cobertura existente; la clasificación se asignó a partir de la generación de una tabla binaria, estimando la nota desde un valor 0 a un valor de 100 como máximo, cuya nota final dependía del nivel de intensidad de señal específico. La clasificación fue estimada por operador, y su aplicación global se calculó mediante la aplicación de un

Figura 5. Mapa de cobertura móvil de CLARO según cada red



Fuente: Tomado del mapa de cobertura de CLARO, 2020

En la tabla 14 a continuación, se muestra el resultado de la calificación para la variable cobertura móvil de las primeras 15 referencias de la base de datos, obteniendo así el valor para esta variable para cada propiedad a partir del nivel de intensidad de señal de la cobertura publicada por cada operador. Un aspecto de interés es que el operador Claro no presenta buena cobertura en las ubicaciones de estas 15 propiedades de referencia, razón por la cual se obtuvo un menor porcentaje de calificación resultante.

Tabla 14. *Clasificación obtenida para cada referencia según la cobertura del operador*

N° Referencia	CLARO Clasificación obtenida	KÖLBI Clasificación obtenida	MOVISTAR Clasificación obtenida	Promedio obtenido
1	14	100	100	71.33%
2	16	100	100	72.00%
3	16	100	100	72.00%
4	26	100	100	75.33%
5	14	100	100	71.33%
6	16	100	100	72.00%
7	18	100	100	72.67%
8	26	100	100	75.33%
9	26	100	100	75.33%
10	26	100	100	75.33%
11	100	100	100	100.00%
12	100	100	100	100.00%
13	100	100	100	100.00%
14	100	100	100	100.00%
15	100	100	100	100.00%

Fuente: Elaborado con información resultante de los mapas de cobertura. 2020

Este resultado se estimó para cada una de las propiedades de referencia que se levantaron y documentaron en la base de datos del cantón de Oreamuno.

6.2. Estimación del Modelo Regional con la Inclusión de las Nuevas Variables

6.2.1. Recolección de datos de propiedades en venta

El levantamiento de información de las propiedades en venta en el Cantón de Oreamuno se realizó a partir del recorrido de las calles del cantón. Se fueron tomando registros fotográficos con información georreferencia de propiedades en venta, verificando posteriormente la información registral y catastral por medio del plano de catastro respectivo.

Se tomaron 73 referencias producto del levantamiento en campo, que, a su vez, fueron complementadas con 129 anuncios de propiedades en venta publicados en Internet. Los campos de valor a partir de los cuales se ordenaron los datos tomados fueron los siguientes:

- Número de referencia
- Distrito
- Dirección
- Área lote
- Área de construcción
- Edad de construcción
- Contacto
- Nombre contacto
- Tipo de búsqueda
- Plano de catastro
- Número de finca
- Código zona homogénea
- Foto
- Valor pedido
- Índice de Comercialización
- Código tipo de construcción
- Edad útil construcción
- Estado de la construcción
- Factor de depreciación
- Valor total de construcción
- Valor total terreno
- Valor unitario del terreno (m²)
- Tipo de vía

Se creó una base de datos, cuyos encabezados para el registro de los resultados contempló los campos de valor listados anteriormente, esto para un total de 201 referencias, de las cuales se logró

contar con datos completos para 149 de estas referencias. Para las restantes 52 referencias no se lograron corroborar datos de ubicación debido a que los dueños no atendieron las llamadas telefónicas efectuadas.

A las propiedades que poseían una construcción se les hizo una valoración, utilizando el programa VALORA del ONT, por medio del cual resulta posible estimar el valor de una construcción. Para obtener el valor final del terreno, se restó al valor resultante de la construcción el valor de venta de la propiedad. Este valor de terreno se dividió entre su área total para obtener el valor por metro cuadrado, el cual era requerido para generar el modelo de valoración.

Para cada una de las referencias de la base de datos, se registró el valor de cada una de las variables del modelo de valoración del ONT, estas variables se listan a continuación:

- Extensión
- Frente
- Regularidad
- Pendiente
- Nivel
- Vía
- Servicios
- Ubicación

Y se le añadieron también las variables de interés, las cuales se propusieron como nuevas:

- Distancia a Estación del Tren
- Cobertura Móvil

6.3. Generación del Modelo de Regresión

En la tabla 15 se muestra los resultados del modelo 1 de regresión estimado, en donde se puede observar como las variables explicativas resultaron estadísticamente significativas al 10% de error, excepto por las variables Frente y Regularidad. Además, este modelo presenta un R^2 corregido de 78.14%.

Tabla 15. *Modelo 1: MCO, usando las observaciones 1-149*
Variable dependiente: l_ValorTerrenom2

	Coefficiente	Desv. Típica	Estadístico t	valor p	
const	9.37120	0.924032	10.14	<0.0001	***
l_Extensión	-0.226673	0.0544776	-4.161	<0.0001	***
Pendiente	-0.342603	0.182466	-1.878	0.0625	*
Nivel	-0.0339594	0.0197316	-1.721	0.0875	*
l_Servicios	1.83244	0.272404	6.727	<0.0001	***
l_Ubicación	-0.579619	0.193954	-2.988	0.0033	***
l_Distancia	-0.132309	0.0364082	-3.634	0.0004	***
l_CoberturaMóvil	0.575748	0.106425	5.410	<0.0001	***
l_Regularidad	0.227139	0.209863	1.082	0.2810	
l_Frente	0.0473748	0.0687840	0.687	0.4921	
Vía	1.72698e-05	5.95414e-06	2.900	0.0043	***
Media de la vble. dep.	11.60470		D.T. de la vble. dep.	0.764797	
Suma de cuad. Residuos	17.64043		D.T. de la regresión	0.357532	
R-cuadrado	0.796223		R-cuadrado corregido	0.781457	
F (10, 138)	53.92109		Valor p (de F)	9.53e-43	
Log-verosimilitud	-52.45726		Criterio de Akaike	126.9145	
Criterio de Schwarz	159.9579		Crit. de Hannan-Quinn	140.3395	

Fuente: Elaboración propia con software Gretl. 2020

Análisis de los residuales:

- Contraste de heterocedasticidad de White -
 Hipótesis nula: [No hay heterocedasticidad]
 Estadístico de contraste: LM = 76.7649
 con valor p = P (Chi-cuadrado (65) > 76.7649) = 0.150773
- Contraste de heterocedasticidad de Breusch-Pagan -
 Hipótesis nula: [No hay heterocedasticidad]
 Estadístico de contraste: LM = 14.9109
 con valor p = P (Chi-cuadrado (10) > 14.9109) = 0.135343
- Contraste de normalidad de los residuos -
 Hipótesis nula: [El error tiene distribución Normal]
 Estadístico de contraste: Chi-cuadrado (2) = 5.49623
 con valor p = 0.0640485

Como mencionó Arriaza (2006), se debe de realizar la prueba de White o Breusch-Pagan-Godfrey para determinar si hay presencia de problemas de Heterocedasticidad (p.11), al efectuar estas pruebas se obtuvieron valores de $p = 0.15$ y $p = 0.13$ respectivamente, lo cual significa que no hay suficiente prueba estadística para rechazar la hipótesis nula de no presencia de heterocedasticidad.

De la misma forma, al realizar la prueba de normalidad de los residuos, el valor obtenido fue de $p = 0.064$, lo cual implica que no se puede rechazar la hipótesis nula de que el error tiene una distribución normal, por lo que se concluye que al 1% y al 5% de significancia, los residuos si presentan una distribución normal.

Sin embargo, al analizar el signo del coeficiente Tipo de Vía, este dio positivo, con lo cual se evidenció la existencia de una incongruencia entre el resultado obtenido y el resultado esperado, ya que el comportamiento correcto correspondía a un signo negativo. El signo negativo representa que ante un aumento en la variable vía, el valor del terreno debe de disminuir, debido a la forma en que se ordenó el tipo de vía, donde el valor 1 se asociaba a la mejor vía y el valor 10 se asociaba a la vía de más difícil acceso. Por lo tanto, entre peor era la condición de la vía más baja debió ser la valoración de la propiedad, lo cual no se obtuvo de esta forma. Por lo que, el modelo 1 se desechó.

Posteriormente se generó el modelo 2, cuyos resultados se muestran en la tabla 16. Para este se eliminó la variable Regularidad, al no ser estadísticamente significativa, por motivo de que en la muestra recopilada no existía suficiente variabilidad en los datos de esta.

Tabla 16. Modelo 2: MCO, usando las observaciones 1-149
Variable dependiente: I_ValorTerrenom2

	<i>Coefficiente</i>	<i>Desv. Típica</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>valor p</i>	
const	10.6307	0.545389	19.49	<0.0001	***
I_Extensión	-0.214498	0.0542875	-3.951	0.0001	***
Pendiente	-0.651395	0.268677	-2.424	0.0166	**
I_Frente	0.0969493	0.0645450	1.502	0.1354	
Nivel	-0.0713100	0.0402593	-1.771	0.0787	*
Vía	-0.0852775	0.0266846	-3.196	0.0017	***
Servicios	0.133690	0.0226999	5.889	<0.0001	***
Ubicación	-0.0587955	0.0393420	-1.494	0.1373	
Distancia	-0.0575391	0.0137285	-4.191	<0.0001	***
Cobertura Móvil	0.912932	0.199901	4.567	<0.0001	***
Media de la vble. dep.		11.60470	D.T. de la vble. dep.		0.764797
Suma de cuad. residuos		17.09125	D.T. de la regresión		0.350655
R-cuadrado		0.802567	R-cuadrado corregido		0.789784
F (10, 138)		62.78180	Valor p (de F)		1.36e-44
Log-verosimilitud		-50.10107	Criterio de Akaike		120.2021
Criterio de Schwarz		150.2416	Crit. de Hannan-Quinn		132.4067
Rho		0.014370	Durbin-Watson		1.966285

Fuente: Elaboración propia con software Gretl. 2020

Análisis de los residuales:

- Contraste de heterocedasticidad de Breusch-Pagan -
Hipótesis nula: [No hay heterocedasticidad]
Estadístico de contraste: LM = 65.4865
con valor p = P (Chi-cuadrado (9) > 65.4865) = 1.16012e-010
- LM test para autocorrelación orden superior a 1 -
Hipótesis nula: no autocorrelación
Estadístico de contraste: LMF = 0.0304604
con valor p = P (F (1, 138) > 0.0304604) = 0.861706
- Contraste de normalidad de los residuos -
Hipótesis nula: [El error tiene distribución Normal]
Estadístico de contraste: Chi-cuadrado (2) = 16.573

con valor $p = 0.0002519$

Para el modelo 2 se pudo validar la corrección del signo del coeficiente vía, logrando registrar un incremento en el valor de la tierra conforme la variable vía disminuía su coeficiente, porque a menor coeficiente mejor el estado de la vía.

A su vez, al realizar la prueba de Breusch-Pagan para conocer el problema de heterocedasticidad, se obtuvo un valor de p no significativo, lo cual permitía desechar la hipótesis nula de que no hay problemas de heterocedasticidad.

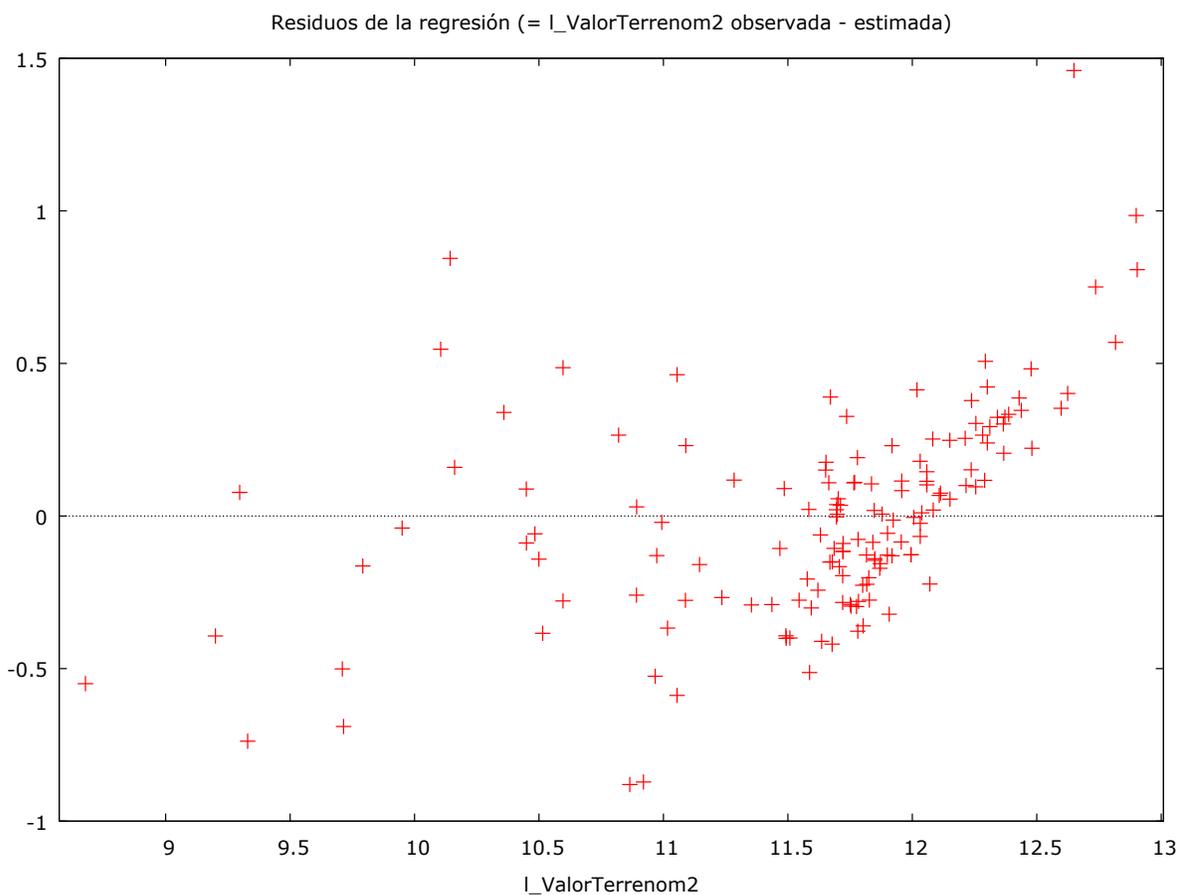
También, se hace la prueba LM para conocer si hay autocorrelación, el cual dio un valor de $p = 0.86$, indicando que no hay autocorrelación en el modelo.

Se hace nuevamente la prueba de normalidad, indicando que el error no sigue una distribución normal en los residuos, desechando la hipótesis nula de que el error sigue una distribución normal con un valor de $p = 0.00025$.

El modelo 2 muestra un R^2 de 0.8025 y un R^2 ajustado de 0.7897, lo cual quiere decir que un 78.97% de la variabilidad de los datos del valor de la tierra, se encuentran explicados por las variables independientes empleadas en el modelo. Sin embargo, de los resultados obtenidos se concluyó que el modelo 2 presentaba un problema de heterocedasticidad y no presenta normalidad en los residuos. Lo cual se evidenció con el resultado el análisis estadístico Durbin-Watson, obteniendo un valor de 1.967, resultado muy próximo a 2, por lo que se puede afirmar que no hay existencia de autocorrelación.

Para corroborar el problema de heterocedasticidad se presenta la figura 6, donde se observa claramente un patrón en la heterocedasticidad en una dispersión del tipo embudo inverso, esto es un claro indicio de la presencia de problemas de heterocedasticidad en el modelo.

Figura 6. Gráfico de los residuos de la regresión del modelo 2



Fuente: Información generada con software Gretl. 2020

Por los problemas presentados en el modelo 2, se estimó un tercer modelo buscando corregir los problemas de normalidad y heterocedasticidad detectados. Se utilizó el modelo de Mínimos Cuadrados Generalizados Factibles, para obtener el estimador de FGSL de β , y así obtener los residuales \hat{U}_i para generar un estimador de la varianza de los errores, el cual se utilizó como un ponderador.

Al aplicar el Modelo de Mínimos Cuadrados Generalizados Factibles se obtuvo el modelo 3 cuyo resultado para las 10 variables utilizadas se muestra a continuación:

Tabla 17. Modelo 3: OLS, usando las observaciones 1-149
Variable dependiente: I_Valor FLS

	Coefficiente	Desv. Típica	Estadístico t	valor p	
B0	11.1725	0.617479	18.09	<0.0001	***
I_Extensión	-0.193281	0.0556347	-3.474	0.0007	***
I_Frente	0.0456420	0.0577898	0.7898	0.4310	
I_Regularidad	0.157594	0.180115	0.8750	0.3831	
Pendiente	-0.533620	0.395655	-1.349	0.1796	
Nivel	-0.0719635	0.0401573	-1.792	0.0753	*
Vía	-0.158374	0.0293734	-5.392	<0.0001	***
Servicios	0.122046	0.0285283	4.278	<0.0001	***
Ubicación	-0.0442754	0.0284827	-1.554	0.1224	
Distancia	-0.0557903	0.0124997	-4.463	<0.0001	***
Cobertura	0.760710	0.166659	4.564	<0.0001	***

Media de la vble. dep.	76.13563	D.T. de la vble. dep.	23.68922
Suma de cuad. residuos	524.0272	D.T. de la regresión	1.948666
R-cuadrado	0.999447	R-cuadrado corregido	0.993691
F (10, 138)	22653.16	Valor p (de F)	8.1e-219
Log-verosimilitud	-305.1128	Criterio de Akaike	632.2257
Criterio de Schwarz	665.2691	Crit. de Hannan-Quinn	645.6507
Rho	0.004491	Durbin-Watson	1.982918

Fuente: Elaboración propia con software Gretl. 2020

Análisis de los residuales:

- Contraste de heterocedasticidad de Breusch-Pagan -
Hipótesis nula: [No hay heterocedasticidad]
Estadístico de contraste: LM = 26.1464
con valor p = P (Chi-cuadrado (11) > 26.1464) = 0.00617197
- LM test para autocorrelación orden superior a 1 -
Hipótesis nula: no autocorrelación
Estadístico de contraste: LMF = 0.00306384
Con valor p = P (F (1, 137) > 0.00306384) = 0.955939
- Contraste de normalidad de los residuos -
Hipótesis nula: [El error tiene distribución Normal]

Estadístico de contraste: Chi-cuadrado (2) = 18.3576

Con valor p = 0.000103202

Al analizar este modelo 3 se observa que se presentan los mismos problemas de Heterocedasticidad y Normalidad, que los modelos anteriores.

No obstante, con este modelo se obtiene un R^2 ajustado con un valor de 0.9936, lo cual es muy bueno debido a que un 99.36% de la variabilidad de los datos del valor de la tierra, se encuentran explicados por las variables independientes empleadas en el modelo.

A partir del modelo 3, se generó modelo 4, al cual se le quitaron las regresoras que no eran significativas ante la ausencia de suficiente variabilidad en la muestra de los datos. Las variables eliminadas fueron Frente y Regularidad.

*Tabla 18. Modelo 4: OLS, usando las observaciones 1-149
Variable dependiente: I_Valor FLS*

	Coeficiente	Desv. Típica	Estadístico t	valor p	
B0	11.2270	0.610354	18.39	<0.0001	***
I_Extensión	-0.168536	0.0372865	-4.520	<0.0001	***
Pendiente	-0.541678	0.394366	-1.374	0.1718	
Nivel	-0.0707411	0.0400272	-1.767	0.0794	*
Vía	-0.156087	0.0292147	-5.343	<0.0001	***
Servicios	0.120546	0.0283489	4.252	<0.0001	***
Ubicación	-0.0563670	0.0247064	-2.281	0.0240	**
Distancia	-0.0577753	0.0122835	-4.703	<0.0001	***
Cobertura	0.749068	0.165881	4.516	<0.0001	***
Media de la vble. dep.		76.13563	D.T. de la vble. dep.	23.68922	
Suma de cuad. residuos		528.7454	D.T. de la regresión	1.943387	
R-cuadrado		0.999442	R-cuadrado corregido	0.993634	
F (10, 138)		27837.67	Valor p (de F)	5.4e-223	
Log-verosimilitud		-305.7806	Criterio de Akaike	629.5612	
Criterio de Schwarz		656.5968	Crit. de Hannan-Quinn	640.5453	
Rho		0.016138	Durbin-Watson	1.958258	

Fuente: Elaboración propia con software Gretl. 2020

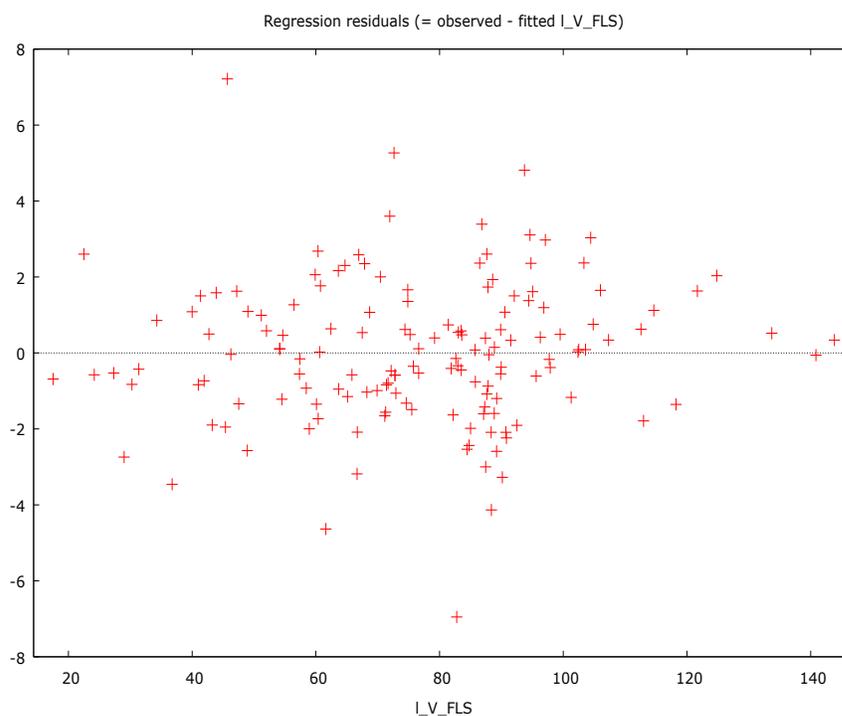
Análisis de los residuales:

- Contraste de heterocedasticidad de Breusch-Pagan -
Hipótesis nula: [No hay heterocedasticidad]
Estadístico de contraste: LM = 9.23326
con valor $p = P(\text{Chi-cuadrado}(9) > 9.23326) = 0.416027$
- LM test para autocorrelación orden superior a 1 -
Hipótesis nula: no autocorrelación
Estadístico de contraste: LMF = 0.0399044
Con valor $p = P(F(1, 139) > 0.0399044) = 0.84196$
- Contraste de normalidad de los residuos -
Hipótesis nula: [El error tiene distribución Normal]
Estadístico de contraste: Chi-cuadrado (2) = 19.2785
Con valor $p = 6.51234e-005$

Las pruebas efectuadas al modelo 4, evidenciaron la corrección del problema de heterocedasticidad, con un resultado al aplicar la prueba de Breusch-Pagan de $p = 0.41$, resultando significativo, impidiendo desechar la hipótesis nula de que no hay presencia de heterocedasticidad. De igual forma, se logró evidenciar que no había problemas de autocorrelación. No obstante, persistió el problema de que los errores no seguían una distribución normal, debido a la poca significancia del valor $p = 6.51234e-005$.

En la figura 7 se puede observar el comportamiento de los residuos donde resulta evidente que se generaba un patrón no aleatorio.

Figura 7. Gráfico de los residuos de la regresión del modelo 4



Fuente: Elaboración propia con software Gretl. 2020

Para eliminar el problema de normalidad en los residuos se procedió a determinar los valores atípicos (outliers) de los datos de la muestra, a partir de lo recomendado por Guijarro (2013). Para eso se utilizaron como referencia los valores de los residuos, de manera que los valores atípicos fueran mayores a 3 y menores a -3.

Se identificaron 13 datos que se salían de ese rango, los cuales se clasificaron como valores atípicos en las observaciones que se muestran en la tabla 19:

Tabla 19. *Estimación de valores atípicos de los residuos en las observaciones*

Número de observación	Residuos	Condición
7	-6.9511	Outlier
15	-3.2753	Outlier
25	3.0327	Outlier
48	-3.4578	Outlier
52	-4.1343	Outlier
70	-4.6361	Outlier
71	3.1074	Outlier
96	3.3901	Outlier
97	-3.1841	Outlier
119	4.8109	Outlier
122	3.6012	Outlier
130	5.2667	Outlier
148	7.2155	Outlier

Fuente: Elaboración propia con software Gretl. 2020

Por lo tanto, se eliminaron esas 13 referencias de la base de datos y se generó un nuevo modelo 5 utilizando solo las 136 referencias restantes.

El modelo 5 generado registró los siguientes resultados:

Tabla 20. *Modelo 5: OLS, usando las observaciones 1-136*
Variable dependiente: I_Valor FLS

	<i>Coeficiente</i>	<i>Desv. Típica</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>valor p</i>	
B0	11.7445	0.458093	25.64	<0.0001	***
I_Extensión	-0.221894	0.0418154	-5.307	<0.0001	***
I_Frente	0.0610852	0.0427281	1.430	0.1553	
Pendiente	-0.457450	0.287475	-1.591	0.1141	
Nivel	-0.0629542	0.0292780	-2.150	0.0334	**
Vía	-0.198999	0.0243085	-8.186	<0.0001	***
Servicios	0.107000	0.0209869	5.098	<0.0001	***
Ubicación	-0.0436754	0.0206547	-2.115	0.0364	**
Distancia	-0.0558541	0.00954440	-5.852	<0.0001	***
Cobertura	0.668181	0.126004	5.303	<0.0001	***
Media de la vble. dep.	76.08782		D.T. de la vble. dep.	24.08176	
Suma de cuad. residuos	250.1581		D.T. de la regresión	1.409036	
R-cuadrado	0.999711		R-cuadrado corregido	0.996805	
F (10, 138)	43588.25		Valor p (de F)	8.3e-218	
Log-verosimilitud	-234.4174		Criterio de Akaike	488.8349	
Criterio de Schwarz	517.9614		Crit. de Hannan-Quinn	500.6711	
rho	-0.004178		Durbin-Watson	1.997110	

Fuente: Elaboración propia con software Gretl. 2020

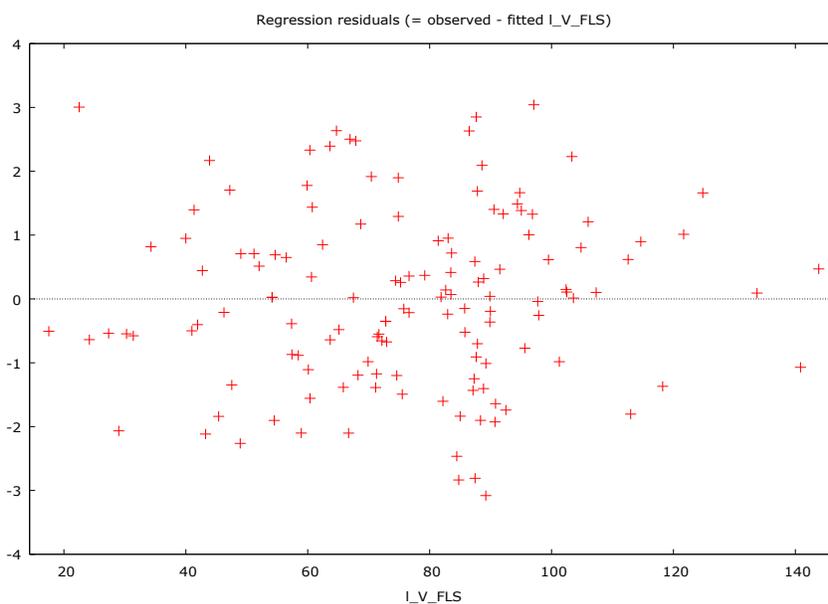
Análisis de los residuales:

- Contraste de heterocedasticidad de Breusch-Pagan -
Hipótesis nula: [No hay heterocedasticidad]
Estadístico de contraste: LM = 1.74505
Con valor $p = P(\text{Chi-cuadrado}(10) > 1.74505) = 0.997947$
- LM test para autocorrelación orden superior a 1 -
Hipótesis nula: no autocorrelación
Estadístico de contraste: LMF = 0.00243048
Con valor $p = P(F(1, 125) > 0.00243048) = 0.960759$
- Contraste de normalidad de los residuos -
Hipótesis nula: [El error tiene distribución Normal]
Estadístico de contraste: Chi-cuadrado (2) = 1.54488
Con valor $p = 0.461885$

Se logró constatar que la eliminación de los 13 valores de referencia atípicos de la base de datos para el modelo 5, corrigió el problema de normalidad, obteniendo un valor de $p = 0.46$, por lo cual no había suficiente evidencia estadística para desechar la hipótesis nula de que el error tiene una distribución normal.

En la figura 8 se muestra la distribución de los residuos, la cual seguía una distribución normal, ya que los mismos se observaban dispersos y no seguían un patrón en específico:

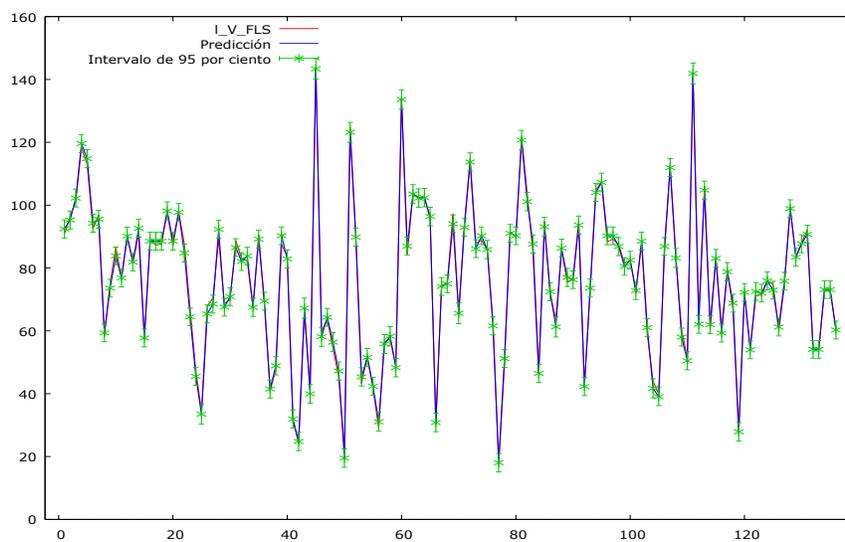
Figura 8. Gráfico de los residuos de la regresión del modelo 5



Fuente: Elaboración propia con software Gretl. 2020

En la figura 9 se confirmaron los datos obtenidos a través del modelo 5 con el comportamiento de los precios por metro cuadrado y la predicción según los coeficientes del modelo econométrico resultante. Ver anexo 5.

Figura 9. Gráfico de predicción del modelo 5



Fuente: Elaboración propia con software Gretl. 2020

En tabla 21 se resumen los estadísticos de evaluación de la predicción, observando que la U de Theil tiende a cero, a partir de lo cual se concluye que el modelo permite una buena predicción.

Tabla 21. *Estadísticos de evaluación de la predicción utilizando 136 observaciones*

Estadístico	Valor
Error medio	0.004949
Raíz del Error cuadrático medio	1.356200
Error absoluto medio	1.096800
Porcentaje de error medio	-0.013643
Porcentaje de error absoluto medio	1.671900
U de Theil	0.036509
Proporción de sesgo, UM	0.000013
Proporción de regresión, UR	0.000134
Proporción de perturbación, UD	0.999850

Fuente: Elaboración propia con software Gretl. 2020

En la tabla 22 se muestran los estadísticos principales de las 136 observaciones válidas utilizadas durante los análisis efectuados:

Tabla 22. *Estadísticos principales, usando las observaciones 1 - 136*

Variable	Media	Mediana	Mínimo	Máximo
Valor Terreno m ²	129 820	127 980	5 871	368 320
Extensión	996.7	317.5	136	15900
Frente	25.691	14.23	3	192.54
Regularidad	0.92301	1	0.5	1
Pendiente	0.10559	0.05	0.02	0.9
Nivel	0.18382	0	-5	2
Vía	4.0294	4	2	10
Servicios	15.449	16	6	16
Ubicación	4.9044	5	3	8
Distancia Estación del Tren	2.5347	1.7	0.025	20
Cobertura Móvil	0.85853	1	0.14667	1

Fuente: Elaboración propia con software Gretl. 2020

6.4. Comparación de los Modelos Obtenidos

Para la generación del modelo ideal, se realizaron 5 intentos para poder así cumplir con lo que indica Arriaza (2006), de que todo modelo debe cumplir los requisitos estadísticos exigidos a priori de

homocedasticidad, distribución normal de los residuos y de inexistencia de multicolinealidad de las variables explicativas (p.11).

En la tabla 23 se puede observar los resultados de cada modelo generado con sus coeficientes y los estadísticos respectivos, donde, el modelo 1 cumplió estos requisitos, sin embargo, generó un signo contrario en el coeficiente de la variable vía, por lo que se tuvo que replantear el modelo. Al modificar la formulación del modelo a través del segundo intento se corrigió el signo del coeficiente vía, pero se obtuvo presencia de heterocedasticidad y una distribución con problemas de normalidad.

Para estos dos primeros modelos se obtuvo un R^2 ajustado con un valor similar a 0.78, lo que significaba que un 78% de la variabilidad de los datos del valor de la tierra, se encontraban explicados por las variables independientes empleadas en ambos modelos 1 y 2. La U de Theil mostró un valor de 0.35, el cual era un valor alto comparado con los otros modelos generados (3, 4 y 5), lo que no permitía tener una predicción deseable.

Tabla 23. Comparación de modelos obtenidos

Parámetros															
	Modelo 1			Modelo 2			Modelo 3			Modelo 4			Modelo 5		
	Coef.	Valor p		Coef.	Valor p		Coef.	Valor p		Coef.	Valor p		Coef.	Valor p	
Extensión	-0.2266	<0.0001	***	-0.2144	<0.0001	***	-0.1933	0.0007	***	-0.1685	<0.0001	***	-0.2219	<0.0001	***
Frente	0.0473	0.4921		0.0969	0.1354		0.0456	0.4310		-	-		0.0611	0.1553	
Pendiente	-0.3426	0.0625	*	-0.6514	0.0166	**	-0.5336	0.1796		-0.5417	0.1718		-0.4574	0.1141	
Nivel	-0.0340	0.0875	*	-0.0713	0.0787	*	-0.0719	0.0753	*	-0.0707	<0.0794	*	-0.0629	0.0334	**
Vía	1.73E-05	0.0043	***	-0.0852	0.0017	***	-0.1584	<0.0001	***	-0.1561	<0.0001	***	-0.1990	<0.0001	***
Servicios	1.8324	<0.0001	***	0.1336	<0.0001	***	0.1220	<0.0001	***	0.1205	<0.0001	***	0.1070	<0.0001	***
Ubicación	-0.5796	<0.0033	***	-0.0588	0.1373		-0.0443	0.1224		-0.0564	0.0240	**	-0.0437	0.0364	**
Distancia	-0.1323	0.0004	***	-0.0575	<0.0001	***	-0.0558	<0.0001	***	-0.0577	<0.0001	***	-0.0558	<0.0001	***
Cobertura	0.5757	<0.0001	***	0.9130	<0.0001	***	0.7607	<0.0001	***	0.7490	<0.0001	***	0.6682	<0.0001	***
Regularidad	0.2271	0.2810		-	-		0.1576	0.3831		-	-		-	-	
intercepto	9.3712	<0.0001	***	10.6307	<0.0001	***	11.1725	<0.0001	***	11.2270	<0.0001	***	11.7445	<0.0001	***
R ² Ajustado		0.7814			0.7897			0.9936			0.9936			0.9968	
U de Thiel		0.3566			0.3559			0.0463			0.0469			0.0365	
Prueba Breusch - Pagan		0.1353			1.16E-10			0.0062			0.4160			0.9980	
Prueba LM Autocorrelación		-			0.8617			0.9559			0.8419			0.9607	
Prueba de Normalidad		0.0640			0.0003			0.0001			6.51E-05			0.4619	

Fuente: Elaboración propia con software Gretl. 2020

Siguiendo con la tabla N°23, el aplicar el método de mínimos cuadrados generalizados factibles, permitió que para el modelo 3, el R^2 ajustado mejorara considerablemente al explicar que el 99.36% de la variabilidad de los datos del valor de la tierra, se encontraban explicados por las variables independientes empleadas en el modelo. Además, la U de Theil disminuyó considerablemente, lo cual resultaba muy beneficioso para la predicción, no obstante, se mantuvieron los problemas de heterocedasticidad y normalidad.

Para estimar el modelo 4 se eliminaron las variables de Frente y Regularidad al ser poco significativas en el modelo, esto permitió corregir el problema de heterocedasticidad, pero el de normalidad se mantuvo.

Finalmente, al eliminar de la base de datos las observaciones que tenían valores atípicos dentro de la muestra, se corrigió el problema de normalidad de los residuos, así como se logró mejorar los valores de p para las pruebas de Breusch – Pagan y autocorrelación ya que dieron cercanos a 1. Además, la U de Theil disminuyó aún más, lo que mejoró el modelo de predicción. Asimismo, el R^2 ajustado llegó al valor más alto de los 5 modelos trabajados, donde el 99.68% de la variabilidad de los datos del valor de la tierra, se encontraban explicados por las variables independientes empleadas en el modelo.

6.5. Comparación de los coeficientes obtenidos en el modelo de regresión

En la tabla 24 se muestra un resumen de la comparación de los coeficientes del modelo de regresión resultado respecto del modelo del ONT.

Tabla 24. Comparación de los coeficientes del modelo de regresión resultante y el modelo del ONT

Coeficientes	Modelo 5	Modelo Valoración ONT						
		Urbano			Rural			
I_Extensión	-0.2219	-0.33	-0.364	-0.275	-0.15	-0.1437	-0.2018	
I_Frente	0.0611	0.25	0.2585	0.215	0.17	0.000125	-	-
Pendiente	-0.4574	-0.012	-	-	-	-0.012	-	-
Nivel	-0.0629	-0.05	-0.03	-	-	-	-	-
Vía	-0.1990	-0.06646	-	-	-	-0.06646	-	-
Servicios	0.1070	0.03	0.03	-	-	0.03	-	-
Ubicación	-0.0437	-0.111	-0.0255	-	-	-	-	-
Distancia	-0.0558	-	-	-	-	-	-	-
Cobertura	0.6682	-	-	-	-	-	-	-

Fuente: Elaboración propia con datos propios y modelo de valoración del ONT. 2020

A continuación, se resumen las comparaciones efectuadas:

El coeficiente de la variable extensión tiene un valor intermedio si se compara con los que utiliza el ONT para valorar terrenos urbanos y rurales, ya que el factor del modelo de regresión generado captura el enfoque urbano y rural, y el del ONT únicamente toma en cuenta el tamaño del lote.

Aunque se incluyeron las variables Frente y Pendiente debido a que registraron signos correctos, se debe señalar que tienen poca significancia dentro del modelo, dado que existe poca variabilidad en los datos registrados para estas dos variables en las referencias tomadas.

El coeficiente de la variable frente muestra que, por cada aumento en un metro del frente de la propiedad, el valor del metro cuadrado de la tierra aumentará un 6%. Lo cual es menor con respecto al coeficiente determinado por el ONT, donde indica que a nivel nacional un incremento de metros del frente refleja un aumento en el valor del metro cuadrado mayor a un 20%.

La pendiente en el modelo de regresión muestra que para el cantón de Oreamuno un aumento de esta variable produciría una disminución en un 45.74% del precio del metro cuadrado de la tierra.

Para comparar el coeficiente de nivel, el modelo de regresión muestra que, por cada aumento o disminución en un metro del nivel de calle, el precio se ve afectado en un 6.29%. Este resultado refleja

que el modelo regional de Oreamuno tiene un comportamiento similar al modelo nacional del ONT, el cual muestra factores de 0.03 y 0.05 dependiendo si es sobre nivel o bajo nivel respectivamente.

En cuanto a la variable vía se logró identificar que esta tiene un mayor peso en el modelo de valoración regional para Oreamuno, dado que el precio por metro cuadrado de un varía en un 19.90% dependiendo del tipo de acceso, en comparación con el modelo nacional para el cual la variación en el precio es de un 6.64%. Lo anterior implica que, en caso de utilizar el modelo regional, en Oreamuno se pagaría más por tener un mejor acceso a la propiedad en contraste con el modelo nacional.

Al respecto del coeficiente de la variable de los servicios, se identificó un efecto mayor al aplicar el modelo regional en Oreamuno, donde el acceso a los servicios básicos tiene una repercusión en el precio de la tierra en un 10.70%, que respecto a la aplicación del modelo nacional del ONT, el cual afecta el precio en un 0.03%.

En el modelo regional, el resultado del coeficiente de la variable ubicación se encuentra dentro del rango del coeficiente nacional, dado que éste captura el promedio de los dos coeficientes nacionales tomando en cuenta que el modelo del ONT utiliza la ubicación para uso comercial y uso residencial.

A partir de los modelos generados, se procedió con la comparación del resultado del coeficiente de distancia (-0.0558) obtenido para el modelo regional del cantón de Oreamuno con respecto al obtenido por Coto (1986) para el cantón de Flores y con el de Paniagua (2017) para el distrito de Guápiles de Pococí, donde los coeficientes de la variable distancia obtenidos por ambos fueron de -0.085 y de -0.0232 respectivamente. Así las cosas, el efecto de la distancia en el precio por metro cuadrado de la tierra es mayor en Oreamuno que para el distrito de Guápiles, registrando un peso de un 5.58% para Oreamuno respecto al peso de 2.32% para Guápiles, no así en relación con el cantón de Flores cuyo peso fue de 8.50%.

En cuanto al coeficiente de extensión, Paniagua (2017) obtuvo para Guápiles un efecto del área mayor que el registrado para el cantón de Oreamuno, donde la extensión en Guápiles representa un

54.84% del precio del terreno, respecto a Oreamuno donde la extensión representa un 22.19% del valor del precio.

Otros resultados del contraste de los coeficientes para las variables distancia y extensión, se analizaron para el distrito de Cipreses en el cantón de Oreamuno, para el cual Montero et al. (2019) determinó que la distancia de Cipreses con respecto al cantón Cartago es de -0.0298 y la extensión tiene un coeficiente de -0.2210 para ese distrito. Por lo que al comparar el modelo regional obtenido respecto al estudio de Montero et al. (2019), se identifica que por cada aumento de un 1% de la variable extensión, el precio del metro cuadrado de la tierra disminuye en un 22.1% en el cantón de Oreamuno.

Finalmente, se logró establecer que el efecto de la variable cobertura móvil representa un peso muy alto en la estimación del precio de la tierra, al alcanzar un 66.82%. Razón por la cual, se debe recomendar que esta variable sea considerada para valorar la tierra, más aún tomando en consideración que a la fecha no existe un modelo de valoración que incluya el acceso a esta tecnología para determinar el valor de la tierra. En resumen, por cada unidad que aumente la cobertura móvil el efecto en el precio de la tierra aumentará en un 66.82%.

6.6. Ecuación resultante

A continuación, se detalla la ecuación resultado del modelo:

$$\begin{aligned} \ln Vt = & 11.7 - 0.222 \ln Extensión + 0.061 \ln Frente - 0.457 Pendiente - 0.063 Nivel \\ & - 0.199 Vía + 0.107 Servicios - 0.044 Ubicación - 0.056 Distancia \\ & + 0.668 Cobertura + \mu \end{aligned}$$

6.7. Cálculo del Valor Unitario de un Inmueble

Para probar el modelo de valoración estimado se utilizaron nueve valoraciones a propiedades ubicadas en diversos lugares del cantón, las cuales poseen diversas características físicas con la finalidad de determinar el valor unitario del suelo. Las propiedades valoradas fueron las siguientes:

Propiedad N° 2

Se tomó la propiedad ubicada en la Urbanización Dagoberto Méndez en el distrito de Cot, con el número de finca 3-121701-000 y el plano de catastro C-812046-1989, la cual presentaba las siguientes características del terreno:

Tabla 277. Valores de las variables para la Propiedad N°2

VARIABLE	VALOR			
Extensión	207.07			
Frente	8.09			
Regularidad	1			
Pendiente	0%			
Nivel	0			
Vía	4			
Servicios	16			
Ubicación	5			
Distancia a Estación del Tren	6.8 Km			
Cobertura Móvil	74%			
	MOVISTAR	KÖLBI	CLARO	Promedio
	22	100	100	74

Nota: Elaboración propia con datos propios. 2020

En la tabla 28 se muestra el resultado de aplicar el modelo regional para estimar el precio del terreno respecto a la aplicación del modelo del ONT.

Tabla 288. Comparación del valor de la propiedad según Modelo de ONT con Modelo de regresión

	Valor de terreno	Valor unitario
Modelo ONT	₡ 5 839 374.00	₡ 28 200.00
Modelo Regresión	₡ 19 551 365.41	₡ 94 419.11
Diferencia	₡ 13 711 991.41	₡ 66 219.11
Diferencia %	335%	

Nota: Elaboración propia con datos propios. 2020

Propiedad N° 4

Se tomó la propiedad ubicada en la Urbanización Cipreses en el distrito de Cipreses, con el número de finca 3-113394-000 y el plano de catastro C-637478-1986, la cual presentaba las siguientes características del terreno:

Tabla 31. Valores de las variables para la Propiedad N°4

VARIABLE	VALOR			
Extensión	182.8			
Frente	9.86			
Regularidad	0.95			
Pendiente	0%			
Nivel	0			
Vía	4			
Servicios	16			
Ubicación	5			
Distancia a Estación del Tren	8.70 Km			
Cobertura Móvil	58%			
	MOVISTAR	KÖLBI	CLARO	Promedio
	48	100	26	58

Nota: Elaboración propia con datos propios. 2020

En la tabla 32 se muestra el resultado de aplicar el modelo regional para estimar el precio del terreno respecto a la aplicación del modelo del ONT.

Tabla 302. Comparación del valor de la propiedad según Modelo de ONT con Modelo de regresión

	Valor de terreno	Valor unitario
Modelo ONT	₡ 6 270 040.00	₡ 34 300.00
Modelo Regresión	₡ 14 513 154.36	₡ 79 393.62
Diferencia	₡ 8 243 114.36	₡ 45 093.62
Diferencia %		231%

Nota: Elaboración propia con datos propios. 2020

Propiedad N° 5

Se tomó la propiedad ubicada en la Urbanización Las Rosas en el distrito de Santa Rosa, con el número de finca 3-240276-000 y el plano de catastro C-1577228-2012, la cual presentaba las siguientes características del terreno:

Tabla 313. Valores de las variables para la Propiedad N°5

VARIABLE	VALOR			
Extensión	150			
Frente	10			
Regularidad	1			
Pendiente	0%			
Nivel	0			
Vía	4			
Servicios	16			
Ubicación	5			
Distancia a Estación del Tren	11.4 Km			
Cobertura Móvil	59%			
	MOVISTAR	KÖLBI	CLARO	Promedio
	60	100	16	59

Nota: Elaboración propia con datos propios. 2020

En la tabla 34 se muestra el resultado de aplicar el modelo regional para estimar el precio del terreno respecto a la aplicación del modelo del ONT.

Tabla 324. Comparación del valor de la propiedad según Modelo de ONT con Modelo de regresión

	Valor de terreno	Valor unitario
Modelo ONT	₺ 6 420 000.00	₺ 42 800.00
Modelo Regresión	₺ 10 757 543.72	₺ 71 716.96
Diferencia	₺ 4 337 543.72	₺ 28 916.96
Diferencia %	168%	

Nota: Elaboración propia con datos propios. 2020

Propiedad N°9

Se tomó la propiedad ubicada en la Urbanización Blanquillo en el distrito de San Rafael, con el número de finca 3-166779-000 y el plano de catastro C-370348-1996, la cual presentaba las siguientes características del terreno:

Tabla 41. Valores de las variables para la Propiedad N°9

VARIABLE	VALOR			
Extensión	160			
Frente	8			
Regularidad	1			
Pendiente	0%			
Nivel	0			
Vía	4			
Servicios	16			
Ubicación	5			
Distancia a Estación del Tren	1.9 Km			
Cobertura Móvil	100%			
	MOVISTAR	KÖLBI	CLARO	Promedio
	100	100	100	100

Nota: Elaboración propia con datos propios. 2020

En la tabla 42 se muestra el resultado de aplicar el modelo regional para estimar el precio del terreno respecto a la aplicación del modelo del ONT.

Tabla 352. Comparación del valor de la propiedad según Modelo de ONT con Modelo de regresión

	Valor de terreno	Valor unitario
Modelo ONT	₡ 5 600 000.00	₡ 35 000.00
Modelo Regresión	₡ 25 011 070.54	₡ 156 319.19
Diferencia	₡ 19 411 070.54	₡ 121 319.19
Diferencia %	447%	

Fuente: Elaboración propia con datos propios. 2020

De acuerdo con los datos de las tablas anteriores, puede comprobarse que el aumento en el valor de las propiedades es considerable, teniendo un valor actualizado y equitativo conforme a las variables

analizadas. Se detecta que las propiedades con mayor valor del metro cuadrado son las que se encuentran en el distrito de San Rafael y conforme se alejan del distrito baja su valor.

6.8. Análisis Financiero del Modelo de Regresión

Para realizar el análisis financiero del comportamiento del impuesto sobre bienes inmuebles al incluir las variables *distancia a la estación del tren* y *cobertura móvil* se plantearon dos escenarios. Para el primer escenario se utilizó la variable *cobertura móvil* para conocer el impacto en el comportamiento de la base imponible para el cobro del impuesto sobre bienes inmuebles.

Escenario 1.

Actualmente, en la base de datos de la Municipalidad de Oreamuno se registran 22.371 fincas o propiedades a las cuales se les cobra el impuesto sobre bienes inmuebles de acuerdo con su valor de base imponible. Para este año 2020, se estimó un monto por recaudar de ₡ 778.033.883,29 según la tasa impositiva de 0.25%.

La aplicación del nuevo modelo de regresión con la incorporación de la variable *cobertura móvil*, con un coeficiente de 0,6682, generó un incremento en la recaudación del impuesto sobre bienes inmuebles en relación con el distrito en que se ubica la propiedad. Lo anterior debido a que, el incremento del porcentaje de cobertura en una unidad implica un incremento de un 66% del precio por metro cuadrado del terreno.

Para analizar este efecto se procedió a estimar el porcentaje promedio de cobertura que tiene cada distrito en el cantón de Oreamuno revisando la información que se obtiene del mapa de calidad de la SUTEL. Este mapa indica el porcentaje de cobertura para cada operador según la tecnología móvil, por la cual se estimó un promedio de cobertura de cada operador en las tres tecnologías y posteriormente se obtuvo un promedio final entre los tres operadores. Este promedio reflejó la cobertura móvil para cada distrito en el cantón de Oreamuno.

De acuerdo con los resultados se obtuvo la tabla N°43:

Tabla 363. Promedio de cobertura por distrito según operador

Distrito	MOVISTAR	KÖLBI	CLARO	Promedio
San Rafael	97.30	87.26	92.67	92.41
Cot	99.73	68.57	72.33	80.21
Potrero Cerrado	81.10	77.63	56.26	71.66
Cipreses	66.30	54.63	62.60	61.18
Santa Rosa	33.33	58.87	0.00	30.73

Fuente: Elaboración propia con datos de Mapa de Cobertura de la SUTEL. 2020

La inclusión del factor cobertura móvil en su expresión exponencial para calcular el nuevo impuesto se efectuó por medio de la siguiente expresión:

$$F_{CM} = e^{0.66(C_d - C_b)} \quad (24)$$

Dónde:

F_{CM} = Factor Cobertura Móvil

0.66 = Constante

C_d = Cobertura móvil promedio por distrito

C_b = Cobertura móvil del año base

La inclusión de este factor en el cálculo para el impuesto del año 2020 generó los resultados que se observa en la tabla N°44. Resulta importante señalar que para estimar los valores actuales sin incorporar la nueva variable se aplicó un valor de 0 a la variable C_b .

Tabla 37. Comportamiento en la recaudación al incluir la variable cobertura móvil

Distrito	Impuesto 2020	Nuevo Impuesto	Aumento en Recaudación	%
San Rafael	₡ 527 824 686.51	₡ 978 722 172.71	₡ 450 897 486.20	55%
Cot	₡ 107 740 942.46	₡ 184 139 364.14	₡ 76 398 421.68	11%
Potrero Cerrado	₡ 58 473 436.01	₡ 94 387 125.91	₡ 35 913 689.90	61%
Cipreses	₡ 55 207 721.38	₡ 83 088 606.25	₡ 27 880 884.87	51%
Santa Rosa	₡ 28 787 096.93	₡ 35 348 823.97	₡ 6 561 727.04	23%
Totales	₡ 778 033 883.29	₡ 1 375 686 092.98	₡ 597 652 209.70	77%

Fuente: Elaboración propia con datos propios. 2020.

De acuerdo con la tabla anterior, se puede concluir que el mayor aumento en el impuesto corresponde a aquellos distritos donde la cobertura móvil es superior, coincidiendo con la zona más urbana del cantón como es el distrito de San Rafael y una parte del distrito de Cot. Asimismo, el incremento total del impuesto sería de un 77% si se incorpora la variable cobertura móvil en el modelo de regresión.

Escenario 2

Este escenario tomó únicamente la inclusión de la variable *distancia a la estación del tren* donde se determinó el efecto financiero en la base imponible para el cálculo del impuesto. El factor utilizado fue el de la siguiente expresión:

$$F_{DET} = e^{-0.056 (D_a - D_b)} \quad (25)$$

Dónde:

F_{DET} = Factor Distancia Estación del Tren

-0.056 = Constante

D_a = Distancia promedio por distrito

D_b = Distancia del año base

La inclusión de este factor en el cálculo para el impuesto del año 2020 generó los resultados que se observa en la tabla N°45. Resulta importante señalar que para estimar los valores actuales sin incorporar la nueva variable se aplicó un valor de 0 a la variable D_b .

Tabla 45. Comportamiento en la recaudación al incluir la variable Distancia Estación del Tren

Distrito	Impuesto 2020	Nuevo Impuesto	Comportamiento en la Recaudación	%
San Rafael	₡ 527 824 686.51	₡ 499 128 808.37	-₡ 28 695 878.14	- 5%
Cot	₡ 107 740 942.46	₡ 74 499 295.18	-₡ 33 241 647.28	-31%
Potrero Cerrado	₡ 58 473 436.01	₡ 39 538 408.47	-₡ 18 935 027.54	-32%
Cipreses	₡ 55 207 721.38	₡ 34 136 350.84	-₡ 21 071 370.54	-38%
Santa Rosa	₡ 28 787 096.93	₡ 14 555 184.65	-₡ 14 231 912.28	-49%
Totales	₡ 778 033 883.29	₡ 661 858 047.51	-₡ 116 175 835.78	-15%

Fuente: Elaboración propia con datos propios. 2020.

Como se puede ver en el cuadro N°45, la inclusión de la variable *distancia estación del tren* genera un efecto de disminución de la base imponible, debido a que el valor de la propiedad es castigado de forma directa conforme esta se aleja de la Estación del Tren. Resulta importante señalar, que la estimación de distancia para todas las propiedades no se encuentra disponible, ante lo cual el dato de distancia utilizado para estimar el impuesto correspondió a la distancia del centro urbano de cada distrito respecto a la estación del tren, por lo cual para resultados más apegados a la realidad se debería ajustar la distancia real de cada propiedad respecto a la estación del tren.

La aplicación de esta nueva variable implica que no se debe utilizar el mapa de zonas homogéneas, debido a que la valoración de las propiedades más cercanas a la estación del tren tendría un resultado más alto que aquellas que se encuentren más alejadas, lo cual implica que el efecto de incluir las zonas ya estaría siendo contemplado al incluir la nueva variable, por lo cual en caso de utilizarlas se estaría aplicando un efecto doble.

Resulta importante indicar que, la disminución registrada en el impuesto al incluir la variable *distancia estación del tren* en la tabla N°45, se daría una única vez, debido a la no existencia de una base de datos completa de la distancia de cada propiedad del cantón con respecto a la estación del tren. Una vez incorporado este dato para cada propiedad en la base de datos de la Municipalidad, y siendo que esta distancia no varía con el tiempo, implicaría que el resultado del valor de la propiedad no se vería disminuido al paso los años.

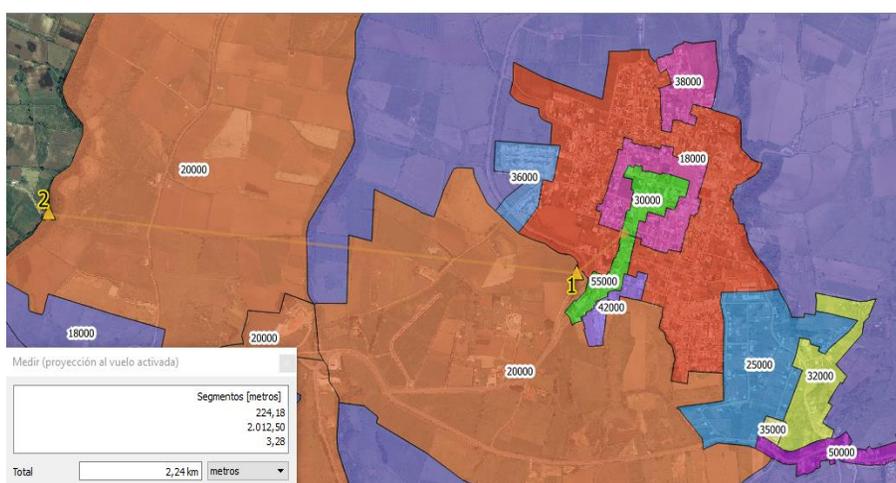
6.9. Discusión de Resultados

La inclusión de la variable cobertura móvil en los modelos de regresión para la valoración de propiedad implicaría un aumento en el precio de las propiedades producto de la presencia de la cobertura móvil. Este efecto podría incidir de forma positiva en los dueños de las propiedades, al ver la cobertura móvil como un elemento que potenciaría sus terrenos, al adquirir mayor valor. Asimismo, al identificarse la cobertura móvil como algo positivo, podría generar un incremento en su demanda, llevando a la

necesidad de instalar nueva infraestructura de telecomunicaciones. Como se señaló anteriormente, el uso del servicio móvil va en aumento año con año, registrando una penetración de 107% para el año 2017, según el informe de la SUTEL (2018), lo que implica que el efecto de la incorporación de esta variable se vería reflejado aún más con el pasar de los años. Lo anterior incluso podría impulsar el despliegue de redes móviles en zonas donde a hoy la cobertura es deficiente.

En relación con la variable *distancia estación del tren*, su incorporación logró evidenciar que el modelo de valoración actual del ONT no contempla la distancia como un factor que varíe el precio de las propiedades. El uso de zonas homogéneas no discrimina si la propiedad valorada está más o menos cerca de los centros económicos, así las cosas, una propiedad que se encuentra en los extremos del límite de la zona homogénea tiene el mismo valor por metro cuadrado de otra propiedad que se encuentre en el lado opuesto y que esté más cerca del centro económico o de servicios del cantón. Para ejemplificar esto, en la figura N°10 se muestra una zona homogénea del distrito de Cot, demarcando 2 propiedades como punto 1 y punto 2, ambas visiblemente ubicadas en extremos opuestos de la zona homogénea, estando el punto 1 más cerca del centro económico de Cot.

Figura 10. Zonas homogéneas del distrito de Cot, mostrando los valores por metro cuadrado para cada zona



Fuente: Elaboración propia con datos del Mapa de Valores por Zonas Homogéneas. ONT. 2020.

Por consiguiente, aunque el punto 1 este ubicado a solo 224 metros del centro de población, el valor de este terreno es igual al valor del terreno ubicado en el punto 2, estando el punto 2 a una distancia de 2000 metros respecto del centro de población. El valor de ambas propiedades sería de 20.000 colones el metro cuadrado.

A partir de lo anterior resulta claro, que, para el modelo aplicado por el ONT, la distancia respecto al centro de población no implica ninguna ventaja en cuanto al precio de los terrenos, lo cual resulta contradictorio siendo que una propiedad más cercana a un centro de población tendría acceso a más y mejores servicios que otra que se encuentra a mayor distancia, lo que debería verse reflejado de alguna forma en el precio de los terrenos. En los centros de población hay mayor acceso a servicios públicos, comerciales, transporte, entre otros más. Lo que significa que la distancia es una variable que debería ser tomada en consideración para determinar el precio de una propiedad.

Como propuesta para atender esta carencia, tomando como referencia el resultado obtenido de la incorporación de la variable *distancia a la estación del tren*, es posible recomendar la eliminación de la metodología de las zonas homogéneas de valores, y tomar la distancia de la propiedad con respecto a un punto de referencia, para el caso de la presente investigación siendo el punto de referencia la estación del tren, para poder incidir en el valor de los terrenos, ya que esta variable captura de una mejor forma el efecto del valor de propiedades cercanas al área urbana respecto a aquellas que se encuentran en zonas rurales y alejadas.

7. Conclusiones

Al finalizar el estudio y obtener un modelo econométrico para la valoración fiscal de las propiedades del cantón de Oreamuno y analizar los resultados para la Municipalidad de Oreamuno, se puede concluir que:

1. Con la recopilación de las referencias para la estimación del nuevo modelo, se pudo crear una base de datos de propiedades en venta actualizada. Esta refleja la existencia de una amplia oferta propiedades en venta. Asimismo, fue posible identificar que para el distrito de San Rafael existe una amplia oferta de propiedades de uso comercial.
2. La estación del tren ha creado una expectativa entre los propietarios de terrenos cercanos, en relación con el uso comercial de estos. Reflejo de lo anterior es la propuesta incorporada en la modificación del Plan de Ordenamiento Territorial de Oreamuno, delimitando la zona cercana a la estación como una zona económica, ampliando el uso de suelo a Uso Mixto (residencial y comercial) para un radio de casi los 2 Km respecto a la estación del tren.
3. La variable *distancia a la estación del tren* incluida en el nuevo modelo de regresión para Oreamuno generó un coeficiente mayor respecto al coeficiente obtenido para el distrito de Guápiles. Así las cosas, la distancia al desarrollo de infraestructura de transporte en Oreamuno tiene un mayor peso en el valor de la tierra.
4. Se detectó que la variable distancia debería utilizarse en los modelos de regresión para valorar la tierra, y que resulta importante valorar la eliminación del uso de zonas homogéneas dado que estas no permiten visualizar el efecto de tener terrenos más cercanos a los centros de población. Asimismo, limitar su uso permitiría normar el exceso de zonas homogéneas delimitadas para un mismo distrito, más aun tomando en consideración que la delimitación de estas zonas no siempre se hace a nivel catastral, y existen propiedades ubicada en dos o más zonas homogéneas a la vez.

5. El porcentaje de explicación del valor de la tierra a través de la utilización de la variable cobertura móvil, sin dudar, ha demostrado que es muy representativa para determinar el valor de una propiedad. Ante lo cual, esta variable debería incorporarse para complementar la variable servicios 2 que utiliza el modelo del ONT, tomando en cuenta de esta forma a la tecnología como un nuevo servicio.
6. Al presentarse una mejora en la cobertura móvil se aumentaría el valor de las propiedades, siendo un beneficio para el propietario en el uso de tecnología y la plusvalía de la tierra.
7. Es el primer estudio técnico en demostrar que la cobertura móvil está relacionada con el valor de la tierra, por lo que la variable es novedosa para investigaciones nacionales y extranjeras, por su alta significancia.
8. Se pudo determinar que, el acceso a los servicios como el tipo de vía tienen mayor representatividad en el valor de la tierra para el cantón de Oreamuno que para el modelo nacional.
9. El modelo de regresión regional permitió mejorar el nivel de aproximación del valor de la tierra, reduciendo el problema de inequidad en el valor de la tierra generado por el modelo actual del ONT.
10. Las municipalidades podrían crear sus propios modelos de valoración utilizando el método de regresión, para generar sus propios factores de valoración, los cuales resultarían más representativos de las características propias del cantón. Características que no pueden ser reflejadas en un modelo de valoración nacional.
11. El desarrollo de un modelo regional permitiría su actualización periódica, caso contrario respecto al modelo nacional, el cual es actualizado cada 10 años por parte del ONT.

8. Recomendaciones

1. Comparar el resultado de los valores obtenidos de la nueva Plataforma por Zonas Homogéneas para el cantón de Oreamuno del año 2020, el cual todavía se encuentra en desarrollándose, contra los valores de modelo regional detallado en la presente investigación, y determinar ¿cuál tiene un mayor beneficio para el cantón de Oreamuno a nivel tributario?
2. Proponer a la alcaldía de la Municipalidad de Oreamuno efectuar las labores administrativas necesarias para poder utilizar el modelo propuesto en la presente investigación de manera oficial para las valoraciones fiscales del cantón, teniendo de respaldo técnico el presente documento.
3. Firmar un convenio de acceso de información en formato shape a los mapas de cobertura móvil, entre la Municipalidad de Oreamuno y los operadores de telefonía móvil existentes en el país. Como opción adicional se podría plantear firmar el convenio con el ONT y que sea este quien suministre la información respectiva a las Municipalidades.
4. Incluir en la base de datos municipal la variable de cobertura móvil para cada propiedad, a través de la actualización del Catastro Multifinanciero.
5. Proponer la replicación del modelo en otras municipalidades para obtener una comparación del efecto de las variables cobertura móvil y distancia.
6. A la luz de la Directriz-002-2018 emitida por la ONT de setiembre del año 2018, relacionada al *Efecto de las torres de telefonía celular en el valor de la tierra*, se recomienda a la ONT valorar la realización de estudio para el análisis del efecto que tiene la ubicación de una torre de telefonía para la cobertura móvil en el valor de la tierra.
7. Considerar el momento oportuno para desarrollar la aplicación del modelo regional de valoración debido a que los efectos económicos causados por la actual pandemia de Covid-19 han generado un desconcierto social para el tema de impuestos.

9. Referencias

Arriaza, M. C.-M. (2006). Valoración de Fincas de Olivar mediante métodos econométricos. Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera (IFAPA). Córdoba España. p.11 Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/267997334_VALORACION_DE_FINCAS_DE_OLIVAR_MEDIANTE_METODOS_ECONOMETRICOS (23/07/2017)

Aznar-Bellver, J., et al. (2012). *Valoración inmobiliaria. Métodos y aplicaciones. España e Iberoamérica*. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia. 1 edición, pp.40-179. Recuperado de <http://hdl.handle.net/10251/19177> (18/08/2017)

Becvar, Z. Mach, P. Pravda, I. (2013) *Redes Móviles*. República Checa. CTU, Facultad de Ingeniería Eléctrica. 1 edición. Recuperado de http://improvet.cvut.cz/project/download/C4ES/Redes_moviles.pdf (23/07/2017)

Castro, J. de Obaldía, F. (2004) *Una propuesta metodológica para valoración de Bienes Inmuebles en aplicaciones catastrales*. UNICIENCIA, Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica, pp.13-26. (12/08/2017)

Coto, L. E. (1986). *Distribución espacial del valor de la tierra en el cantón de Flores, 8º de la provincia de Heredia mediante el uso del análisis de regresión múltiple*. Tesis de Licenciatura. Universidad de Costa Rica. Grecia, Alajuela, Costa Rica, pp. 1-62. (28/10/2017)

Directriz VA-03-2010. *Procedimiento de ajuste para bienes inmuebles en el enfoque de las ventas comparables*. Dirección General de Tributación. Recuperado de http://196.40.56.20/scij_mhda/docjur/mhda_docjur.aspx?nBaseDato=1&nDocJur=13951 (24/03/2018)

Esteban, M. (2008). *Análisis econométrico*. País Vasco. SARRIKO-ON, pp.66-68. Recuperado de <http://hdl.handle.net/10810/12485> (18/06/2020)

Gracia, A.; Perez, L.P.; Sanjuan, A.I; Hurle, J.B. (2003). *Análisis hedónico de los precios de la tierra en la provincia de Zaragoza*. Revista española de estudios agrosociales y pesqueros, pp. 51-70.

Guadalajara, N. (2014). *Métodos de Valoración Inmobiliaria*. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa, pp.73-116. Recuperado de <https://books.google.co.cr/books?id=nSE0AwAAQBAJ&hl=es&num=13>

Guerrero, D. (1984). *Manual de Tasaciones: Propiedades urbanas y rurales*. Buenos Aires: Librería y Editorial ALSINA.

Guijarro, F. (2013). *Estadística aplicada a la valoración modelos: multivariantes*. Valencia, España: Universidad Politécnica de Valencia, pp.34-84. Recuperado de <http://hdl.handle.net/10251/33054> (19/08/2017)

Gujarati, D. P. (2009). *Econometría*. México: Mc Graw Hill.

ICEP, I. d. (15 de diciembre de 2008). *Manual de Valuación Catastral para el Estado de Puebla*. Puebla, México: Periódico Oficial del Estado de Puebla.

INDER. (2016). Caracterización del Territorio: Cartago - Oreamuno - El Guarco - La Unión. Recuperado de https://www.inder.go.cr/territorios_inder/region_central/caracterizaciones/Caracterizacion-territorio-Cartago-Oreamuno-El-Guarco-La-Union.pdf (19/08/2017)

IVSC. (2007). Normas Internacionales de Valuación Octava edición. España: ATASA-UPAV.

Laurent, R. (2015). Avalúos de inmuebles urbanos: Principios metodológicos aplicables en Costa Rica. San José, Costa Rica.

Lerma, H. (2004). *Metodología de la investigación. Propuesta, Anteproyecto y Proyecto*. 3.ed. ECOE Ediciones.

Ley N°7509 *Ley de Impuesto sobre Bienes Inmuebles*. La Gaceta N° 116, San José, Costa Rica, 19 de junio de 1995.

Mayorga, A. (2008). *Manual de Valoración de Bienes Inmuebles para la Escuela de Ingeniería en Construcción del Instituto Tecnológico de Costa Rica*. Tesis de Licenciatura. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Cartago, Costa Rica, p.12.

Melo, C. (2003). *Estimación de precios hedónicos para propiedades residencial y comercial en la ciudad de Bogotá*. Colombia, pp.10-17. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4797289> (21/11/2018)

MICITT. (2017). *Informe de Seguimiento Plan de Acción de Infraestructura de Telecomunicaciones*. San José, Costa Rica. Recuperado de <http://infocom.cr/wp-content/uploads/informe-acciones-comision-de-infraestructura-julio-2017.pdf>

Montealegre, F. Vargas, E. (2000). *Modelo de Valoración*. San José: Ministerio de Hacienda, Órgano de Normalización Técnica.

Montero, N. González, C. Barboza, D. Arroyo, R (2019). *Valoración de una finca en periodo de transición a un sistema de producción orgánica en Cipreses de Oreamuno, en la provincia de Cartago, Costa Rica*. E-Agronegocios, 5(1). <http://doi.org/10.18845/rea.v5i1.4028>.

Pellice, R. (2012). *Valuación de Inmuebles*. Argentina. Universidad Nacional de San Juan. Recuperado de <ftp://ftp.unsj.edu.ar/agrimensura/Publicaciones/Tomol%20Valuaciones%20Inmob-Pellice%20H.pdf> (7/08/2017)

Phoenix, Instituto de Valuación. (2017). *Valuación Inmobiliaria*. Irapuato, Guanajuato. México.

Ramírez, E. García, F. (2003) *Compendio de Valoración Agraria. Técnico y Normativo*. Sevilla, España. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.5015.8161> (14/08/2017)

Reglamento a la Ley de Impuesto sobre Bienes Inmuebles. La Gaceta N° 18, San José, Costa Rica, 27 de enero de 1999.

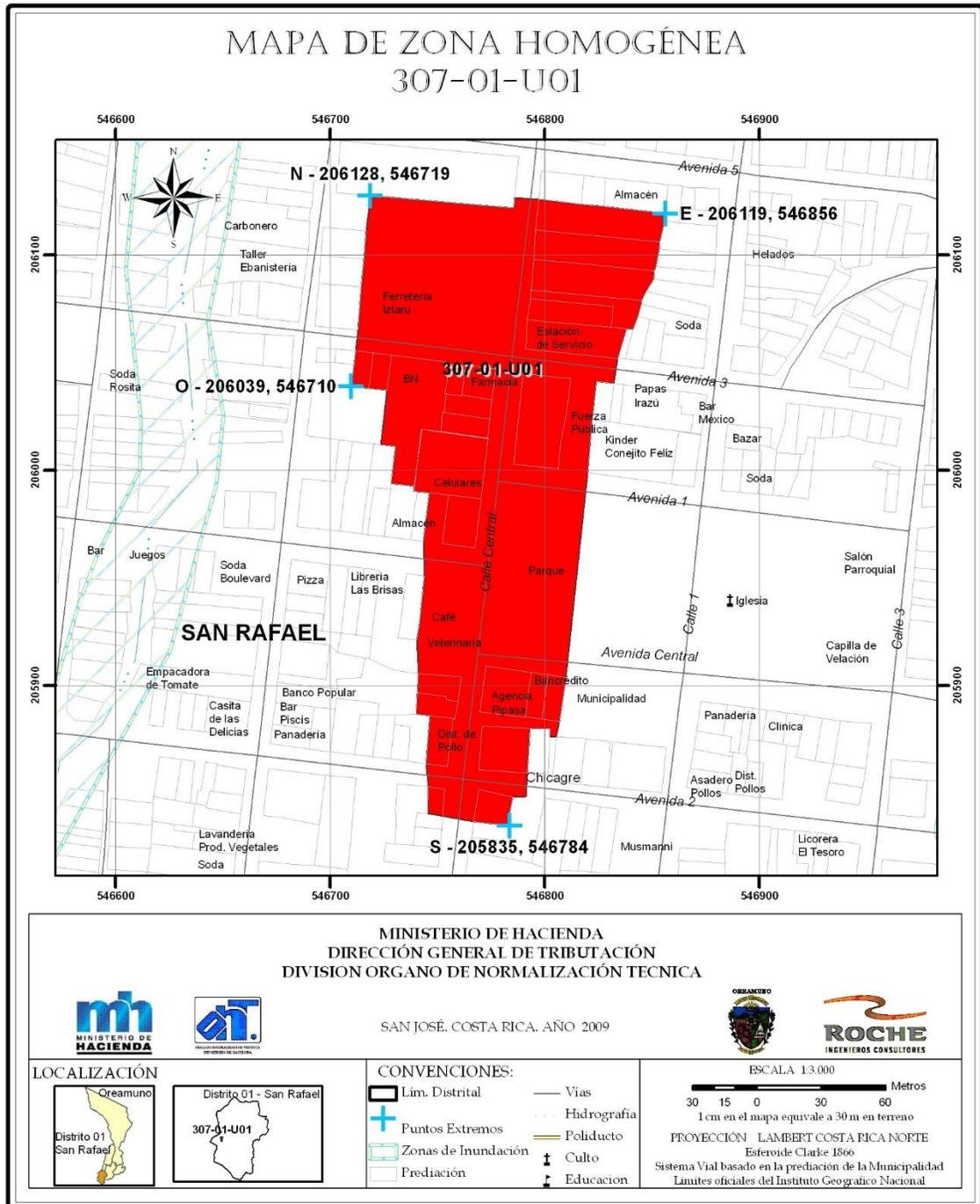
Robledo, W. (1998) *Generalidades y métodos de avalúos*. Bogotá: El Tiempo. página 27.

Sánchez, L.; Pérez-Molina, E. (2013) *Estimaciones del impacto del límite de crecimiento (anillo de contención) sobre los valores del suelo en el norte de Heredia, 1997-2007*. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/324121808_ESTIMACIONES_DEL_IMPACTO_DEL_LIMITE_DE_CRECIMIENTO_ANILLO_DE_CONTENCION SOBRE LOS VALORES DEL SUELO EN EL NORTE DE HEREDIA_1997-2007.pdf (23/04/2016)

SUTEL, (2018) *Estadísticas del Sector de Telecomunicaciones*. Costa Rica. 2017. San José, Costa Rica. Recuperado de https://sutel.go.cr/sites/default/files/sutel_informe-esp-18-junio-ver-baja-0.pdf (09/10/2018)

Ulate, A. Mayorga, B. Alfaro, J (2017). *Índice de Competitividad Cantonal Costa Rica 2011–2016*. San José, Costa Rica. Recuperado de <https://www.ucr.ac.cr/medios/documentos/2017/icc-odd-2006-2016.pdf> (27/01/2018)

Anexo 1. Zona Homogénea 307-01-U01 del distrito de San Rafael de Oreamuno.



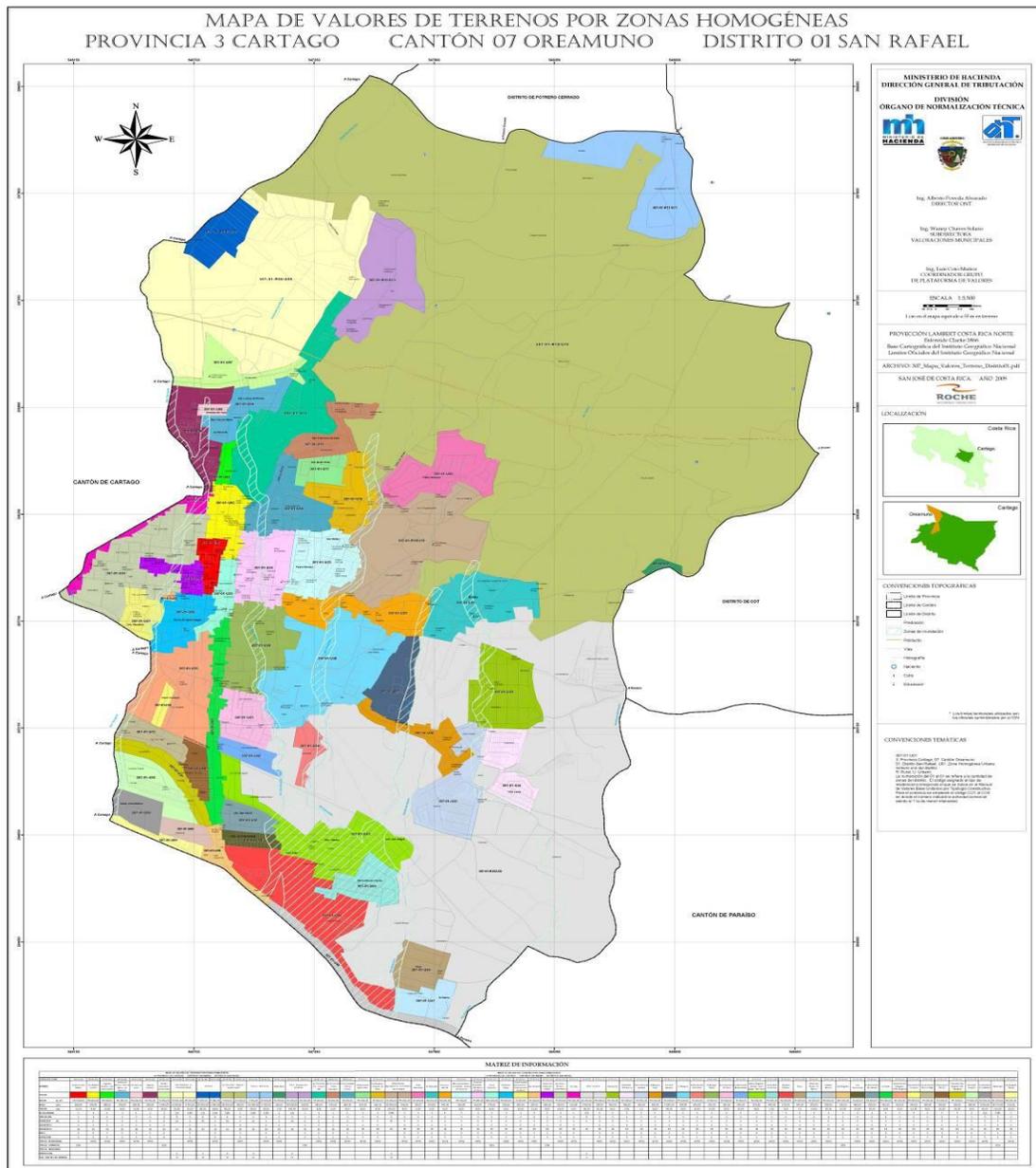
Fuente: ONT. 2009

Anexo 2. Matriz de información de las zonas homogéneas para del distrito de San Rafael.

MAPA DE VALORES DE TERRENOS POR ZONAS HOMOGÉNEAS									
LA PROVINCIA 3 DE CARTAGO CANTÓN 07 OREAMUNO DISTRITO 01 SAN RAFAEL									
CÓDIGO DE ZONA	307-01-U01	307-01-U02	307-01-U03	307-01-U04	307-01-U05	307-01-U06	307-01-U07	307-01-R08	307-01-U08
NOMBRE	Comercio San Rafael	San Rafael Centro	Sagrada Familia - Eje Calle Central	Lomas de Rivera - Flor de María - La Rotonda	Veredas de Irazú	Sagrada Familia	Centro Educativo Carlos Valle	Calle El Rodeo - La Chinchilla Norte	
COLOR									
VALOR (¢ / m ²)	140 000,00	90 000,00	65 000,00	80 000,00	90 000,00	50 000,00	70 000,00	13 000,00	25 000,00
ÁREA (m ²)	260,00	150,00	280,00	200,00	250,00	180,00	1 040,00	6 000,00	1 500,00
FRENTE (m)	13,00	8,00	10,00	8,00	10,00	9,00	20,00	20,00	22,00
REGULARIDAD	1	1	1	1	1	1	1	0,9	0,95
TIPO DE VÍA	1	3	4	4	4	4	3	6	4
PENDIENTE (%)	0	0	0	0	0	0	0	15	3
SERVICIOS 1	4	4	4	4	4	4	4		2
SERVICIOS 2	16	16	16	16	16	16	16	15	16
NIVEL	0	0	0	0	0	0	0		0
UBICACIÓN	5	5	5	5	5	5	5		5
TIPO DE RESIDENCIAL		VC03	VC03	VC04	VC05	VC02			VC05
TIPO DE COMERCIO	CO5						CO2		
TIPO DE INDUSTRIAL									
HIDROLOGÍA								2	
CAP. USO DE LAS TIERRAS								IV	

Fuente: ONT. 2009

Anexo 3. Mapa de Valores de Terrenos por Zonas Homogéneas. Distrito San Rafael.



Fuente: ONT. 2009

Anexo 4. Formulario de levantamiento de datos catastrales.



FORMULARIO F 155a



FECHA: _____

TOMA DE DATOS DE LA PARCELA # _____

CANTÓN: _____ DISTRITO: _____ TIPO MUESTRA: _____

PROPIETARIO: _____

CÉDULA NATURAL: _____ CÉDULA JURÍDICA: _____

DIRECCIÓN DEL PREDIO: _____

NÚMERO FINCA: _____ TELÉFONO: _____

LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA _____ FECHA: _____

TIPO DE ZONA:

COMERCIAL: _____ RESIDENCIAL: _____ INDUSTRIAL: _____ CÓDIGO ZONA _____

AGRÍCOLA: _____ PECUARIA: _____ FORESTAL: _____ HOMOGÉNEA: _____

ÁREA: _____ m² FRENTE: _____ m

REGULARIDAD: _____ NIVEL: _____ m UBIC. MANZANA: _____ TIPO VÍA: _____

PENDIENTE: _____ CAPACIDAD DE USO DE LAS TIERRAS: _____ HIDROLOGÍA: _____

NATURALEZA: _____

BLOQUE: _____ PREDIO: _____ PLANO #: _____

SERVICIOS (1): _____	ACERA: _____	CORDÓN Y CAÑO: _____
SERVICIOS (2): _____		
ALUMBRADO: _____	TELÉFONO: _____	ELECTRICIDAD: _____ CAÑERÍA: _____

COORDENADAS PLANAS (SISTEMA LAMBERT)

ESTE: _____ NORTE: _____

VALOR UNITARIO: _____ m² TERRENO

DETALLAR LO SIGUIENTE SÓLO SI LA CONSTRUCCIÓN TIENE INTERÉS FISCAL

TIPO	VIDA ÚTIL	ÁREA	EDAD	ESTADO	VALOR ASIGNADO
OBSERVACIONES					

NOMBRE DEL RESPONSABLE: _____ F 155a

Fuente: Tomado del Informe técnico. Plataforma de valores. Ministerio de Hacienda. 2009

Anexo 5. Predicciones para el Modelo 5
 Para intervalos de confianza 95%, $t(126, 0.025) = 1.979$

Observaciones	I_V_FLS	Predicción	Desv. típica	Intervalo de 95%
1	90.8127	92.4540	1.46078	(89.5631, 95.3448)
2	96.2917	95.2876	1.46126	(92.3958, 98.1794)
3	101.278	102.261	1.44259	(99.4061, 105.116)
4	118.234	119.603	1.45682	(116.720, 122.486)
5	112.980	114.783	1.45932	(111.896, 117.671)
6	92.5068	94.2473	1.43944	(91.3987, 97.0960)
7	96.8567	95.5292	1.42606	(92.7071, 98.3513)
8	58.4478	59.3313	1.42832	(56.5047, 62.1579)
9	74.8686	73.5765	1.43124	(70.7441, 76.4089)
10	86.4892	83.8583	1.42090	(81.0463, 86.6702)
11	76.6235	76.8383	1.42622	(74.0158, 79.6607)
12	89.9703	90.1638	1.42175	(87.3502, 92.9774)
13	81.8808	81.8522	1.43468	(79.0130, 84.6913)
14	90.7209	92.6473	1.42567	(89.8259, 95.4687)
15	57.3487	57.7368	1.43430	(54.8983, 60.5752)
16	88.8681	88.5480	1.42387	(85.7302, 91.3658)
17	87.2980	88.5480	1.42387	(85.7302, 91.3658)
18	87.6391	88.5480	1.42387	(85.7302, 91.3658)
19	97.8962	98.1529	1.44336	(95.2966, 101.009)
20	87.1157	88.5480	1.42387	(85.7302, 91.3658)
21	97.7360	97.7759	1.42370	(94.9585, 100.593)
22	87.6452	84.7947	1.42193	(81.9808, 87.6087)
23	66.9371	64.4342	1.43225	(61.5998, 67.2686)
24	47.2087	45.5032	1.42535	(42.6825, 48.3239)
25	34.2829	33.4654	1.56972	(30.3590, 36.5718)
26	67.8761	65.3994	1.44318	(62.5434, 68.2554)
27	70.4308	68.5140	1.43496	(65.6743, 71.3538)
28	89.2166	92.2968	1.44810	(89.4310, 95.1625)
29	68.6991	67.5268	1.43302	(64.6909, 70.3627)
30	69.9013	70.8844	1.42903	(68.0564, 73.7124)
31	88.5887	86.4966	1.42515	(83.6762, 89.3169)
32	83.0328	82.0810	1.43454	(79.2421, 84.9199)
33	82.1827	83.7856	1.42278	(80.9699, 86.6012)
34	67.4994	67.4793	1.45972	(64.5905, 70.3680)
35	90.5603	89.1582	1.44438	(86.2998, 92.0166)
36	68.2502	69.4444	1.43716	(66.6003, 72.2885)
37	40.9968	41.4963	1.44863	(38.6295, 44.3631)
38	47.5363	48.8846	1.45946	(45.9964, 51.7728)
39	87.4598	90.2690	1.42376	(87.4514, 93.0866)
40	83.6006	82.8818	1.42048	(80.0707, 85.6929)
41	31.3780	31.9554	1.46567	(29.0548, 34.8559)
42	24.1699	24.8077	1.47391	(21.8909, 27.7245)
43	65.8340	67.2184	1.60982	(64.0326, 70.4042)
44	41.3524	39.9572	1.48579	(37.0169, 42.8975)

45	143.836	143.366	1.65289	(140.095, 146.637)
46	59.8938	58.1165	1.52700	(55.0946, 61.1384)
47	63.6820	64.3231	1.42818	(61.4968, 67.1494)
48	54.5111	56.4145	1.52560	(53.3954, 59.4336)
49	45.3850	47.2247	1.45321	(44.3489, 50.1006)
50	22.5034	19.4987	1.47587	(16.5780, 22.4194)
51	124.820	123.160	1.61026	(119.973, 126.346)
52	89.8819	89.8412	1.45724	(86.9573, 92.7250)
53	43.2440	45.3603	1.46826	(42.4547, 48.2660)
54	52.0170	51.5033	1.45070	(48.6324, 54.3742)
55	41.9344	42.3369	1.46700	(39.4337, 45.2400)
56	29.0023	31.0683	1.52639	(28.0476, 34.0890)
57	56.4713	55.8217	1.51460	(52.8244, 58.8191)
58	57.4107	58.2808	1.55279	(55.2079, 61.3537)
59	49.0207	48.3133	1.48834	(45.3680, 51.2587)
60	133.710	133.619	1.56316	(130.525, 136.712)
61	84.4533	86.9177	1.44740	(84.0533, 89.7820)
62	103.589	103.576	1.48452	(100.638, 106.514)
63	102.382	102.233	1.48930	(99.2858, 105.180)
64	102.498	102.390	1.48435	(99.4529, 105.328)
65	95.6185	96.3898	1.47346	(93.4739, 99.3057)
66	30.2694	30.8159	1.47661	(27.8937, 33.7381)
67	74.4056	74.1205	1.43591	(71.2788, 76.9621)
68	75.2310	74.9719	1.43071	(72.1406, 77.8032)
69	97.1042	94.0622	1.42707	(91.2381, 96.8863)
70	65.1223	65.6027	1.67000	(62.2978, 68.9076)
71	94.4064	92.9183	1.42499	(90.0983, 95.7383)
72	114.641	113.744	1.46352	(110.848, 116.640)
73	87.8313	86.1427	1.42689	(83.3190, 88.9665)
74	88.8429	90.2472	1.42409	(87.4290, 93.0654)
75	85.7434	85.8929	1.48513	(82.9539, 88.8319)
76	62.4358	61.5862	1.45011	(58.7165, 64.4559)
77	17.5275	18.0336	1.47417	(15.1162, 20.9509)
78	48.9204	51.1833	1.42891	(48.3555, 54.0110)
79	91.5121	91.0468	1.42347	(88.2298, 93.8638)
80	89.8848	90.2472	1.42409	(87.4290, 93.0654)
81	121.680	120.667	1.58898	(117.523, 123.812)
82	103.336	101.106	1.47360	(98.1898, 104.022)
83	84.7793	87.6149	1.46549	(84.7147, 90.5150)
84	46.2603	46.4716	1.46547	(43.5715, 49.3718)
85	94.7792	93.1152	1.54680	(90.0541, 96.1763)
86	71.2837	72.4567	1.45685	(69.5737, 75.3398)
87	63.6429	61.2493	1.61920	(58.0450, 64.4537)
88	85.7903	86.3117	1.43626	(83.4693, 89.1540)
89	75.5132	77.0053	1.46214	(74.1118, 79.8989)
90	76.6255	76.2669	1.42021	(73.4563, 79.0774)
91	95.0415	93.6571	1.45023	(90.7871, 96.5270)
92	42.7160	42.2724	1.45002	(39.4029, 45.1419)

93	72.9393	73.6126	1.45431	(70.7345, 76.4906)
94	104.841	104.036	1.43540	(101.195, 106.876)
95	107.321	107.219	1.48536	(104.279, 110.158)
96	88.3453	90.2472	1.42409	(87.4290, 93.0654)
97	89.2355	90.2472	1.42409	(87.4290, 93.0654)
98	87.4186	86.8325	1.44475	(83.9734, 89.6916)
99	81.4127	80.5019	1.41841	(77.6949, 83.3089)
100	82.6301	82.4894	1.42180	(79.6757, 85.3031)
101	72.1737	72.8294	1.44686	(69.9661, 75.6927)
102	87.8468	88.5480	1.42387	(85.7302, 91.3658)
103	58.9403	61.0410	1.42746	(58.2161, 63.8659)
104	43.8873	41.7191	1.53638	(38.6787, 44.7596)
105	39.9990	39.0505	1.44419	(36.1925, 41.9085)
106	85.0118	86.8486	1.42035	(84.0378, 89.6594)
107	112.564	111.946	1.44732	(109.082, 114.810)
108	82.9586	83.1969	1.52950	(80.1701, 86.2237)
109	60.3525	58.0215	1.44511	(55.1617, 60.8813)
110	51.1807	50.4716	1.44539	(47.6113, 53.3320)
111	140.848	141.919	1.67163	(138.611, 145.227)
112	64.7177	62.0818	1.42970	(59.2525, 64.9112)
113	106.002	104.793	1.44584	(101.932, 107.654)
114	60.3774	61.9337	1.42825	(59.1072, 64.7601)
115	83.4751	83.0603	1.43540	(80.2197, 85.9010)
116	60.7471	59.3099	1.44417	(56.4519, 62.1679)
117	79.1952	78.8260	1.47065	(75.9156, 81.7363)
118	66.6985	68.8003	1.43223	(65.9659, 71.6346)
119	27.3353	27.8748	1.50091	(24.9046, 30.8451)
120	71.6829	72.2343	1.42195	(69.4203, 75.0483)
121	54.6552	53.9648	1.42936	(51.1361, 56.7935)
122	71.1470	72.5346	1.42252	(69.7195, 75.3497)
123	71.4080	72.0003	1.42201	(69.1862, 74.8144)
124	75.7601	75.9139	1.42166	(73.1005, 78.7273)
125	74.8547	72.9570	1.42180	(70.1433, 75.7707)
126	60.0942	61.2019	1.42498	(58.3819, 64.0219)
127	74.6082	75.8076	1.42223	(72.9931, 78.6222)
128	99.4978	98.8828	1.42716	(96.0585, 101.707)
129	83.5014	83.4327	1.43542	(80.5921, 86.2734)
130	87.9891	87.7247	1.44145	(84.8721, 90.5772)
131	92.0755	90.7448	1.44043	(87.8943, 93.5954)
132	54.1607	54.1346	1.43343	(51.2979, 56.9713)
133	54.1606	54.1346	1.43343	(51.2979, 56.9713)
134	72.7929	73.1427	1.42176	(70.3291, 75.9564)
135	72.7929	73.1427	1.42176	(70.3291, 75.9564)
136	60.6146	60.2704	1.42730	(57.4459, 63.0950)