

REVISTA
ECONOMÍA
Y POLÍTICA

ARTÍCULO N° 1

José F. Ramírez Álvarez, Juan Pablo Díaz Sanchez
FUENTES DE LA DESIGUALDAD ECONÓMICA EN ECUADOR
SOURCES OF ECONOMIC INEQUALITY IN ECUADOR

ARTÍCULO N° 2

Alejandro Brondino, Matías Nicolás Sacoto Molina
BASES FOR ALTERNATIVE NONPARAMETRIC MINCER FUNCTION
BASES PARA UNA ALTERNATIVA NOPARAMÉTRICA DE LA FUNCIÓN DE MINCER

ARTÍCULO N° 3

Diego Marcelo Cordero Guzmán, Katina Vanessa Bermeo Pazmiño
LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN Y SU INCIDENCIA EN LA COMPETITIVIDAD DE LA MICROEMPRESA DEL SECTOR DE MUEBLES DE MADERA DEL CANTÓN CUENCA EN LA PROVINCIA DEL AZUAY

INFORMATION SYSTEMS AND THEIR IMPACT ON THE COMPETITIVENESS OF MICRO FIRMS IN THE WOOD FURNITURE SECTOR OF CUENCA IN THE PROVINCE OF AZUAY

ARTÍCULO N° 4

Denis Borenstein, Jorge A. Campoverde, Freddy B. Naula Sigua
TOWARDS INTEGRATING RETIMING IN VEHICLE TYPE SCHEDULING PROBLEM
HACIA LA INTEGRACIÓN DE LA RESINCRONIZACIÓN EN EL PROBLEMA DE PROGRAMACIÓN POR TIPO DE VEHÍCULO

ARTÍCULO N° 5

Daniele Covri Rivera
EVIDENCIA DE VOLATILIDAD AGRUPADA EN EL MERCADO ACCIONARIO ECUATORIANO: APLICACIÓN DE UN MODELO IGARCH PARA EL ÍNDICE ECUINDEX
EVIDENCE OF VOLATILITY CLUSTERING IN THE ECUADORIAN EQUITY MARKET: APPLICATION OF AN IGARCH MODEL FOR THE ECUINDEX

REVISTA

ECONOMÍA

Y POLÍTICA

25

Año XIII

Enero - Junio 2017

ISSN No. 1390-7921

ISSN-L No. 2477-9075

REVISTA CIENTÍFICA INTERNACIONAL INDEXADA

<https://revistaeconomiaypolitica.ucuenca.edu.ec>

Indexaciones principales:



Editado por:	Revista Economía y Política de la Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas de la Universidad de Cuenca
Revista digital:	revistaeconomiaypolitica.ucuenca.edu.ec (Español)
Revista impresa:	tiraje 300 ejemplares
Administración:	revistaeconomiaypolitica@ucuenca.edu.ec
Dirección:	Av. 12 de abril y Agustín Cueva, Ciudadela Universitaria
País editor:	Ecuador
Ciudad:	Cuenca
Código Postal:	010201
Teléfono:	(593 7) 405 1000 Ext: 2261

© REVISTA ECONOMÍA Y POLÍTICA es una publicación científica que se edita de forma semestral (dos veces al año) y se publica en enero y julio. La revista se encuentra publicada bajo la modalidad OPEN ACCESS como aporte a la comunidad científica nacional e internacional.



Facultad de Ciencias, Económicas y Administrativas

UNIVERSIDAD DE CUENCA

► Autoridades

Ing. Pablo Vanegas P., Ph.D.
Lcda. Catalina León P., Ph.D.

RECTOR
VICERRECTORA

► Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas

Econ. Rodrigo Mendieta M., Ph.D.
Econ. Lucía Domínguez V., MBA.

Decano
Subdecana

► Revista Economía y Política

Equipo Editorial

Econ. Santiago E. Pozo Rodríguez, MSc.
Lcda. Sofía Calle Pesántez

Director
Editor Digital / Difusión

► Consejo Editorial - Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas

Lucía Domínguez V., MBA.
Santiago Pozo R., MSc.
Ana Salazar V., Mgt.
Gabriela Álava A., Mgt.

► Comité Editorial - Revista Economía y Política

Rodrigo Mendieta, Ph.D.
Dolores Sucozhaá Calle, Ph.D.
Diego Roldán Monsalve, Ph.D.
Mercy Orellana Bravo, MSc.
Juan Sarmiento Jara, MSc.
Patricio Cárdenas Jaramillo, MSc.
Juan Cordero López, Mgt.

Coordinador del Grupo de Investigación de Economía Regional
Docente - Investigadora
Docente - Investigador
Docente - Investigador
Director Carrera de Economía
Docente - Investigador
Director Carrera de Ingeniería Empresarial

► Comité Científico - Revista Economía y Política

Antonio Ruiz Porras, Ph.D.
Tomás Villazante, Ph.D.
Nicola Pontarollo, Ph.D.
Rony Correa, Ph.D.
Pedro Romero, Ph.D.
Alexandra Espinoza, Ph.D.
José Masson-Guerra, Ph.D.
María Luisa Saavedra, Ph.D.
Katina Bermeo, Ph.D.

Universidad de Guadalajara (México)
Universidad Complutense de Madrid (España)
European Commission (Italia)
Universidad Técnica Particular de Loja (Ecuador)
Universidad San Francisco de Quito (Ecuador)
Escuela Politécnica Nacional (Ecuador)
Universidad Autónoma de Barcelona (España)
Universidad Nacional Autónoma de México, México
Universidad Católica de Cuenca

Diseño y Diagramación:

IMPRENTA
Universidad de Cuenca

Política Editorial

Economía y Política es una revista científica de la Universidad de Cuenca, que tiene como propósito ofrecer un espacio académico para la publicación de trabajos de carácter investigativo en las áreas de Economía, Administración de Empresas, Contabilidad y Auditoría, Marketing y Sociología.

La revista publica artículos de creación original de manera semestral, correspondientes a trabajos de investigación en español, inglés y portugués, que no se encuentren en proceso de evaluación por otras revistas científicas, ya sean impresas o electrónicas.

Se publica en Economía y Política: estudios empíricos, artículos metodológicos, estudios de caso y revisiones del estado del arte.

Normas de publicación

Economía y Política es una revista científica arbitrada que utiliza el sistema de revisión externa por pares ciegos, conforme a las normas de publicación APA (American Psychological Association) para lograr su indexación en las principales bases de datos internacionales.

Cada número publicado de la Revista Economía y Política se edita en doble versión: impresa (ISSN No. 1390-7921) y electrónica (ISSN-L No. 2477-9075); los artículos de cada edición son identificados con su respectivo código DOI (Digital Object Identifier System).

Temática: Economía y Política admite, revisa y publica trabajos de carácter investigativo en las áreas de Economía, Administración de Empresas, Contabilidad y Auditoría, Marketing y Sociología.

Estructura: Los manuscritos deberán respetar los siguientes apartados, especialmente en los trabajos de investigación: Introducción, marco teórico, métodos, resultados, discusión/conclusiones y referencias.

Proceso Editorial: La Revista Economía y

Política, confirma la recepción de los trabajos enviados por los autores/as mediante la plataforma OJS (Open Journal System) así como, mantiene contacto con los autores durante todo el proceso de revisión y posible publicación del artículo científico.

El proceso editorial se cumple siguiendo las siguientes etapas: recepción del artículo mediante la plataforma OJS, análisis anti plagio mediante la plataforma URKUND, asignación de un revisor (miembro del Comité Editorial Interno) para evaluar el material mediante el filtro de pertinencia, solicitud de cambios a autores (si existen), asignación de revisores bajo la modalidad de pares ciegos para evaluar el material mediante el filtro de análisis científico, solicitud de cambios (si existe), maquetación y publicación del artículo científico.

Derechos de autor: La Revista declina cualquier responsabilidad sobre posibles conflictos derivados de la autoría de los trabajos que se publican en la misma.

Los originales de la revista Economía y Política, publicados en papel y en versión electrónica, son propiedad de la Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas de la Universidad de Cuenca, siendo necesario citar la procedencia en cualquier reproducción parcial o total.

Salvo indicación contraria, todos los contenidos de la edición electrónica se distribuyen bajo una licencia de uso y distribución Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License.

La opinión de los autores no representa la posición del Comité Editorial ni de la Facultad de ciencias Económicas y Administrativas de la Universidad de Cuenca.

Política Open Access: El acceso a los contenidos de la publicación son gratuitos y se autoriza la reproducción parcial o total de sus artículos citando la fuente.

Presentación

La Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas tiene al agrado de presentar la edición número 25 de la Revista Economía y Política, que recoge, en esta ocasión, temas de transcendental interés en el ámbito de la economía y de la administración de empresas, y que evidencian el esfuerzo de los articulistas por presentar trabajos de alta calidad científica.

En este contexto, en el artículo “Fuentes de la Desigualdad Económica en Ecuador” José Ramírez-Álvarez y Juan Pablo Díaz Sánchez plantean un análisis de las principales fuentes de ingresos que contribuyen a la desigualdad económica del Ecuador. Los autores puntualizan como dato importante que para el año 2014, el 5% de la población más rica del Ecuador concentró 46 veces el ingreso del 5% de la población más pobre, ocasionando que esta disparidad entre en seria controversia con los principios de desarrollo estipulados en la constitución ecuatoriana.

Alejandro Brondino y Matías Sacoto en su artículo “Bases para una alternativa no paramétrica de la función de Mincer” realizan una regresión no paramétrica con el fin de probar la viabilidad de esta técnica para modelar una versión simplificada de la función de ganancias de Mincer aplicada a los salarios de los jugadores de la NBA. Los resultados de la estimación no paramétrica se comparan con una regresión OLS clásica, concluyendo que la estimación no paramétrica, sería una alternativa para modelar el comportamiento de los salarios evitando supuestos muy estrictos que potencialmente conducirán a conclusiones de inferencia estadística erróneas.

En el artículo “Los Sistemas de Información y su incidencia en la Competitividad de la Microempresa del Sector de Muebles de Madera del cantón Cuenca en la Provincia del Azuay” Diego Cordero y Katina Bermeo, analizan la influencia de los sistemas de información sobre la competitividad de la microempresa del sector de fabricación de muebles de madera del cantón Cuenca en la provincia del Azuay. Para esto, elaboran un modelo de análisis de competitividad, el mismo que está formado por cinco constructos o variables; cuatro

de ellos operativizados desde el contexto de los sistemas de información, que implican: planeación, entradas, procesos y salidas; y el quinto formado por la variable competitividad.

Denis Borenstein, Jorge Campoverde y Freddy Naula en su artículo “Towards Integrating Retiming in Vehicle Type Scheduling” a partir del uso de la programación lineal entera (ILP) buscan optimizar la generación de horarios y el problema de programación de tipo de vehículo (VTSP), basado en una red de tiempo y espacio (TSN). El modelo se definió como un problema de programación de tipo de vehículo con cambios secuenciales de horario (VTSP-SCT). Los enfoques desarrollados fueron probados usando instancias aleatorias basadas en una ciudad brasileña seleccionada. Concluyen que el VTSP-SCT con y sin ventanas de tiempo, ha resultado en ahorros relevantes en las operaciones diarias del servicio de transporte público, reduciendo el número requerido de vehículos programados para cubrir la demanda histórica de pasajeros.

Finalmente, en el artículo “Evidencia de volatilidad agrupada en el Mercado Accionario Ecuatoriano: Aplicación de un Modelo Igarch para el índice Ecuindex” Daniele Covri Rivera intenta desarrollar una variante del modelo GARCH para el índice del mercado accionario ecuatoriano Ecuindex. Debido a que la suma de los parámetros en la ecuación de la varianza resulta ser exactamente 1, se implementa un modelo IGARCH (1,1). Con este modelo, se desea entonces entender si la volatilidad se presenta agrupada y, en segundo lugar, se desea medir el nivel de riesgo del mercado accionario ecuatoriano.

Santiago E. Pozo Rodríguez
Director de la Revista

ÍNDICE

9

ARTÍCULO N° 1

José-Ramírez Álvarez, Juan Díaz Sánchez

FUENTES DE LA DESIGUALDAD ECONÓMICA EN ECUADOR

SOURCES OF ECONOMIC INEQUALITY IN ECUADOR

29

ARTÍCULO N° 2

Alejandro Brondino, Matías Sacoto Molina

BASES FOR ALTERNATIVE NONPARAMETRIC MINCER FUNCTION

BASES PARA UNA ALTERNATIVA NOPARAMÉTRICA DE LA
FUNCIÓN DE MINCER

44

ARTÍCULO N° 3

Diego Cordero Guzmán, Katina Bermeo Pazmiño

LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN Y SU INCIDENCIA EN LA COMPETITIVIDAD DE LA MICROEMPRESA DEL SECTOR DE MUEBLES DE MADERA DEL CANTÓN CUENCA EN LA PROVINCIA DEL AZUAY

INFORMATION SYSTEMS AND THEIR IMPACT ON THE
COMPETITIVENESS OF MICRO FIRMS IN THE WOOD FURNITURE
SECTOR OF CUENCA IN THE PROVINCE OF AZUAY



70

ARTÍCULO N° 4

Denis Borenstein, Jorge Campoverde Campoverde, Freddy Naula Sigua

**TOWARDS INTEGRATING RETIMING IN VEHICLE
TYPE SCHEDULING PROBLEM**

HACIA LA INTEGRACIÓN DE LA RESINCRONIZACIÓN EN EL
PROBLEMA DE PROGRAMACIÓN POR TIPO DE VEHÍCULO



87

ARTICULO N° 5

Daniele Covri Rivera

**EVIDENCIA DE VOLATILIDAD AGRUPADA EN
EL MERCADO ACCIONARIO ECUATORIANO:
APLICACIÓN DE UN MODELO IGARCH PARA EL
ÍNDICE ECUINDEX**

EVIDENCE OF VOLATILITY CLUSTERING IN THE
ECUADORIAN EQUITY MARKET: APPLICATION OF AN
IGARCH MODEL FOR THE ECUINDEX

FUENTES DE LA DESIGUALDAD ECONÓMICA EN ECUADOR

SOURCES OF ECONOMIC INEQUALITY IN ECUADOR



Recibido: 30/06/2017

Aceptado: 17/10/2017

José-Ramírez Álvarez¹
jose.ramirez@epn.edu.ec

Juan Díaz Sanchez²
juan.diaz@epn.edu.ec

Forma sugerida de citar:

Ramírez, J., y Díaz, J. (2017). Fuentes de la desigualdad económica en Ecuador. Revista Economía y Política, XIII (25), páginas.9-28. doi: 10.25097/rep.n25.2017.01

Resumen

En las últimas décadas, el problema de la desigualdad económica ha tomado relevancia en la mayoría de economías en el mundo. Ecuador no ha sido la excepción. En el año 2014, el 5% de la población más rica del Ecuador concentró 46 veces el ingreso del 5% de la población más pobre. Esta disparidad entra en seria controversia con los principios de desarrollo estipulados en la constitución ecuatoriana. En este contexto, el presente documento analiza las principales fuentes de ingresos que contribuyen a la desigualdad económica del Ecuador. Los datos utilizados provienen de la Encuesta de Condiciones de Vida 2013-2014.

Palabras Claves: ingreso, desigualdad, Ecuador.

Abstract

In the last decades, the economic inequality problem has taken relevance in most economies in the world. Ecuador has been no exception. In 2014, the 5% of the richest population of Ecuador concentrated 46 times the income of 5% of the poorest population. This disparity creates a serious controversy with the development principles stipulated in the ecuadorian constitution. In this context, this paper analyzes the main income sources that contributes the economic inequality in Ecuador. The data come from the Survey of Living Conditions 2013-2014.

Keywords: income, inequality, Ecuador.

Código DOI: <http://dx.doi.org/10.25097/rep.n25.2017.01>

Código JEL: D63, D31

¹ Profesor. Escuela Politécnica Nacional, Facultad de Ciencias, Quito, Ecuador.

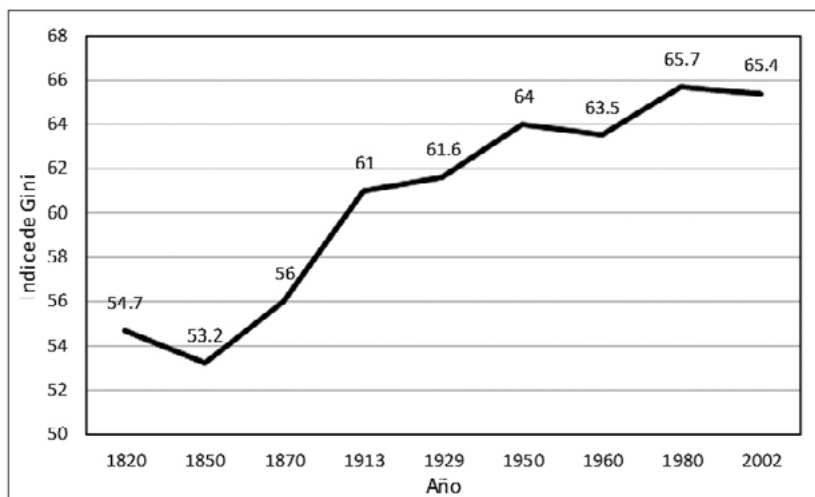
² Profesor. Escuela Politécnica Nacional, Facultad de Ciencias, Quito, Ecuador.

1. Introducción

Uno de las teorías más importantes y controversiales en el marco de desarrollo constituye la paradoja de Kuznets (1955), o lo que se conoce como la hipótesis de la “U invertida”. Esta hipótesis sostiene que la desigualdad crece en las primeras etapas de desarrollo, producto del proceso de industrialización que tiende a concentrar la distribución de recursos económicos. Esta tendencia se atenúa en fases de desarrollo más avanzadas a causa de la inversión gradual de capital humano, al punto de revertirse y tomar niveles de distribución más igualitarios; esto independientemente de la política pública y choques económicos³.

Este planteamiento parece explicar la dinámica distributiva en el mundo. De acuerdo a estadísticas de Milanovic (2011) la desigualdad ha crecido desde inicios del siglo XIX hasta mediados del siglo XX (Figura 1); época principalmente caracterizada por la modernización. No obstante, a partir del año 1980 esta tendencia aparentemente se pierde en lo que se podría decir la cima de la “U invertida”, sin una notable mejora en términos de equidad pese al considerable incremento del PIB per cápita mundial.

Figura 1. Desigualdad económica en el mundo.



Fuente: Milanovic (2011)

3 De acuerdo a Pikety (2014), el trabajo de Kuznetz es uno de los estudios de mayor importancia dado el levantamiento de datos y la construcción de la primera serie histórica de la desigualdad económica en el siglo XIX. No obstante, su hipótesis de la U invertida tiene argumentos teóricos y empíricos frágiles, pues gran parte de la reducción de la desigualdad en esa época según Pikety, se debió a las guerras mundiales, las crisis económicas y las políticas públicas que éstas conllevaban.

Este tipo de desarrollo pasivo se torna severo cuando se observa las desigualdades en la distribución del ingreso mundial. De acuerdo a estadísticas de Dikhanov (2005), el 20% de la población más rica concentra el 75% del ingreso mundial, mientras que el 20% de la población más pobre concentra solo 1.5% de este ingreso.

En Ecuador, la realidad económica no parece estar lejos de lo que acontece en el mundo. Según estadísticas de la Encuesta Condiciones de Vida al año 2014 (Tabla 1), el 5% de la población más rica concentra el 23.5% del ingreso total mientras que el 5% de la población más pobre concentra solo el 0.5%; es decir, existe una polarización entre ambos estratos de 45.98 veces.

Tabla 1. Distribución del Ingreso en Ecuador. Año 2014

Acumulación del ingreso total				Número de veces
20% más pobres	4.6%	20% más ricos	61.9%	13.53
10% más pobres	1.5%	10% más ricos	34.9%	22.86
5% más pobres	0.5%	5% más ricos	23.5%	45.98

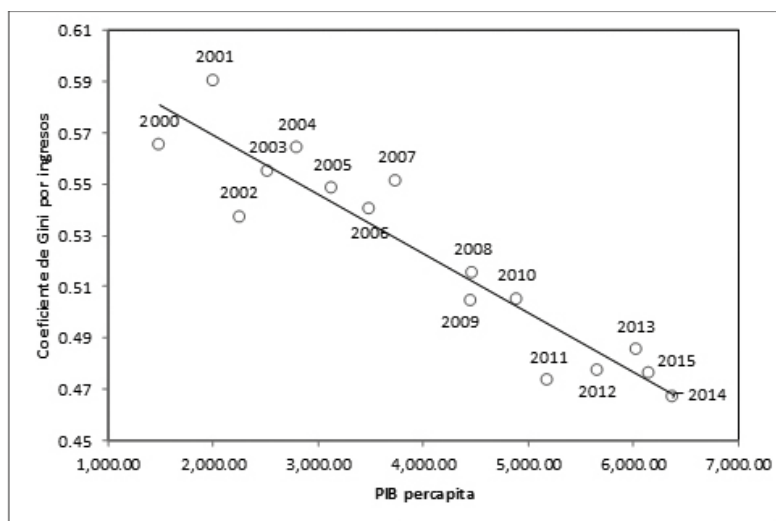
Fuente: Encuesta de Condiciones de Vida. Año 2013-2014

Esta situación es aún más grave cuando se evidencia que el crecimiento económico de los últimos 15 años no ha estado acompañado de mejoras significativas en la distribución del ingreso (Figura 2). En promedio, el PIB per cápita creció 9.9% en el periodo 200-2015, mientras el coeficiente de Gini sobre el ingreso bruto disminuyó en tan solo 1.1% en el mismo periodo.

Este fenómeno podría advertir un posible acercamiento a la cima de la “u invertida” de Kuznets donde no se logren mayores reducciones en la desigualdad económica, y por ende sea estructuralmente difícil mejorar la distribución del ingreso mediante política pública.

El problema de la desigualdad económica es elemental en Ecuador dado el alineamiento político de las distintas legislaciones con los principios de desarrollo. En particular, el artículo 276 de la Nueva Constitución del Ecuador establece, entre varios otros objetivos, que el régimen de desarrollo debe sumarse a la causa de *“Construir un sistema económico, justo, democrático, productivo, solidario y sostenible basado en la distribución igualitaria de los beneficios del desarrollo, de los medios de producción y en la generación de trabajo digno y estable”*. Así también, el primer objetivo del Plan Nacional del Buen Vivir establece propósito *“Garantizar una vida digna con iguales oportunidades para todas las personas”*.

Figura 2. Coeficiente de Gini por ingreso y PIB per-cápita en Ecuador. Periodo 2000-2015⁴



Fuente: Coeficiente de Gini: Sistema de Indicadores Sociales del Ecuador. PIB-percápita: Cuentas Nacionales del Banco Central del Ecuador

En este contexto, el presente documento analiza las principales fuentes de ingresos que determinan la desigualdad económica en Ecuador. Para ello, se emplea la curva de Lorenz y el coeficiente de Gini, así como también el análisis marginal de la desigualdad planteado por Lerman y Yitzaki (1985). La información utilizada para este estudio proviene de los ingresos por salarios, ganancias, retornos de capital y transferencias registradas en la Encuesta de Condiciones de Vida del año 2013-2014.

Este tipo de análisis es importante en la práctica pues ayuda a entender el comportamiento que adquiere la desigualdad económica cuando varían sus fuentes de ingreso, y elaborar con ello alternativas de política pública que permitan disminuir la concentración de la riqueza de manera efectiva y permanente.

Existen varios trabajos en la literatura que han analizado el comportamiento de la desigualdad económica por fuente de ingreso. En América Latina, Wodon et al.

4 Los altos niveles de desigualdad y pobreza a comienzos de siglo fueron consecuencia de la fragilidad del aparato productivo y las instituciones estatales causada por el fenómeno del niño de 1998 y la crisis bancaria de 1999. Luego, la estabilidad nominal provista por la dolarización permitió que la distribución del ingreso mejorara paulatinamente hasta el 2006, alcanzando características similares a la distribución del año 1995 (Ramírez, 2008). Pese a la crisis de los suprima en 2008 y al descenso del precio del barril de petróleo en 2008 y 2015, los niveles de desigualdad continuaron disminuyendo como efecto del fortalecimiento de los programas sociales y los servicios públicos a partir de la nueva constitución y la ejecución de una agenda de desarrollo.

(2000), Wodon y Yitzhaki (2002a), Wodon y Yitzhaki (2002b), Medina y Galvan (2005) son algunos ejemplos que ilustran la descomposición de la desigualdad por fuentes de ingreso utilizando datos de la encuesta de laborales y de condiciones de vida.

En Ecuador, existen estudios importantes al respecto. Ramírez (2008) analiza la desigualdad económica empleando datos de la Encuesta de Condiciones de Vida 2005-2006 y encuentra que fuentes de ingreso como los salarios, las ganancias e ingresos de capital contribuyen fuertemente a la desigualdad económica en Ecuador. Asimismo, encuentra que las remesas, el bono de desarrollo y algunos programas de salud tiene un efecto positivo sobre la distribución de ingresos. En la misma línea, Ponce y Vos (2014) examinan el comportamiento de la desigualdad económica en Ecuador en el periodo 1990 a 2010 utilizando la Encuesta Nacional de Empleo, Desempleo y Subempleo. Estos autores muestran que los ingresos de capital y las remesas tienen una relación directamente proporcional con la desigualdad económica, aunque en el caso de las remesas esta relación tiende a desaparecer en el año 2010 especialmente para los hogares urbanos. Por el contrario, encuentran que los ingresos laborales y las transferencias de dinero contribuyen positivamente a una mejor distribución del ingreso, sin embargo, para los ingresos laborales este efecto disminuye paulatinamente en el tiempo hasta volverse insignificativo.

El documento se encuentra estructurado de la siguiente manera: la segunda sección expone algunos antecedentes de la teoría del desarrollo y la desigualdad. La tercera sección describe la curva de Lorenz, el índice de Gini y la elasticidad de Gini por fuente de ingreso. La quinta sección expone los resultados obtenidos; y finalmente, la sexta sección realiza las conclusiones del trabajo, junto con algunas recomendaciones en política económica para disminuir la desigualdad económica en Ecuador.

2. Marco Teórico

2.1 La Teoría del desarrollo

La teoría de desarrollo constituye uno de los campos de mayor discusión en cuanto al progreso económico y social de las naciones. Esta teoría nace durante la transición del siglo XVIII y siglo XIX, apoyándose en el pensamiento clásico para dar cabida a la modernización y la revolución industrial en el progreso de las naciones. A mediados del siglo XIX, esta confluencia filosófica desembocó en la idea de que el desarrollo constituye *“la capacidad de satisfacer las necesidades humanas mediante la innovación y el incremento de la producción”*.

A inicios del siglo XX, esta corriente productivista incluyó el enfoque cuantitativo de Pigou al suponer la interdependencia del bienestar y la renta nacional, y la posibilidad de medir el desarrollo mediante la contabilidad nacional. Este criterio fue adoptado por la línea keynesiana, al entender el desarrollo plenamente como el incremento de la capacidad productiva o el crecimiento del PIB per cápita. Este lineamiento fue el sustento de varios argumentos que propugnaban una mayor tasa de ahorro e inversión a favor del desarrollo (Satrustegui, 2009).

Desde entonces han surgido varios debates sobre la naturaleza misma de los procesos de desarrollo, con el objeto de dar satisfacción a los diversos principios vinculados con el bienestar humano. Algunos de estos debates, por ejemplo, han girado en torno a lo que se conoce como las teorías de desarrollo alternativo, las cuales amplían la concepción tradicional del desarrollado incluyendo temas como: la desigualdad del ingreso y la pobreza, el género, el irrespeto a la libertad y a los derechos humanos, el progresivo deterioro del ambiente, el desarrollo comunitario, entre otros (Veltmeyer, 2001; Hettne, 1995).

La escuela del desarrollo alternativo sentó las bases para impulsar una redefinición del desarrollo como tal, a partir de un nuevo paradigma de bienestar. Sobresale aquí el enfoque capacidades de Amartya Sen. Este nuevo enfoque es el centro de varias iniciativas para promover el desarrollo mediante el incremento de las oportunidades de las personas.

Una de las instituciones que se basa en este enfoque es el Programa de la Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), la cual define el desarrollo como: *“El proceso mediante el cual se busca la ampliación de las oportunidades de las personas, aumentando sus derechos y capacidades”*.

Figura 3. Desarrollo Humano de acuerdo a la PNUD



Fuente: Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (2002)

Es decir, el proceso de desarrollo consiste no solo en garantizar el acceso por igual a una serie de bienes y servicios básicos (salud, educación, estado de derecho y libertad, participación, seguridad, etc), sino también en potenciar las distintas capacidades de las personas para vivir la vida que ellas deseen.

2.2 ¿Desigualdad económica o social?

Un primer significado de la desigualdad en términos monetarios es dado por Kuznets (1953) en cita de Núñez (2006), al establecer que *“cuando hablamos de ‘desigualdad de la renta’, simplemente nos referimos a las diferencias de renta, sin tener en cuenta su deseabilidad como sistema de recompensas o su indeseabilidad como esquema que contradice cierta idea de igualdad”*. Pese a que esta definición es sencilla y una de las más utilizadas en los análisis de incidencia distributiva por su carácter cuantitativo, deja de lado otras características sociales, pues su interés central es el ingreso.

En la teoría de justicia distributiva, Rawls (1971) plantea que la equidad debe comprender la asignación equilibrada de un conjunto de “bienes primarios”. Estos bienes constituyen *“todo lo que un individuo racional presume querer, incluyendo derechos, libertades y oportunidades, ingreso y riqueza”*. Según Rawls, la distribución de estos bienes debe estar fundamentada en la preponderancia de la libertad y en la igualdad de condiciones sobre todo en estratos marginados.

En un marco más normativo, Atkinson (1975) establece que la desigualdad debe ser definida partiendo del hecho que la igualdad es *“deseable per se”*. En este sentido, Atkinson manifiesta en cita de Coral de Rio (2001) que *“La mera existencia de disparidades de renta y riqueza no constituye una base suficiente para realizar afirmaciones sobre la justicia e injusticia; es necesario determinar que los individuos implicados sean comparables en lo que se refiere a otros aspectos relevantes”*. Este planteamiento señala la importancia de relativizar mediante algún criterio social, la posición de los individuos antes de cualquier análisis de desigualdad en el ingreso, ya que puede producirse un sesgo sustancial en los resultados si se obvia las diversas circunstancias y factores sociales (edad, género, actividad, carga familiar, etc.) que marcan la distribución de la renta.

En suma a estas acepciones, existe la rigurosa definición dada por Sen (1979). En ella, se establece que la desigualdad social debe concebir una realidad más amplia y diversa que la establecida en los enfoques tradicionales, añadiendo una dimensión que capture las “capacidades básicas” (la habilidad de convertir los bienes en lo que realmente importa, ya sea la libertad de hacer o ser lo que

se desee) y la urgencia de las mismas como aspectos moralmente relevantes dentro del análisis. Según Sen, la igualdad de las capacidades básicas puede ser vista como “una extensión natural del enfoque de Rawls, cambiando la atención de lo que son los bienes propiamente, a lo que los bienes producen en los seres humanos, ... [es decir] en una dirección no fetichista”.

Todos estos enfoques poseen un elemento analítico común que le provee una mirada económica al fenómeno de desigualdad: el ingreso o riqueza de los individuos. En rasgos muy generales, la desigualdad en términos económicos se centra en capturar y/o sintetizar las disparidades en una variable focal, en este caso ingreso o riqueza, sobre un conjunto finito de individuos. Las diferencias en esta variable expresan de manera directa o indirecta las diferencias en el bienestar de los individuos como síntoma de una ventaja y/o desventaja personal con respecto a los demás.

Según Sen y Foster (2005), la medición de la desigualdad económica se puede dividir en dos categorías. Por un lado, existe la medición objetiva o positivista que emplea instrumentos de la estadística para cuantificar la variación relativa del ingreso, sin explicitar ningún juicio de valor. Por otro lado, existe la medición normativa, la cual conceptualiza la medición de la desigualdad económica en congruencia con principios de la teoría del bienestar.

3. Metodología

3.1 Curva de Lorenz y Coeficiente de Gini

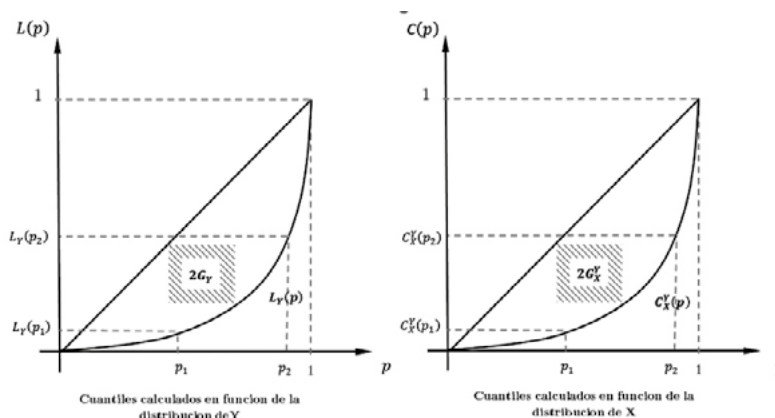
La Curva de Lorenz $L_Y(p)$ constituye uno de los instrumentos gráficos más utilizados para visualizar la distribución de una variable (generalmente el ingreso) y observar su variación entorno al orden de la población. Esta curva traza el valor esperado acumulado y normalizado de una variable focal Y , para cada cuantil de la población.

En el caso que estos cuantiles sean calculados tomando como referencia la distribución de otra variable X , la curva de Lorenz se conoce como curva de concentración $C_X^Y(p)$.

Pese a su complicada formulación matemática, la curva de Lorenz permite dar valiosas interpretaciones sobre la distribución de un variable focal. En particular, para un cuantil cualquiera p_1 , se puede señalar que el $p_1\%$ de la población más pobre acumula el $L_Y(p_1)\%$ de la variable Y ; o lo que es lo mismo, el $(1 - p_1)\%$ de la población más rica acumula el $(1 - L_Y(p_1))\%$ de la variable Y (Figura 4).

En el caso de una curva de concentración $C_X^Y(p)$, esta interpretación también es válida, no obstante se debe recordar que el cuantil p_1 es calculado tomando como referencia la distribución de la variable focal X .

Figura 4. Curva de Lorenz y Curva de Concentración



Fuente: Elaboración Propia

Un indicador bastante asociado con el espacio geométrico trazado por la curva de Lorenz, y cuya base sustenta la elaboración de otros índices de incidencia distributiva, es el Coeficiente de Gini G_Y . Este coeficiente mide las disparidades que posee la distribución de la variable Y frente a una distribución uniforme, mediante dos veces el área que separa la curva de Lorenz $L_Y(p)$ y la recta de equidistribución. En el caso de una curva de concentración $C_X^Y(p)$, este índice se conoce como coeficiente de Cuasi-Gini G_X^Y .

Entre menor (mayor) sea el valor del coeficiente de Gini G_Y , mas (menos) equitativa será la distribución de Y ; en otras palabras, la variable Y se distribuye de manera más (menos) proporcional sobre todos sus cuantiles. La misma interpretación tiene el coeficiente de Cuasi-Gini G_X^Y , con la diferencia que la dispersión de la distribución de Y se mide en términos de los cuantiles de la variable X . Duclos (2002) suministra una explicación detallada de estos y otros índices utilizados para medir la desigualdad.

3.2 Análisis marginal del coeficiente de Gini por fuente de ingreso

Los trabajos realizados por Lerman y Yitzaki (1985) constituyen los primeros sustentos metodológicos del análisis marginal de la desigualdad económica. Según estos autores, la elasticidad de Gini por fuente de ingreso j (es decir,

la variación relativa del coeficiente de Gini, respecto a un cambio marginal porcentual de la fuente de ingreso j) es:

$$\frac{\partial G_Y / \partial e}{G_Y} = \frac{S_j G_j R_j}{G_Y} \cdot S_j$$

donde:

- R_j es el coeficiente de correlación de Gini entre la fuente de ingreso j y el ingreso total Y^5 .
- G_j es el coeficiente de Cuasi-Gini de la fuente de ingreso j .
- S_j es la proporción de la fuente de ingreso j respecto al ingreso total Y .
- e es el cambio que experimenta la fuente de ingreso j , tal que $Y_j(e) = (1 + e)Y_j$.

De acuerdo con Stark (1986), esta elasticidad permite examinar el comportamiento la desigualdad económica a través de tres componentes: la importancia relativa de cada fuente de ingreso en el ingreso total S_j , la concentración de cada fuente G_j , y el grado de correlación de la fuente con el ingreso del hogar R_j .

De esta manera, se puede conocer cuando el cambio de una fuente de ingreso j aumenta o disminuye la desigualdad del ingreso bruto. Por ejemplo, si la fuente ingreso posee una correlación positiva con el ingreso total ($R_j > 0$) y una concentración mayor que la desigualdad observada en el ingreso total ($G_j > G_Y$), entonces la elasticidad de la desigualdad es positiva ($\frac{\partial G_Y / \partial e}{G_Y} > 0$).

Esta metodología ha sido extendida de varias formas. Yitzhaki (1990), Olkin y Yitzhaki (1992) y Garner (1993) son algunos casos que dan lugar a nuevas elasticidades y usos.

3.3 Fuente de Información

El presente estudio utilizó la Encuesta de Condiciones de Vida (ECV) 2013-2014, realizada por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC), para analizar la desigualdad económica en Ecuador. Esta encuesta recoge información de

5 De acuerdo a Stark et. al. (1986), la correlación de Gini cumple con las siguientes propiedades:

- Si $R_j = I(R_j = -1)$, entonces Y_j es una función creciente (decreciente) de Y . Si $R_j = 0$, entonces no existe función (lineal o no lineal) que relacione ambas variables. En este sentido, la correlación de Gini es muy similar a la correlación de Spearman.
- Si Y_j , Y son variables normalmente distribuidas, entonces R_j coincide con la correlación de Pearson.

109,694 individuos divididos en 28,970 hogares, que en términos poblacionales equivalen a 15,952,441 individuos y 4,346,025 hogares, respectivamente.

Los ingresos tomados de esta encuesta se encuentran registrados en la séptima sección “Actividades Económicas” y en la décima sección “Gastos, Otros Ingresos y Equipamiento del Hogar”.

Esta información fue agrupada en 3 componentes con la finalidad de facilitar el análisis.

- Ingresos por actividad: comprende los ingresos de asalariados, y ganancias de cuenta propia y patronos, antes de impuestos.
- Ingresos por capital: comprende los ingresos por retornos de capital financiero (intereses, bonos, acciones) y capital físico (arriendo), antes de impuestos.
- Ingresos por transferencias: comprende las transferencias del gobierno por concepto de Bono de Desarrollo Humano (BDH) y Bono de la Vivienda (BV), las remesas remitidas desde el exterior, becas privadas y públicas, entre otras.

El análisis marginal de estas fuentes de ingresos se realizó en términos per-cápita del hogar, utilizando la escala de equivalencia propuesta por la OCDE⁶. De esta manera, se asegura que el cálculo de los índices de desigualdad y correspondientes elasticidades tome en cuenta la estructura y composición del núcleo familiar.

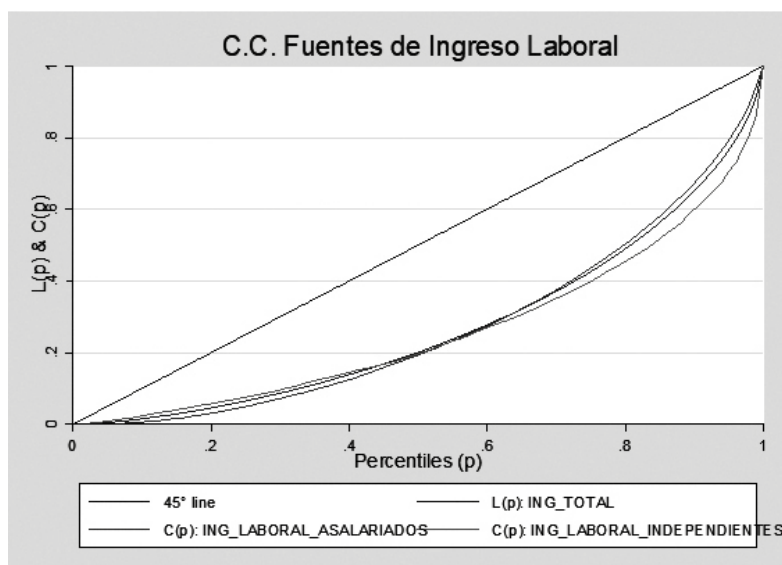
4. Resultados y discusión

4.1 Ingresos por actividad

Las distribuciones de la renta salarial y las ganancias son similares a la distribución del ingreso total, dadas las diferencias poco significativas de las curvas de concentración y la curva de Lorenz (Figura 5).

6 En esta escala, el adulto mayor tiene un peso dentro de la composición del hogar igual a 1, las personas mayores a 15 años tienen un peso de 0.7 y las personas menores a 14 años tienen un peso de 0.5.

Figura 5. Curvas de Lorenz del Ingreso por actividad



Fuente: Encuesta de Condiciones de Vida. Año 2013-2014

El coeficiente de Cuasi-Gini permite constatar esta situación (Tabla 2). Se observa que la dispersión de la renta laboral y el ingreso global son similares, y a la vez ligeramente inferiores a la dispersión presente en la renta patronal. Este resultado justifica en parte también la alta concentración de los ingresos de personas independientes para el 20% de la población más rica, la cual se ubica por encima de la renta que acumulan los asalariados, e incluso por encima del ingreso total.

Tabla 2. Distribución del Ingreso por actividad

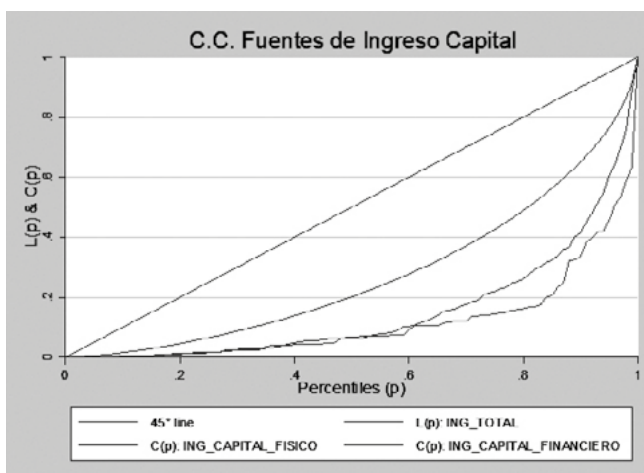
	Ingreso Total	Ing. Laboral Asalariados	Ing. Laboral Independientes
20% más pobres	4.6%	3.1%	5.8%
20% más ricos	51.1%	49.6%	54.5%
Cuasi-Gini	0.457	0.459	0.480

Fuente: Encuesta de Condiciones de Vida. Año 2013-2014

4.2 Ingresos por retornos de capital

La distribución del ingreso por retornos de capital (principalmente de origen financiero) es menos equitativa que la distribución del ingreso global, dado al gran distanciamiento que se produce entre las curvas de concentración y la curva de Lorenz del ingreso (Figura 6).

Figura 6. Curvas de Lorenz del Ingreso por retornos de capital.



Fuente: Encuesta de Condiciones de Vida. Año 2013-2014

Esta situación se refleja también en el coeficiente de Cuasi-Gini, ya que el mismo adquiere valores superiores al 0.6 (Tabla 3) como consecuencia de la alta concentración existente. En el caso del capital financiero, esta concentración es superior al 80% para el 20% de la población más rica, conduciendo a niveles altos de polarización en esta fuente de ingreso.

Tabla 3. Distribución del Ingreso por retornos de capital.

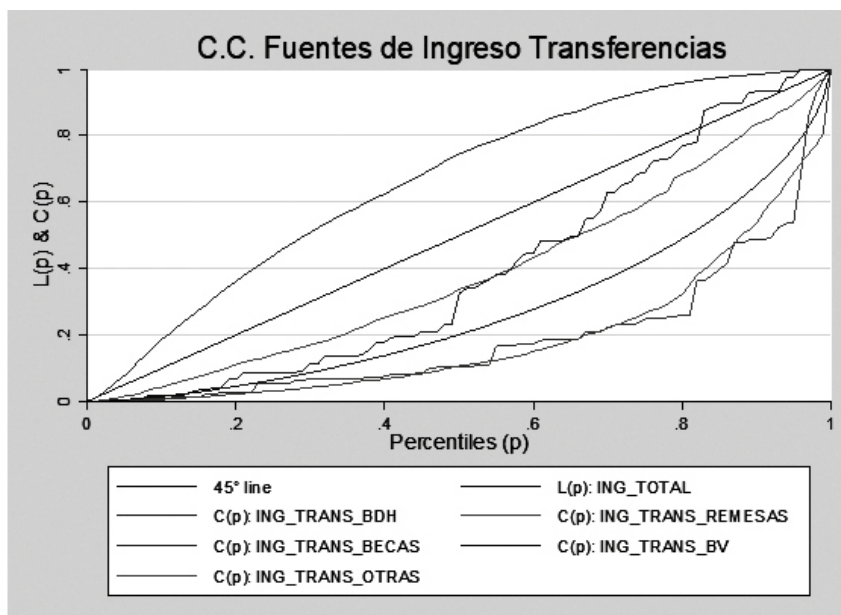
	Ingreso Total	Ing. Capital físico	Ing. Capital financiero
20% más pobres	4.6%	1.1%	1.3%
20% más ricos	51.1%	73.9%	83.8%
Cuasi-Gini	0.457	0.698	0.767

Fuente: Encuesta de Condiciones de Vida. Año 2013-2014

4.3 Ingresos por transferencias

El ingreso por concepto de trasferencias tiene distintos patrones distributivos con respecto al ingreso total. En particular, transferencias como el Bono de Desarrollo Humano, el Bono de la Vivienda y las remesas son progresivas, ya que sus respectivas curvas de concentración se encuentran por encima de la curva de Lorenz. En otras palabras, para deciles de ingreso bajo, estas transferencias se acumulan en un mayor porcentaje al visto en la renta total. Por otro lado, las becas escolares y otras transferencias son regresivas, pues sus curvas de concentración al contrario se ubican por debajo de la curva de Lorenz del ingreso. (Figura 7).

Figura 7. Curvas de Lorenz del Ingreso por transferencias.



Fuente: Encuesta de Condiciones de Vida. Año 2013-2014

Estos rasgos distributivos se pueden corroborar mediante los coeficientes de Gini, tanto para las transferencias progresivas (Cuasi-Gini menores al Gini del Ingreso Bruto) como para las trasferencias regresivas (Cuasi-Gini mayores al Gini del Ingreso Bruto) (Tabla 4).

Tabla 4. Distribución del Ingreso por transferencias.

	Ingreso Total	Ing. trans. BDH	Ing. trans. Remesas	Ing. trans. Becas	Ing. trans. BV
20% más pobres	4.6%	36.2%	11.1%	2.7%	6.7%
20% más ricos	51.1%	4.1%	31.4%	74%	22.9%
Cuasi-Gini	0.457	-0.323	0.227	0.623	0.219

Fuente: Encuesta de Condiciones de Vida. Año 2013-2014

En términos generales, estos aspectos justifican los altos niveles de concentración del Bono de Desarrollo humano, el Bono de la Vivienda y las remesas en más del 6% de la renta global para el 20% de la población más pobre (llegando hasta el 36.2% en el caso del BDH); así como los altos niveles de concentración de las becas, que alcanzan el 74% de la renta total para el 20% de la población más rica.

4.4 Elasticidad de Gini por fuente de ingreso

El análisis de desigualdad realizado para cada uno de los componentes del ingreso bruto, no es suficiente si se desea conocer su impacto distributivo. Para ello, es necesario estimar la elasticidad de Gini, con el objeto de identificar las fuentes de ingreso que contribuyen positiva o negativamente en la desigualdad económica y determinar en qué medida lo hacen (Tabla 5).

Tabla 5. Elasticidad de Gini por fuente de ingreso.

	Participación Ingreso (%)	Correlación Gini	Índice Gini	Elasticidad Gini (%)
Ing_Laboral Asalariados	60.2%	0.788	0.582	0.72
Ing_Laboral Independientes	27.5%	0.613	0.783	0.358
Ing_Capital Físico	1.73%	0.715	0.976	0.04
Ing_Capital Financiero	0.12%	0.769	0.997	0.003
Ing_Trans BDH	1.7%	-0.43	0.751	-0.043
Ing_Trans Remesas	3.2%	0.253	0.899	0.003
Ing_Trans Becas	0.07%	0.624	0.998	0.001
Ing_Trans BV	0.07%	0.219	0.998	0.000
Ing_Trans Otras	5.32%	0.655	0.951	0.105

Fuente: Encuesta de Condiciones de Vida. Año 2013-2014

En primer lugar, se observa que los efectos más fuertes sobre la desigualdad provienen de los ingresos por concepto de trabajo y ganancias. Aquí, un incremento del 1% en las rentas salariales y rentas patronales, conduce a un aumento en el coeficiente de Gini de 0.72% y 0.358%, respectivamente. Esto deja entrever el alto nivel de incidencia de la renta salarial y las ganancias sobre el ingreso total, como producto principalmente de su alta participación.

Con respecto a los retornos provenientes del capital, existe una pequeña contribución en la variación de la desigualdad, pese a la fuerte concentración de estas rentas y su alta correlación con el ingreso bruto (especialmente aquellas procedentes de capital financiero).

En el caso de las transferencias, sean públicas, privadas o provenientes del exterior, se pueden distinguir resultados más interesantes. Si bien, las elasticidades son menores en términos absolutos al 0.05%, el Bono de Desarrollo Humano tiene una contribución negativa sobre la desigualdad del ingreso total. Es decir, un aumento de este subsidio ayudaría a reducir la desigualdad del ingreso, aunque de manera poco significativa. Este resultado es razonable debido al tipo de focalización que tiene este bono sobre el 40% de la población más pobre.

Por otro lado, las remesas, pese a ser progresivas de acuerdo al análisis realizado en secciones anteriores, contribuyen positivamente a la desigualdad total. Este resultado se debe principalmente a la relación proporcional que existe con el ingreso bruto; situación que también se replica para el Bono de la Vivienda.

5. Conclusiones

Durante los últimos quince años, Ecuador ha sostenido un crecimiento económico con avances en la distribución del ingreso, aunque poco significativas, lo cual podría evidenciar que la economía posiblemente se encuentra en la cima de la “u invertida” propuesta por Kuznets, donde puede ser estructuralmente difícil reducir la desigualdad económica. En este sentido, es imprescindible analizar la distribución de las distintas clases de ingresos y buscar alternativas efectivas de mejora.

El análisis realizado en el presente documento identifica las principales fuentes de ingresos que contribuyen a la desigualdad económica en Ecuador según datos la Encuesta de Condiciones de Vida 2013-2014, utilizando curvas de concentración y curvas de Lorenz, en conjunto con la metodología planteada por Lerman y Yitzaki (1985). Asimismo, suministra algunas pautas para la elaboración

de políticas públicas que ayuden a disminuir de forma más pronunciada la desigualdad del ingreso, en línea con los principios de desarrollo instituidos en la constitución y el Plan Nacional del Buen Vivir.

En términos generales, este análisis permite entrever que:

- La desigualdad económica en Ecuador depende fuertemente de la distribución del ingreso de los asalariados. Varias pautas de política que pueden servir para disminuir la desigualdad del ingreso laboral, y con ello reducir efectivamente la desigualdad de la renta total, representan por ejemplo: incrementar el salario mínimo, garantizar los beneficios de ley, cerrar brechas socioeconómicas y de géneros, regular las escalas salariales en entidades públicas y privadas, dar mayor flexibilidad laboral, equiparar la remuneración por la naturaleza del trabajo, entre otros.
- Los ingresos por actividad independiente constituyen otro factor importante en la desigualdad económica. Pese a que su contribución sea inferior a la vista para ingresos laborales, su concentración en los percentiles de menor renta es mayor. Esta evidencia señala la necesidad de una política tributaria con un impuesto mayormente progresivo, deducciones focalizadas en MYPYMES y mejores estrategias de control que disuadan el fraude tributario, a fin incrementar el tipo impositivo sobre los ingresos percibidos por personas patronos y cuenta provistas, y mejorar la distribución del ingreso.
- La concentración de los retornos de capital es alta, sobre todo cuando se trata de capital financiero. No obstante, una política dirigida a regular las operaciones en este mercado, pese a las complicaciones por la alta informalidad, daría resultados poco significativos en la reducción de la desigualdad.
- El Bono de Desarrollo Humano, además de ser progresivo, ayuda a disminuir la desigualdad del ingreso, por lo que sería recomendable dar un diseño más controlado y eficaz, así como analizar las posibilidades para incrementar su cobertura y financiamiento.
- Las remesas recibidas desde el exterior, pese a ser progresivas, contribuyen positivamente a la desigualdad del ingreso. Esto señala la importancia de generar fuentes de trabajo bien remunerado (con todos los beneficios y seguridades salariales) que desincentiven la emigración al exterior. Esto comprende entre varias otras cosas, dar acceso a una educación diversificada y de alto nivel, a fin de equiparar las oportunidades de los trabajadores en cuanto a las actividades que desean desempeñar.

- El Bono de la Vivienda y las Becas Escolares son transferencias que aumentan la desigualdad del ingreso, es decir que benefician mayormente a hogares de alto ingreso. Este hecho obliga la búsqueda e implementación de un diseño focalizado que permita dirigir estas transferencias a los estratos de menores recursos; más aun en el caso de las becas escolares, las cuales muestran un comportamiento regresivo.

Referencias

- Alonso, José, (2008). En defensa de la teoría del desarrollo". Instituto Complutense de Estudios Internacionales. Cuadernos Económicos No. 78.
- Asamblea Nacional Constituyente.(2008). "Constitución de la República del Ecuador".
- Atkinson, Anthony (1970). "On the measurement of inequality". Journal of Economic Theory. pp. 244-263.
- Coral del Rio, Carlos (2001). "Desigualdad, Polarizacion y Pobreza en la Distribución de la Renta en Galicia". Instituto de Estudios Económicos de Galicia. Universidad de Vigo
- Dikhanov, Yuri (2005). "Trends in Global Income Distribution, 1970-2000, and Scenarios for 2015". Human Development Report Office. World Bank.
- Duclos, Jean-Yves (2002). "Poverty and Inequity: Theory and Estimation". Départment d'économie and CRÉFA. Université Laval, Canada.
- Garner, Thesia. (1993). "Consumer Expenditures and Inequality: An Analysis Based on Decomposition of the Gini Coefficient". Review of Economics and Statistics, 75(1):134-38.
- Hettne, Björn (1995), "Dimensions of "Another Development". En B. Hettne, Development Theory and the Three Worlds. Londres: Longman, Segunda edición, pp. 160-206.
- Kuznets, Simon (1953). "Shapes of Upper Income Groups in Income and Savings". University of Pennsylvania. National Bureau of Economic Research.
- Milanovic, Branko (2011). "A short history of global inequality: The past two centuries". Explorations in Economic History 48 (2011) 494–506.
- Núñez, José. (2006). "La desigualdad económica medida a través de las curvas de Lorenz". Revista de Métodos Cuantitativos para la Economía. Vol. 2, pp. 65-108.
- Lerman, Robert y Yitzhaki, Shlomo. (1985), "Income Inequality effects by income source: a new approach and application to the U.S". Review of Economics and Statistics. Vol 67 (1). pp. 151-156.
- Olkin, Ingram y Yitzhaki Shlomo (1992). "Gini Regression Analysis". International Statistical Review 10(2):185-196.
- Ponce, Juan; Vos, Rob (2014). "Redistribution without Structural Change in

Ecuador: Rising and Falling Income Inequality in the 1990s and 2000". Libro :
"Falling Inequality in Latin America: Policy Changes and Lessons"

- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. (2002). "¿A que llamamos desarrollo?" "Capítulo 1. Importancia del Desarrollo Humano: Una Base Conceptual".
- Ramírez, René (2008). "Igualmente Pobres, desigualmente Ricos". Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo.
- Rawls, John (1971). "A Theory of justice". Harvard University Press.
- Stark, Oded; Taylor, J. Edward y Yitzhaki, Shlomo. (1986). "Remittances and Inequality". The Economic Journal. Vol 96, pp. 722-740.
- Satrustegui, Koldo (2009). "Desarrollo, Subdesarrollo, Maldesarrollo y Postdesarrollo. Una Mirada Transdisciplinar sobre el Debate y sus Implicaciones". Carta Latinoamericana. Contribuciones en Desarrollo y Sociedad en América Latina.
- Sen, Amartya (1979). "Equality of What?". The Tanner Lecture on Human Values. Stanford University, pp. 195-220.
- Sen, Amartya, Foster, J. (2005). "On Economic Inequality". Clarendon Press. Segunda Edición.
- Pikety, Thomas (2014). "El capital en el siglo XXI". Cambridge, Massachusetts
- Veltmeyer, Henry (2001), 'The quest for another development'. En H. Veltmeyer y Anthony O'Malley, eds., Transcending Neoliberalism: Community-Based Development in Latin America, Bloomfield (CT): Kumarian Press, pp. 1-34.
- Wodon, Quentin (2000), Poverty and Policy in Latin America and the Caribbean, World Bank Technical. Paper No. 467:138, Washington.
- Wodon, Quentin; y Yitzhaki, Shlomo. (2002a). "Desigualdad y Bienestar Social, Banco Mundial, Washington"
- Wodon, Quentin; y Yitzhaki, Shlomo. (2002b). "Evaluating the Impact of Government Programs on Social Welfare: The Role of Targeting and the Allocation Rules among Programs Beneficiaries". Public Finance Review, Vol. 30, N° 2:102-123.
- Yitzhaki Shlomo (1990). "On the Progressivity of Commodity Taxation". Working Paper N° 187, Department of Economics, Hebrew University, Jerusalem, Israel.

BASES FOR ALTERNATIVE NONPARAMETRIC MINCER FUNCTION

BASES PARA UNA ALTERNATIVA NOPARAMÉTRICA DE LA FUNCIÓN DE MINCER



Alejandro Brondino¹.
ale_brondino@hotmail.com.

Matías Sacoto Molina²
matias.sacoto@ucuenca.edu.ec

Recibido: 04/07/2017

Aceptado: 17/10/2017

Forma sugerida de citar:

Brondino, A., y Sacoto, M. (2017). Bases for alternative nonparametric Mincer function. *Revista Economía y Política*, XIII (25), páginas 29-43. doi: 10.25097/rep.n25.2017.02

Resumen

Este trabajo realiza una regresión no paramétrica con el fin de probar la viabilidad de esta técnica para modelar una versión simplificada de la función de ganancias de Mincer aplicada a los salarios de los jugadores de la NBA. Las principales ventajas del uso de esta técnica es que no se basa en supuestos y la inferencia estadística no es sensible a perturbaciones de distribuciones debido a violaciones de estos supuestos. Los resultados de la estimación no paramétrica se comparan con una regresión OLS clásica. Se encontró evidencia de que la regresión OLS no cumplió con los supuestos que este método requiere, por lo tanto, inferencia estadística en base a esta regresión podría llevar a establecer conclusiones incorrectas (debido a la ineficiencia del estimador), a menos que se apliquen las correcciones al modelo que permitan solucionar los problemas con los supuestos. Por otro lado, los intervalos de confianza obtenidos de la regresión no paramétrica son más precisos y menos sensibles a la variabilidad y magnitud de las variables. En consecuencia, la estimación no paramétrica sería una alternativa para modelar el comportamiento de los salarios evitando supuestos muy estrictos que potencialmente conducirán a conclusiones de inferencia estadística erróneas.

Palabras Claves: econometría no paramétrica, inferencia estadística, estimación no paramétrica, función Mincer, intervalos de confianza.

Abstract

This work undertakes a nonparametric regression in order to assess the viability of this technique in modeling a simplified Mincer Function of earnings applied to the NBA players' wages. The main advantages of using this technique is that it does not rely on assumptions and the statistical inference is not sensitive to distributions disturbances due to violations of the assumptions. The results of the nonparametric estimation are compared to a classical OLS regression. We found evidence that the OLS estimator did not fulfilled the assumptions that this method requires, therefore, the statistical inference form this estimation could lead to wrong conclusions (due to lack of efficiency), unless some correction that solves the violation to the assumptions is applied to the model. On the other hand, the confidence intervals obtained from the nonparametric regression are more accurate and less sensitive to variability and magnitude of the variables. Consequently, the nonparametric estimation would be an alternative to model the behaviour of the wages avoiding strong assumptions that could lead to wrong statistical inference conclusions.

Key words: nonparametric econometrics, statistical inference, nonparametric estimation, Mincer function, confidence intervals.

Código DOI: <http://dx.doi.org/10.25097/rep.n25.2017.02>

Código JEL: C52, C14

1 Independent econometric modeling Consultant. Cordoba, Argentina.

2 Professor at University of Cuenca. Cuenca, Ecuador.

1. Introduction

Several studies have been conducted in order to describe potential factors that might explain the behavior of the wages in an economy. Mainly, the Mincer earnings function³, Jacob Mincer (1974), has been applied to different samples, even to various countries and industries. Moreover, in the sports industry it would be interesting to develop a model that enable us to describe how experience interacts with wages of sportsmen, specifically, the NBA players' wages.

However, frequently the models used to investigate this equation stand on many assumptions, in some cases really strong (e.g. exogeneity, homoscedasticity, etc.) and violations to these assumptions can affect, to some extent, the conclusions derived from these models. Nonetheless, it is important to mention that there is plenty of bibliography related to techniques that allow researchers to overcome many estimations problems that might arise from the violation of these assumptions⁴.

The main reasons why a model estimated using a technique of estimation that relies on assumptions can lead to wrong conclusions (due to not fulfillment of these) can be: a) heteroscedasticity, which underestimates the variance of the coefficients; b) not normal distribution of the error terms, which also affects the variances of the estimates; c) autocorrelation; d) endogeneity; among others. Thus, statistical inference will present skewness. Specifically, the confidence intervals of the fitted values of the dependent variable won't be precise.

Fixing the specification issues that an OLS estimation might present can be burdensome, therefore, as an alternative, a nonparametric estimation, e.g. using a k nearest weighted neighbor, is proposed to get more reliable confidence intervals without the need for further corrections to the original estimation method.

In particular, in the present work we are interested in showing how a nonparametric estimation represents appropriately the shape of the relation of the logarithm of the wages of a sample of players of the NBA and their years of experience. Furthermore, a confidence interval is estimated from the nonparametric estimation in order to pursue reliable statistical inference. Additionally, the obtained results are compared to the classical OLS estimation, in which we also included the years of experience squared in order to have no constant relation in the model. As a result, it can be seen that all assumptions of the OLS estimation are violated, so that the confidence interval presents problems.

3 Due to Jacob Mincer (1974): $\ln \omega_i = \ln \omega_0 + \rho S_i + \beta_1 X_i + \beta_2 X_i^2 + \epsilon_i$ where: ω_i = earnings (wage), S_i = years of schooling, X_i = years of potential labor market experience, ϵ_i = mean zero residual and ρ, β_1, β_2 are coefficients.

4 The reader can refer to Gujarati, D. N. (2009) or Cameron, A., Trivedi, P. (2009) for further information about techniques used to correct problems that the OLS model might present.

2. Data and descriptive statistics.

The econometric modelling of wages is usually based on the assumption that a person's pay is correlated to their personal skill. Nevertheless, since direct measures of the level of skill are hard to find, most models tend to approximate it by the level of education, IQ or (like in the present paper) the level of work experience. Sports are a field of study that allow for specific measures of work performance and empirical studies lead to the result that better performing athletes tend to earn more money (Rose, S., Sanderson, A., 2000). Taking into consideration these reasons, we decided to perform the model comparison for a dataset that contains 267 observations⁵ of the NBA professional players. Specifically, it has information of annual salary and years of experience at the time that the information was gathered. It is important to note that in this particular dataset the years of experience are measured as a discrete variable. Table 1 summarizes the principal statistics of the sample.

Table 1. Descriptive statistics of data.

	min. Value	max. Value	mean	median	mode	standard Deviation
Salary	1.500.000	57.400.000	14.189.000	11.860.000	1.500.000	9.879.219
Experience	1	13	5,0262	4	2	3

Source: The Authors.

The range of the data is really large, for salaries is 55900000 and for years of experience is 12. Furthermore, based on the variance coefficient, the annual salary has a variation with respect to the mean of 69,63% and the wages have a dispersion of 64,42%.

Additionally, from table 2 we could affirm that, since there not many observations of the players with 12 and 13 years of experience, the estimates for this part of the dataset might have a large variance. Moreover, the low number of observations for higher level of experience suggests that the extreme fitted values may be underestimated with the nonparametric algorithm.

Readers might feel that the data is not ideal, however, it is important to remark that the purpose of this work is to compare efficiency of estimates rather than finding specific economical results.

⁵ The data comes from: <http://fmwww.bc.edu/ec-p/data/wooldridge/datasets.list.html>.

Table 2. Frequency distribution of years of experience.

Years of experience	Number of observations
1	36
2	41
3	28
4	32
5	26
6	24
7	15
8	18
9	16
10	10
11	12
12	4
13	5
Total	267

Source: The authors.

3. Methodology.

3.1. OLS estimation.

The first model that is studied is a simplification of the Mincer function:

$$\ln \omega_i = \beta_1 + \beta_2 x_i + \beta_3 x_i^2 + u_i \quad (1)$$

Where $\ln \omega_i$ represents the logarithm of the wage of player i and x_i the years of experience and u_i represents the error term of observation i . The model is estimated with classical OLS.

The reason why we reduced the original equation is because we preferred to keep this work more parsimonious to facilitate the analysis and comprehension

of the estimation method. Nevertheless, upcoming studies will have deeper analysis in which other variables (like years of schooling) are included to the equation in order to test the robustness of the results.

About the model, it has been broadly discussed whether the Mincer function is too simplistic. Even though the quadratic variable enables the model to have a variation that depends on the magnitude of the independent variable, for example, Lemieux (2003), shows that higher order polynomials enhance the capacity of prediction of the model.

Several tests are also applied in order to prove whether the estimated equation fulfill the assumptions on the classical OLS estimation. Specifically, we test the normality of the residuals with the Jarque-Bera test, the autocorrelation of the residuals using a Durbin-Watson test, and we use the White test to analyze heteroscedasticity in the model.

Finally, an asymptotic confidence interval is computed. The aim of this, is to compare this interval to the resultant from the nonparametric regression. A MonteCarlo simulation was undertaken for this purpose⁶.

The simulation consists on repeating the estimation process thousands of replications. For each iteration, a new dataset is generated from the original sample, so that the characteristics of the original data are kept. Afterwards, in each replication the fitted dependent variable is computed. Finally, the 0,025 sorted fitted value is taken as the asymptotic lower limit interval and the 0,975 is considered the upper limit interval. These values are considered due to a significance level of 5%.

3.2. Nonparametric estimation

In the second part of this work we present an estimation of using a nonparametric regression model:

$$y_i = m(x_i) + \varepsilon_i \quad (2)$$

We apply the k-nearest neighbors regression technique, which takes averages in neighborhoods " $N_k(x)$ " of a point x . We selected this technique because, even though it is easy to implement, it exhibits remarkable flexibility while modeling low dimensional data (Altman, N. S., 1992). The neighbors are defined in such a way as to contain a fixed number k of observations (which means that we are not necessarily using the same bandwidth for each of the bins).

⁶ In specific, we applied bootstrapping to dataset in order to compute the empirical confidence intervals. For details in bootstrapping refer to Cameron and Trivedi (2009).

We find the k observations with x_j values closest to x_i , and average their outcomes. Basically, the idea is that if $m(x_i)$ is relatively smooth, it does not change too much as x varies in a small neighborhood. Afterwards, taking an average over values close to x , $\hat{m}(x_i)$ should give an accurate approximation.

$$\hat{m}(x_i) = \sum_{j=1}^k \frac{1}{k} y_j \quad (3)$$

Where the y_j are the realization of the k observations in which $|x_i - x_j|$ is smaller. In the case in which there are several y_j with the same $|x_i - x_j|$ and adding those to the previously selected observations would lead to a number higher than k we apply the following algorithm:

- Divide the observations that satisfy the conditions mentioned above in two vectors, based on the sign of $x_i - x_j$.
- Randomize the order of the elements of each of the vectors, to avoid following a pattern that might generate additional BIAS in the estimations.
- Combine those two vectors into a new one, created by intercalating the first element from each vector as long as it is possible, and then the remaining elements of the vector with the higher number of observations (if necessary).
- Select the remaining number of observations for $\hat{m}(x_i)$ from the first set of elements of this vector.

This algorithm guarantees that we are not over-representing players with more (or less) experience than the bin value of x , unless it is strictly necessary due to the data set used. It is necessary to implement it because of the discrete nature of the variable x , that implies that (in case we do not have a clear aleatory criterion for data selecting in certain situations) we might be systematically selecting more players with more (or less) years of experience than the estimation point, leading to BIAS that could have been avoided.

It is important to notice that the selection of k can dramatically change the outcome of the model in different ways. For example, if $k=n$, we are using all the observations, and $\hat{m}(x_i)$ just becomes the sample average of y_i . Graphically, we will have a perfectly flat estimated function. Furthermore, a large k leads to a relatively low variance, nonetheless, the estimated $m(x)$ is biased for many values of x , thus, the estimation is inconsistent. Whereas when $k=1$ we are using one observation to estimate the value of each bin. This dramatically reduces the bias but, as we are using few observations, the variance is high.

The literature formally does not establish a way to select an optimal value of k , however, one possible appropriate way would be by trying different values of k and picking the one that minimizes the Cross Validation estimate of the MSE (Henderson, D., Parmeter, C., 2015).

In our case we choose k using as a reference the choice presented in the section 9.4.2 of Cameron, A. C., & Trivedi, P. K. (2005) which is a value such that: $k = \frac{1}{4} N$.

Since the intuition behind the k nearest neighbor methodology is that objects close in distance are potentially similar, we decided to apply the distance weighting refinement. We choose the Euclidian distance metric defined as:

$$D(x_1, x_2) = \sqrt{(x_1 - x_2)^2} = |x_1 - x_2| \quad (4)$$

In order to use this distance as weight for each of the y_j , we decided to use the exponential weighting defined as:

$$W_j = \frac{e^{-D(x_i, x_j)}}{\sum_{j=1}^k e^{-D(x_i, x_j)}} \quad (5)$$

After applying the distance weighting refinement, the estimate for $m(x_i)$ is replaced for the following equation:

$$\hat{m}(x_i) = \sum_{j=1}^k W_j y_j \quad (6)$$

Additionally, it is important to note that, since the x (years of experience of the player) are discrete variables, it is essential to take this into consideration while choosing the number and location of each bin in order to avoid creating skewed neighborhoods.

4. Results and Discussion

First, model (1) was estimated with OLS. The result of this estimation is presented in table 3.

Table 3. Estimation output of model (1).

	Coefficient	Standard Deviation	t-statistic
Constant	6,02995	0,12897	46,75608
x	0,27805	0,04531	6,13635
x^2	-0,01328	0,00331	-4,01166
R squared	0,21265		
Jarque-Bera	17,20940		
D-W	2,16671		
LM	21,04284		

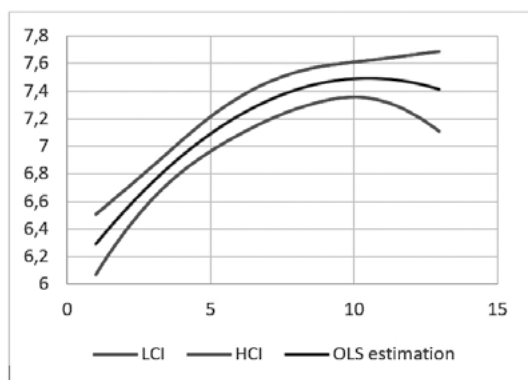
Source: The Authors.

We can see that all the coefficients are significant. Furthermore, the signs of the estimates for years of experience and for squared years of experience are as expected, given that the curve of this equation is concave.

However, this model presents: not normal residuals, positive residual autocorrelation and heteroscedasticity, as the tests shows. Consequently, based on classic econometric theory, we can affirm that the variance of the estimates won't be efficient. Therefore, statistical inference, and more precisely, the confidence interval is not reliable.

Indeed, from figure 1, it is easy to realize that at the extreme, the intervals start to explode away from the fitted values.

Figure 1. OLS estimation and 95% confidence interval.



Source: The Authors.

Secondly, we estimated the k nearest neighbor regression, using distance weighting. As this model is sensitive to the value of k , we ran it for different values of this parameter in order to graphically assess the tradeoff between BIAS and variance that was described in the methodology section. The comparison of these results can be seen in section 7.1.

The k nearest neighbor regression for different values of k . After applying this procedure we selected $k=65$. It is important to remark that the ratio of the selected k ($\frac{k}{N} = 0.24$) is between the ratios of the k s recommended by Cameron and Trivedi (0.05 and 0.25).

As it was mentioned in the Methodology section, before estimating the model, it is necessary to take into consideration that the variable “Years of experience” follows a discrete distribution. A discrete distribution of x implies that an arbitrary placement of the bins will lead to additional problems in the model outcome. This is due to the fact that (since many of the observations consist in the same value of x) a bin placed in a certain position (e.g. $x_i=4.49$) will have the same k nearest neighbors as a bin placed relatively far away (in this example the furthest bin with the same neighborhood will be close to $x_i=4.01$).

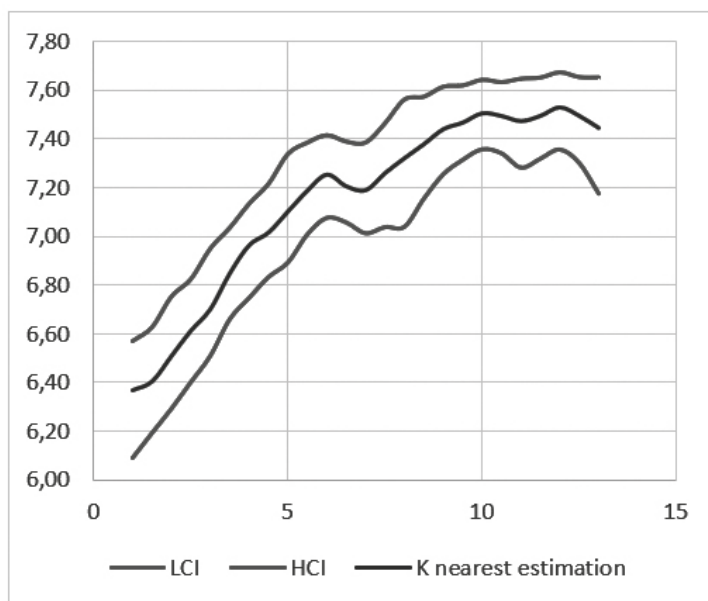
This is one of the reasons why we decided to use the distance weighting⁷ refinement that partially solves the problems that may arise from this situation. The problems are mitigated because, in spite of the fact that both bins have the exact same k nearest neighbors, the weights for each observation will vary based on the value of x_i and therefore $\widehat{m}(x_i)$ will change as well.

Nevertheless, we decided to place the bins either for $x_i = a$ or $x_i = a + 0.5$ where a is an integer, in order to guarantee that each bin is associated to a different neighborhood.

Now we present the results from the k -neighbor regression for $k=65$ with the corresponding confidence intervals computed through bootstrapping:

7 The distance weighting diminishes boundary issues in line with the conclusions from Hechenbichler, K., Schliep, K. (2004).

Figure 2. K nearest estimation and 95% confidence interval



Source: The Authors.

As it can be seen in figure as the relationship captured by the non-parametric technique applied leads a result that resembles a logarithmic relationship between the variables considered. It resembles the logarithmic function in the sense that it grows at a higher rate in the first years of experience and after some years it starts to grow at a decreasing rate. Nevertheless, there are two main differences when we compare it to a logarithmic function.

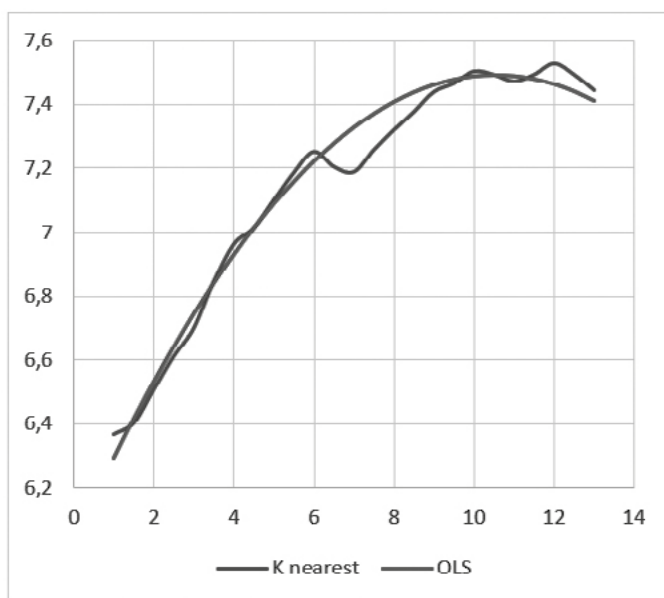
The first one is that at the beginning of the function the growth rate is relatively small. This is one of the characteristics of the k nearest neighbors algorithm because (since a lot of the nearest neighbors for $x_i=1$ are related to $x_i>1$ and non are related to $x_j<1$) the first bin usually leads to overestimation of $\widehat{m}(x_i)$.

The second difference is found for $x_i=7$, that yields an estimate $\widehat{m}(x_i)$ that is smaller than it should be for a logarithmic function. After analyzing the data set, we realized that there are not many observations for $x=7$, which might lead to a significant difference between the sample distribution and the population distribution of the variable. Additionally, as it can be seen in the confidence intervals for $x=7$, the lack of observations in this point also increases the amplitude of the interval.

The first difference is inevitable and inherent to the estimation technique used, but the second one could be solved by utilizing a bigger data-set. Additionally, it is important to note that (similarly to the case of the first bin) the last bin tends to be underestimated since it is a function of observations associated to lower levels of experience.

4.1. Comparison between the models

Figure 3. OLS and K-nearest estimations.



Source: The Authors.

Both the estimates that comes from the OLS and the K nearest neighbors are remarkably similar. We detect three main differences:

- The K nearest estimation is higher in the first bins. This is probably due to the fact that this algorithm tends to overestimate the first bins.
- Close to $x=7$ we see that the K nearest estimation suddenly lowers its value but later it returns to values similar to those of the OLS. As it was stated in the previous section, this is probably a feature of the data that could be solved if the data set could be expanded. There is no theoretical reason for this and since both functions behave similarly for the following values of x , this is probably just an issue with the dataset.

- c) For the last bins, the OLS estimation is lower than the K nearest one. Since the K nearest neighbors algorithm tends to underestimate monotonically increasing functions in the last bins, could be an indication that the OLS is underestimating the function even more.

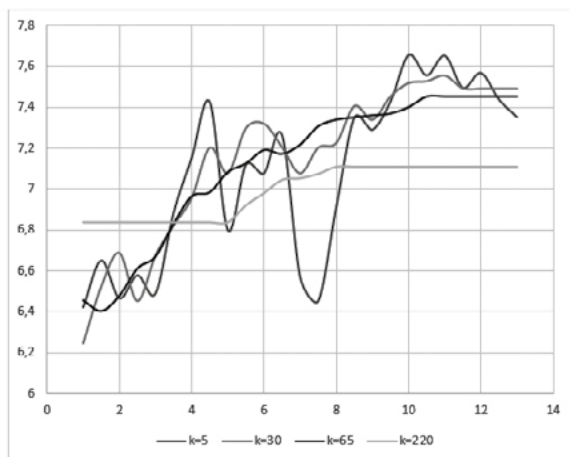
5. Conclusions

Both estimation techniques yield similar outcomes for the dataset analysed. Nevertheless, the lack of assumptions behind the K nearest neighbors algorithm makes it easier to implement, especially in a context in which the OLS violates several assumptions. Not addressing the assumption violation in the OLS can lead to underestimating the variance of the coefficients, rendering the model unable to perform trustworthy inference. Addressing these problems might be time intensive and troublesome. This paper exhibits the K nearest algorithm with the distance weighting refinement as an alternative, due to results presented in previous sections, that might provide fewer estimation issues and lead to similar results. Additionally, there is evidence that this model might perform better than the OLS for players with more than 11 years of experience. It would be interesting to conduct a study that could provide further evidence in this matter, especially if the dataset analysed contains players with more than 13 years of experience.

6. Annex

6.1. The k nearest neighbor regression for different values of k

Figure A1. K nearest neighbor for different values of K (No distance weighting)

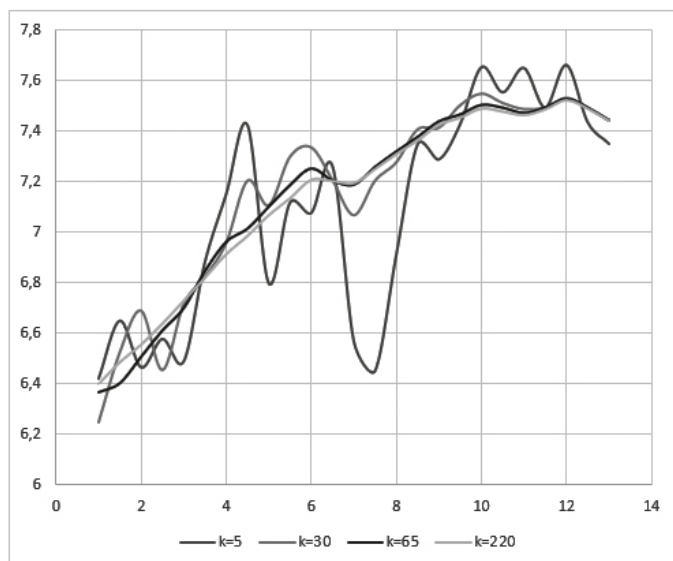


Source: The authors.

As it can be seen in figure A1 different values of k lead to completely different estimates of the parameter of interest. It is important to note that a higher k leads to oversmoothing and larger boundaries issues. This can be seen in the yellow line, corresponding to $k=220$, in which the first eight bins have the same estimation and the same occurs for the last twelve bins. For a monotonically increasing function this leads to over-estimation in the first group of bins and under-estimation for the last group of. In the case of $k=5$ we have a clear example of undersmoothing, which leads to a smaller bias but is associated to higher volatility. Both $k=30$ and $k=65$ are intermediate cases in which we see a more subtle example of the trade-off between BIAS and variance.

Applying the distance weighting refinement leads to the following results:

Figure A2. K nearest neighbors for different values of K (distance weighting)



Source: The authors.

As it can be seen in figure A2 there is no clear case of oversmoothing, even for $k=220$. The distance weighting prevents this from happening because even if two bins are estimated using the same neighbors, the weights associated to each observation will differ based on the location of the bin. Therefore, high values of k present less boundaries issues if we apply the distance weighting refinement, in line with the conclusions from Hechenbichler, K., & Schliep, K. (2004).

We decided to choose k using as a reference the choice presented in the section 9.4.2 of Cameron, A. C., & Trivedi, P. K. (2005) which is a value such that: $k = \frac{1}{4} N$. We selected $k=65$ after we found no evidence of undersmoothing or oversmoothing based on the graphic analysis.

7. Bibliography

- Altman, N. S. (1992). An introduction to kernel and nearest-neighbor nonparametric regression. *The American Statistician*, 46(3), 175-185.
- Boston College (2014 october 19th). Wooldridge data sets. Retrieved from: <http://fmwww.bc.edu/ec-p/data/wooldridge/datasets.list.html>.
- Cameron, A., Trivedi, P. (2009). *Microeconometrics, Methods and Applications*. New York: Cambridge University Press.
- Gujarati, D. N. (2009). *Basic econometrics*. Tata McGraw-Hill Education.
- Hechenbichler, K., & Schliep, K. (2004). Weighted k-nearest-neighbor techniques and ordinal classification.
- Henderson, D., Parmeter, C. (2015). *Applied Nonparametric Econometrics*. New York: Columbia University Press.
- Lemieux, T. (2003). 11. The “Mincer Equation” Thirty Years after Schooling, Experience, and Earnings. In S. Grossbard. (Ed.), *Jacob Mincer a Pioneer of Modern Labor Economics* (pp 127-147). New York: Springer.
- Mincer, Jacob (1974), *Schooling, Experience and Earnings*, New York: Columbia University Press.
- Rose, S., Sanderson, A. (2000). *Labor Markets in Professional Sports*. NBER Working Paper No. 7573.

LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN Y SU INCIDENCIA EN LA COMPETITIVIDAD DE LA MICROEMPRESA DEL SECTOR DE MUEBLES DE MADERA DEL CANTÓN CUENCA EN LA PROVINCIA DEL AZUAY

INFORMATION SYSTEMS AND THEIR IMPACT ON THE COMPETITIVENESS OF MICRO FIRMS IN THE WOOD FURNITURE SECTOR OF CUENCA IN THE PROVINCE OF AZUAY

Recibido: 05/07/2017

Aceptado: 20/10/2017

Diego Cordero Guzmán¹

dcordero@ucacue.edu.ec

Katina Bermeo Pazmiño²

kbermeo@ucacue.edu.ec



Forma sugerida de citar:

Cordero, D., y Bermeo, K. (2017). Los sistemas de información y su incidencia en la competitividad de la microempresa del sector de los muebles de madera del cantón Cuenca en la Provincia del Azuay. *Revista Economía y Política*, XIII (25), páginas 44-69. doi: 10.25097/rep.n25.2017.03

Resumen

En la investigación se ejecuta el análisis de la influencia de los sistemas de información sobre la competitividad de la microempresa del sector de fabricación de muebles de madera del cantón Cuenca en la provincia del Azuay en la República del Ecuador. Para esto, se elabora un modelo de análisis de competitividad, el mismo que está formado por cinco constructos o variables; cuatro de ellos operativizados desde el contexto de los sistemas de información, que implican: planeación, entradas, procesos y salidas; y el quinto formado por la variable competitividad. El trabajo inicia con el análisis de la literatura, la descripción de los materiales y métodos utilizados, la determinación de cuatro hipótesis, punto de partida para elaborar el modelo propuesto cuya validación y comprobación se la ejecuta con ecuaciones estructurales. Al final se levantan las conclusiones del estudio, en donde se determinan que existen dificultades en la estructura de los sistemas de información, en este tipo de microempresas pues se da mayor énfasis a la salida de información, antes que a la entrada y el proceso de la misma.

Palabras Claves: sistemas de información, competitividad, microempresa

Abstract

The investigation is carried out the analysis of the influence of the information systems on the competitiveness of the microenterprise of the wood furniture manufacturing sector of the Cuenca canton in the province of Azuay in the Republic of Ecuador. For this, a model of competitiveness analysis is elaborated, the same one that is formed by five constructs or variables; four of them operated from the context of the information systems, which involve: planning, inputs, processes and outputs; and the fifth formed by the variable competitiveness. The work begins with the analysis of the literature, the description of the materials and methods used, the determination of four hypotheses, starting point to elaborate the proposed model whose validation and verification is executed with structural equations. In the end the conclusions of the study are drawn up, where it is determined that there are difficulties in the structure of the information systems, in this type of microenterprises as more emphasis is given to the information output, rather than to the entry and the process of the same..

Keywords: information systems, competitiveness, micro firms

Código JEL: M1, M11, M21

Código DOI: <http://dx.doi.org/10.25097/rep.n25.2017.03>

1 Unidad Académica de Tecnologías de la Información y la Comunicación, Universidad Católica de Cuenca,

2 Unidad Académica de Administración, Universidad Católica de Cuenca,

1. Introducción

La competitividad es considerada como un elemento de diferenciación entre los países a través de sus empresas. La evolución del concepto de competitividad lo inician los economistas clásicos por el año de 1776 hasta actuales corrientes con Michael Porter en donde se apuesta por un análisis sistemático. La competitividad es un concepto que no tiene límites precisos y se define en relación con otros conceptos, dependiendo del punto de análisis ya sea la nación, el sector o la empresa, y también del tipo de producto o servicio; en donde se debe destacar la capacidad de un país para sostener su participación en los mercados internacionales y al mismo tiempo lograr contribuir a elevar el nivel de vida de la población (Piñeiro, 1993).

Las teorías administrativas evolucionan desde Taylor y Fayol, y actualmente ubican a la Competitividad dentro de los nuevos enfoques de la administración, el factor común de una economía cada vez más globalizada con mayor grado de concentración empresarial pone a prueba a empresas y su permanencia dentro de los mercados.

En el Ecuador no existen parámetros establecidos para determinar la competitividad a través de sus empresas, un dinamismo comercial en donde cerca del 95% está cubierto por la micro, pequeña y mediana empresa hace necesario considerar temas de investigación para este sector. El problema que se propone resolver es la inexistencia de un Modelo para análisis de competitividad en la microempresa del sector de muebles de madera, en base a los sistemas de información, puesto que el tratamiento de la información es valioso para la operación de la microempresa y necesita que su estructura sea concisa. Dicho modelo está formado por cinco constructos o variables; cuatro de ellos desde el contexto de los sistemas de información y el quinto formado por la variable competitividad. Se justifica la investigación por la marcada importancia que representan los sistemas de información al interior de la microempresa, pues a través de ellos es posible evidenciar la consistencia de la información obtenida como resultado del proceso de entradas de información.

Esta investigación toma como referente principal el Mapa de Competitividad del BID, constituido por ocho áreas claves de la empresa, las mismas que son evaluadas para determinar su competitividad. Cada área está conformada por sub áreas y la calificación de cada una de ellas se hace a partir de una serie de preguntas relacionadas y de acuerdo al caso de estudio con el área respectiva se determina el nivel de competitividad de la empresa, de las ocho áreas mencionadas se considera *Sistemas de Información* frente a la *Competitividad*.

Es a partir de estos dos componentes que se genera el modelo empírico para análisis de competitividad para la microempresa del sector de fabricación de muebles de madera.

Con las cinco variables identificadas se plantean cuatro hipótesis, a ser demostradas en la investigación, así: H_1 : “La planeación de los sistemas de información influye de manera positiva sobre la competitividad de la microempresa de fabricación de muebles de madera”; H_2 : “Las entradas de los sistemas de información influyen de manera positiva sobre la competitividad de la microempresa de fabricación de muebles de madera”; H_3 : “Los procesos de los sistemas de información influyen de manera positiva sobre la competitividad de la microempresa de fabricación de muebles de madera”; H_4 : “Las salidas de los sistemas de información influyen de manera positiva sobre la competitividad de la microempresa de fabricación de muebles de madera”. Las hipótesis buscan dar respuesta a las preguntas de investigación: ¿Cómo influye la planeación, entradas, procesos y salidas de los sistemas de información sobre la competitividad de la microempresa de fabricación de muebles de madera?.

Las cuatro hipótesis son las bases para el modelo propuesto, que se esquematiza con ecuaciones estructurales de manera concreta con la técnica PLS (Partial Least Square), o mínimos cuadrados parciales, por ser de mayor utilidad en investigaciones de carácter administrativo.

El modelo se prueba con los datos levantados en 199 microempresas de fabricación de muebles de madera del cantón Cuenca de la provincia del Azuay, con la aplicación del instrumento tipo encuesta, tomado desde el Mapa de Competitividad desarrollado por el BID con preguntas o indicadores sobre Sistemas de Información. Para la gran mayoría de los microempresarios del cantón Cuenca-Ecuador, el Mapa de Competitividad del BID es desconocido y llama la atención la división por áreas y las preguntas que se deben considerar en cada una de ellas, afirman que es una manera práctica para darse cuenta de sus fortalezas y debilidades (Bermeo, 2016).

A partir de dicha prueba se exponen los resultados, en donde se valida que las *salidas* de los sistemas de información internos influyen de manera positiva sobre la competitividad, no así los aspectos relacionados con la *planificación*, *entrada* y *proceso* de los mismos. Las tres últimas hipótesis se contrastan con la idiosincrasia de la microempresa del medio y con los resultados obtenidos en investigaciones similares en donde se evidencia la falta de planificación, la exhaustividad en las entradas y la depuración del proceso en lo que tiene que ver con sistemas de información.

Se evidencia que los sistemas de información de la microempresa no están diseñados para satisfacer los requerimientos funcionales de información de la gerencia general y de todos los demás departamentos en forma oportuna y confiable. A la vez que no existe la actualización de nuevos desarrollos en programas de software, equipos de cómputo ni personal capacitado para su manejo, lo que implicaría que el diseño técnico y funcional del sistema responde vagamente a las necesidades de información de la microempresa.

El análisis de los datos del modelo se ejecuta a través de estadísticas de ecuaciones estructurales con la herramienta para modelamiento SMART PLS 3.1.9. Al final se levantan las conclusiones y recomendaciones para futuras investigaciones.

2. Revisión de la Literatura

La competitividad tiene su fundamento en la teoría económica tradicional y moderna sobre el comercio internacional como base para la competitividad. Las naciones se implican en el comercio internacional por dos razones fundamentales (Krugman, 1991), la primera es que los países que comercializan en el mercado internacional no son necesariamente similares, sino diferentes unos a otros; el comercio permite a estos países beneficiarse de sus diferencias. La segunda razón hace referencia a que los países comercializan para alcanzar economías de escala en la producción, de forma que la ampliación de los mercados y de los clientes que adquieren sus productos permite a cada país producir sólo una variedad muy limitada de bienes a una escala mayor y de manera más eficiente que si intentasen producir una gran variedad de bienes.

El marco teórico del comercio considerado como motor del crecimiento de los países tiene su origen en los economistas clásicos Adam Smith y David Ricardo. Para Smith, la ventaja comparativa absoluta entre naciones productoras reside en los productores de aquel país que tuvieran el menor costo. Para Ricardo, las fuerzas del mercado asignan los recursos de una nación a aquellos sectores en donde es relativamente más productiva (Smith, 1776) y (Ricardo, 1817).

El concepto de competitividad se remonta a la época mercantilista y a las teorías del comercio de los siglos XVIII y XIX. Pero, a pesar de ser un concepto que ya se discutía varios siglos atrás, no ha existido en la literatura un acuerdo de lo que realmente implica el concepto de competitividad (Lodge, Steenberg, & Brau, 1995).

Ser competitivo en la industria actual, significa mejorar la capacidad industrial (tanto en mercados domésticos como externos), y progresar tecnológicamente en sectores y/o actividades manufactureras de mayor valor añadido (Lall, Albaladejo, & Mesquita Moreira, 2005).

La competitividad está marcada por la eficacia en la investigación y el desarrollo (I+D) dentro de la empresa apoyada en las políticas públicas, pues debe tener un visión sobre las oportunidades futuras para formar ventajas competitivas propias que no sean imitadas, dando lugar al desarrollo de nuevos y mejores productos, servicios, procesos y métodos (Erdogan, 2009).

La teoría de Michael Porter sobre competitividad ha sido aplicada por algunos países y es el caso de América Central, los cambios en sus políticas promovieron la competencia internacional, la formación de clúster y abrió a la región para la inversión internacional y el turismo (Ketelhohn, Artavia, Arce, & Umaña, 2015).

Solvell trata de analizar las perspectivas actuales de la competitividad partiendo del estudio inicial presentado por Michael Porter en su libro *The Competitive Advantage of Nations* de 1990 en donde sus conceptos se caracterizaban por comenzar con la letra C (por sus siglas en inglés) Competencia, Estrategia Competitiva, Ventaja Competitiva, Competitividad, Clúster y Creación de Valor Compartido (Solvell, 2015).

Los nuevos enfoques de la administración ubican a la competitividad relacionada con la Teoría Sistémica de la Administración (Teoría de los Sistemas) como parte de la Teoría de Contingencia y que considera a las empresas como sistemas abiertos, que están en continua interacción con el entorno y que permite identificar de manera específica las variables internas y externas que tienen impacto sobre las acciones administrativas y el desempeño organizacional (García Gonzalez, 2010, págs. 1-17).

Sobre la MIPYME, América Latina presenta un 99% de sus empresas como pequeñas y medianas, a más de generadoras de empleo en la región en un promedio del 64%. Los recursos de las empresas son fuente para la construcción de ventajas competitivas, tomando en cuenta las estrategias globales de las empresas, los recursos humanos, tamaño, edad de la empresa y alianzas con el sector (Peña-Vinces, Acedo, & Roldán, 2014).

En América Latina la MIPYME ha ido sufriendo una metamorfosis dentro de la era de la globalización, las empresas han tenido que adoptar estrategias para avanzar a la par de las tendencias globales (Nagayya & Tirumala, 2007).

Las pequeñas y medianas empresas se encuentran con la necesidad de dar respuestas estratégicas a los cambios y al nuevo ambiente de negocios globales. Estas respuestas deben tomar en cuenta tres aspectos: nuevas tendencias en los negocios, innovación, nuevas tecnologías de información y una gestión estratégica de la MIPYME (Lesakova, 2008).

La Tabla No. 1 presenta información de Ecuador de acuerdo con el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos y en su directorio de empresas al año 2012 sobre el número de MIPYMES activas.

Tabla 1. Total MIPYMES activas en el Ecuador al Año 2012.

TIPO DE EMPRESAS	NÚMERO EMPRESAS ACTIVA ECUADOR	PORCENTAJE PARTICIPACIÓN EN EL MERCADO
Micro empresa	631.430	89.62 %
Pequeña empresa	57.772	8.20 %
Mediana empresa	11.797	1.67 %
Grande empresa	3.557	0.50 %
TOTAL	704.556	100.00 %

Fuente: Instituto Nacional de Estadísticas y Censos

Elaboración: Propia

Las micro, pequeñas y medianas empresas dentro del contexto de la política pública en el Ecuador, se insertan en el gobierno del Econ. Rafael Correa Delgado (2007-2017), quien marcó como su principal eje de acción la transformación de la matriz productiva denominándola como la revolución productiva a través del conocimiento y el talento humano según lo declara el SENPLADES¹ como entidad a cargo. Se pretende superar el modelo de generación de riquezas por un modelo democrático, incluyente y sobre todo fundamentado en el conocimiento y las capacidades de todos los ciudadanos. (SENPLADES, 2012).

La Agenda para la Transformación Productiva del Ecuador -ATP-2- busca principalmente incrementar la eficiencia y efectividad en la formulación,

1 Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo.

2 El Ministerio Coordinador de Producción, Empleo y Competitividad presenta la Agenda para la Transformación Productiva 2010-2013 -ATP- para un Ecuador positivo, inclusivo y en potencia. Se vuelve primordial transformar la matriz productiva para alcanzar el Ecuador del buen vivir.

articulación y ejecución de políticas y herramientas del sector de la producción, empleo y competitividad. Dentro de la agenda se detalla un capítulo con relación a la Estrategia de Diversificación Productiva en donde se toma en cuenta la participación de las micro, pequeñas y medianas empresas como política pública en el Ecuador.

Según datos mostrados por la ATP afirma que la innovación todavía no forma parte de la cultura empresarial y la inversión media por empresa todavía es muy baja. Los datos de la agenda presentan información relevante en lo referente a:

- El 44% de las microempresas contratan empleados de un rango de edad entre 18 y 29 años, para el caso de la pequeña empresa el porcentaje alcanza el 36%.
- La concentración de actividades en sectores productivos también llama la atención para el caso de las microempresas (65%) y de las pequeñas empresas (54%), y se dedican primordialmente a la fabricación de muebles, prendas de vestir, alimentos y actividades gráficas.
- Acceso a fuentes de financiamiento es también otra dificultad para la MIPYME, alrededor del 40% no han logrado acceder a algún producto del sistema financiero formal.
- La internacionalización de la MIPYME no ha sido atendida preferentemente, el 93% de estas clases de empresas tiene sus ventas en el mercado local y tan solo el 7% realizaron exportaciones directamente o a través de terceros.
- Los recursos para la innovación han sido también canalizado a las MIPYMES con algunas limitaciones, aproximadamente el 40% de las empresas tienen dificultades para conseguir financiamiento dirigido a mejorar o crear líneas de productos/servicios, acceso a servicios de investigación y desarrollo de niveles de calificación del recurso humano con la que cuenta la empresa.
- En un porcentaje mayor al 60%, las micro, pequeñas y medianas empresas no han realizado ninguna intención de asociatividad limitando su posibilidad de potenciar esfuerzos conjuntos para ampliar mercados, mejorar tecnologías, entre otras actividades que resultan de modelos asociativos.

El gobierno citado anteriormente declara que las MIPYMES deben tener un rol protagónico en el proceso de transformación productiva del Ecuador, basado en una producción inclusiva de bienes y servicios con alto valor agregado ripcas en innovación y conocimiento con ventajas comparativas dinámicas que propendan a la creación de empleo, cuidando el medio ambiente y el uso racional y eficiente de los recursos naturales.

Los investigadores señalan a la asociatividad (clúster) como una forma de impulso productivo para las MIPYMES promoviendo un sistema económico social y solidario; junto con la relación entre dicha asociatividad empresarial ecuatoriana y la productividad de las pequeñas y medianas empresas (MIPRO & FLACSO, 2010-2012).

Según el Banco Central del Ecuador al año 2010, la industria manufacturera, después del comercio, es el sector que más aporta a la economía del Ecuador; su contribución al Producto Interno Bruto es alrededor del 14%.

Según el último Censo Económico realizado en Ecuador en 2010 por el Instituto Ecuatoriano de Estadísticas y Censos –INEC-, existen 2.059.504.00 personas trabajando dentro de las actividades definidas por la Clasificación Industrial Internacional Uniforme –CIIU-3.

La investigación planteada se aplicó a la actividad fabricación de muebles de madera dentro de la industria manufacturera en la provincia del Azuay, cantón Cuenca. En la Tabla No. 2 se muestra el caso del sector manufacturero por tamaño de empresa,

Tabla 2. Industria Manufacturera por MIPYME

TAMAÑO EMPRESA	INDUSTRIA MANUFACTURERA	PORCENTAJE DE PARTICIPACION
Micro empresa	49.252	87.85 %
Pequeña empresa	5.209	9.29 %
Mediana empresa	1.033	1.84 %
Grande empresa	572	1.02 %
TOTAL	56.066	100.00 %

Fuente: Instituto Nacional de Estadísticas y Censos
Elaboración: Propia

El mercado de muebles de madera se desarrolla dentro de un mercado de competencia oligopólica. En un oligopolio podrían fabricar todas las empresas un producto idéntico y competir únicamente en el precio, o bien fabricar un producto diferenciado y competir en precio, calidad de los productos y marketing. El oligopolio es una estructura de mercado en la que se distinguen dos características (Parkin, 2009):

- 3 CIIU 4. Siglas del Código de Clasificación Industrial Internacional Uniforme de todas las actividades económicas. Cuarta Revisión. Elaborado por la Organización de las Naciones Unidas.

- Barreras naturales o legales impiden la entrada de nuevas empresas.
- El número de empresas que compite es pequeño.

El Ecuador cuenta con numerosas y crecientes especies maderables gracias a su ubicación geográfica, esto hace que la materia prima que se requiera sea totalmente local y los muebles que el país produce sean elaborados con los materiales más diversos a fin de satisfacer las demandas variadas de los mercados nacionales e internacionales.

Se ha expuesto el contexto de la competitividad en la microempresa de fabricación de muebles de madera, sin embargo en razón del tema de investigación, es necesario citar los referentes teóricos con respecto a los sistemas de información. Para Porter y Miller (1985), a partir de los ochenta con la revolución de la información, los sistemas de información son una herramienta para transformar, pues no sólo modifican el producto en su proceso, sino la compañía, el entorno industrial, y la *competitividad* como tal. Para Cordero (2016), hoy en día casi todas las organizaciones alrededor del mundo, tienen como herramienta indispensable para soporte de su gestión la tecnología informática, integrada por componentes de hardware y software, destinados a almacenar, procesar y generar salidas a partir de un grupo de datos que sirven de ingreso. Las soluciones informáticas de software que van integrando las organizaciones, se concentran en: herramientas de automatización de oficina o sistemas integrados tipo ERP (Planificación de Recursos Empresariales), para manejo de transacciones; soluciones que se a su vez se asientan sobre la estructura de un sistema de información.

Para O'Brien, (2001) "un sistema de información es una combinación organizada de personas, hardware, software, redes de comunicaciones y recursos de datos que reúne, transforma y disemina información en una organización", convirtiéndose en herramientas de gran utilidad para la efectividad operativa, estratégica y táctica de la organización, generando impactito significativo y proporcionándoles competitividad (Prieto & Martínez, 2004).

Laudon y Laudon (2007), definen al sistema de información, como un organismo que recolecta, procesa, almacena y distribuye información, que se compone de tres actividades: entrada, proceso, salida. Pero un sistema de información en su estructura lógica, necesita de una serie de componentes, de acuerdo al instrumento de medición, los sistemas de información se componen principalmente de: planeación, entradas, proceso, salidas. La presente investigación asume cuatro variables, consideradas básicas para la operatividad de los sistemas de información. A continuación se explota el marco referencial de estas variables.

Planeación de Sistemas de Información

La planificación de sistemas de información implica definir la estrategia y plan de sistemas, en base a las necesidades o requerimientos de la organización y de los usuarios, de modo que estos sean funcionales, útiles, que cumplan con el objeto para el cual fueron generados (Cynertia Consulting, 2010); identificadores, que pertenecen a la variable Planeación de Sistemas de Información.

Los sistemas de información en este contexto deben planificarse para que sean: específicos y concretos; medibles, para comprobar el grado de desarrollo; alcanzables, y posibles de conseguir; realistas, para que cumplan necesidades de la empresa o microempresa; acotados en el tiempo, para que se implementen en los tiempos previstos.

Los elementos de mayor criticidad en importancia, que componen un sistema de información, son: entrada, salida, proceso. Las entradas están formadas por elementos que resultan útiles al sistema; las salidas son los resultados del sistema; el proceso lo forman las partes del sistema (Martínez-Salanova, 2008). A continuación se explotan en mayor detalle estas variables.

Entradas de los Sistemas de Información

Todo sistema de información requiere de recursos, así se conoce como entrada a la importación de los recursos que se requieren para dar inicio al ciclo de actividades del sistema. Las entradas pueden estar constituidas por documentos de soporte como: órdenes de producción, listas de inventarios, listas de precios, comprobantes de egreso, recibos de caja, facturas, notas de crédito, notas de débito, registros de inventario, entre otros, que proceden de diferentes áreas de la empresa o microempresa, (Arnold & Osorio, 1998).

Proceso de los sistemas de información

Los procesos parte integrante de los sistemas de información, pertenecen a la organización, son los encargados de transformar las entradas en salidas, a través de acciones específicas o actividades, (Domínguez & López, 2017). Sin embargo desde el punto de vista de los sistemas informáticos los procesos de tecnologías de la información, se refieren a las decisiones estratégicas y monitoreo de TI. En la presente investigación, se consideran los procesos para monitoreo, entre éstos se contemplan: los acuerdos de nivel de servicio

(SLA), (Van Grembergen, De Haes, & Amelinckx, 2003) y las mejores prácticas como COBIT⁴ e ITIL⁵.

De este grupo de procesos para el levantamiento de información en las microempresas se consideran: los que tienen que ver con respaldo y protección de información crítica; los de contingencia para soportar la continuidad, en el caso de fallas o pérdida de suministro eléctrico o por daños y caída de infraestructura.

Salidas de los Sistemas de Información

Es necesario en primer lugar distinguir los términos “dato”, “información” y “conocimiento”, dado que en ciertos elementos bibliográficos son usados de manera indistinta (Alberts, Vassiliou, & Agre, 2012, págs. 1-7). El “dato” se lo concibe como una representación simbólica, que no tiene sentido semántico, no transmite un mensaje y describe situaciones y hechos; en cambio la “información” es el conjunto de datos procesados y organizados que tiene un significado, transmite un mensaje, permite la toma de decisiones, favorece a la resolución de problemas e incrementa el “conocimiento”.

Para la información la fuente son los datos y la actividad que se requiere es la estructuración e interpretación de los mismos (Rendón Rojas, 2005); con respecto al “conocimiento”, el origen está dado en la información que requiere análisis, síntesis, visión dialéctica, determinación de inferencias, (Davenport & Prusak, 1998).

Los sistemas de información apoyan la transformación de los datos en información, pero existe un problema muy común que se presenta cuando se confunde la información con la tecnología que la soporta (Davenport D. , 1999). Si bien es útil para una organización el disponer de los recursos de tecnologías de información, sin embargo es más importante la capacidad que se tenga para gestionar su información (Torres, Vásquez, & Viloría, 2010).

Sobre la calidad de información se define como la totalidad de características de una entidad que le permiten satisfacer necesidades de manera expresa o implícita (International organization of standards, 1986); es el grado por el cual la información tiene contenido, forma y características de tiempo que entregan valor a los grupos de interés (O'Brien & Marakas, 2010); es la aptitud para el uso (Juran & Godfrey, 1988).

4 COBIT, siglas en inglés para referirse al término Objetivos de Control para Información y Tecnologías Relacionadas. Es un conjunto de mejores prácticas para la administración de TI.

5 ITIL, siglas en inglés para referirse al término Biblioteca de Infraestructura de Tecnologías de Información, es el enfoque de mayor aceptación para la gestión de servicios de TI.

Varias ontologías han sido generadas para identificar los atributos de calidad de la información. Wang y Strong (1996), proponen cuatro categorías de atributos: intrínseca, contextual, representacional y accesibilidad; Bovee, Srivastava y Mak (2003), identifican: integridad, accesibilidad, interpretación y relevancia; Helfert (2001), identifica tres categorías: pragmática, semántica y sintaxis. Estas dimensiones se vuelven más completas con la ontología de calidad de información de Rogova y Bosse (2010): accesibilidad, disponibilidad, relevancia, menor tiempo e integridad.

La investigación se propone indagar sobre los atributos de información: confiabilidad, oportunidad, claridad, utilidad y soporte a la toma de decisiones; y si esta se produce a través de reportes de los sistemas de información que fueron diseñados en función de los requerimientos de los niveles estratégicos o gerenciales de la microempresa para soportar la toma de decisiones.

3. Materiales y Métodos

3.1 Metodología

Contexto de la Aplicación del Modelo

En el Ecuador la industria de la madera se encuentra en tres grandes sectores (UTE, 2000):

- Empresas que se dedican a la extracción de la madera por tala y corte de bosques.
- Empresas que se dedican al procesamiento de la madera, tales como los aserradores y empresas del contrachapado y aglomerados.
- Empresas fabricantes de muebles de madera como productos terminados (incluye al gremio de los artesanos).

Según el Censo Económico del Ecuador al año 2010,

- La ciudad de Cuenca contribuye con el 60% del total de muebles ecuatorianos.
- Cuenca absorbe entre el 50% y el 70% del consumo nacional de madera.
- La fabricación de muebles de madera en la ciudad de Cuenca se define en 30% muebles de cocina, 30% muebles de oficina, 30% muebles de dormitorio y 10% otro tipo de muebles.

Población y Muestra

Para determinar la muestra, se toma como referencia las características del modelo propuesto (10 indicadores, 5 constructos, 4 el número de constructos que apuntan a una variable dependiente). De acuerdo a la “modelización PLS”, el tamaño muestral para el modelo es de $10 \times 4 = 40$. Es decir que son suficientes 40 encuestas para probar el modelo, a pesar de ello se aplicaron 199, para dar mayor consistencia a los resultados.

3.2 Modelos de ecuaciones estructurales (MEE)

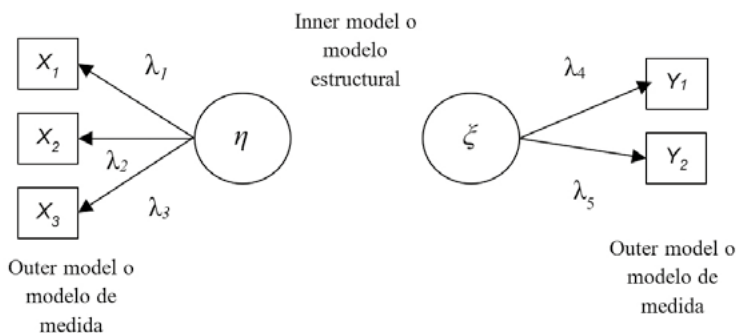
Para Fornell y Larcker (1981), los modelos de ecuaciones estructurales (MEE), tienen relevancia para análisis multivariante, o lo que es lo mismo entre diferente número de variables. Según Céspedes Lorente (1996), son muy factibles de aplicarse en las ciencias sociales, sobre todo en las áreas económicas y de la administración de empresas.

Dentro de los MEE, la investigación hace uso de la técnica PLS (Partial Least Square), o mínimos cuadrados parciales, cuya validación se la ejecuta con dos componentes (Cepeda & Roldán, 2004, pág. 6):

- El modelo de medida, que determina las cargas factoriales de las variables observables (indicadores) en relación a sus variables latentes (constructos).
- El modelo estructural, formado por las relaciones de tipo causal entre los constructos y que están definidas como hipótesis.

En la Figura 2, se ilustran los componentes de un modelo PLS: el modelo de medida u outer model y modelo estructural o inner model.

Figura No. 2. Componentes de un Modelo PLS



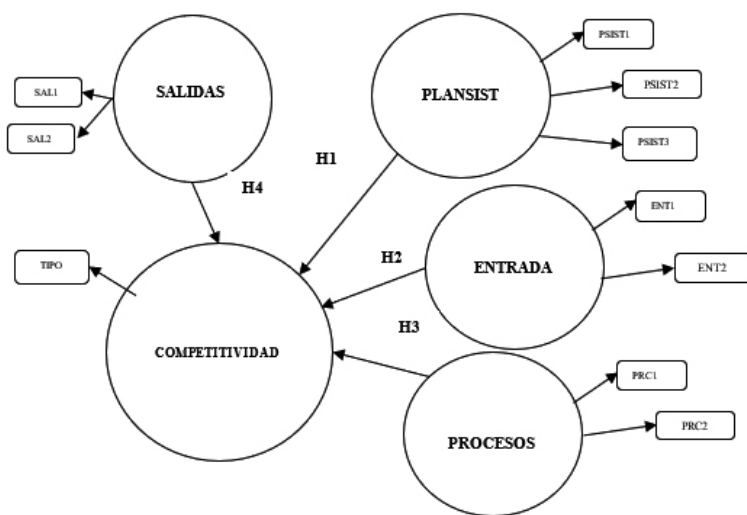
Fuente: Caballero Domínguez (2006, pág. 60)

3.3 Modelo propuesto

Con las cuatro hipótesis planteadas, se propone el modelo especificado en la Figura No.3, en donde constan cinco constructos:

- 1.PLANSIST. Planificación de Sistemas de Información de la microempresa de fabricación de muebles de madera.
- 2.ENTRADA. Entradas de los Sistemas de Información de la microempresa de fabricación de muebles de madera.
- 3.PROCESOS. Procesos de los Sistemas de Información de la microempresa de fabricación de muebles de madera.
- 4.SALIDAS. Salidas de los Sistemas de Información de la microempresa de fabricación de muebles de madera.
- 5.COMPETITIVIDAD. Es el índice de competitividad de la microempresa de fabricación de muebles de madera.

Figura 3. Modelo para análisis de competitividad en función de los sistemas de información



Fuente: Elaboración propia

3.4 Instrumento para recolección de información

Sobre el instrumento de medición utilizado en este artículo, es adaptado, diseñado y validado por (Saavedra García, 2014) basado en el Mapa de Competitividad del Banco Interamericano de Desarrollo, el cual se define como una herramienta de diagnóstico que se aplica en la empresa y permite conocer su estado inicial frente a la competitividad e identificar las áreas en las que presenta fortaleza y aquellas en las que tiene debilidad, con el propósito final de desarrollar planes de acción, que conduzcan al mejoramiento de su competitividad. Dicho instrumento de medición identifica ocho áreas claves de la empresa: Planeamiento Estratégico, Producción y Operaciones, Aseguramiento de la Calidad, Comercialización, Contabilidad y Finanzas, Recursos Humanos, Gestión Ambiental y Sistemas de Información (Bernal Rodríguez, 2013). Los Sistemas de Información es el área validada frente a la competitividad y cuyos resultados se muestran en este artículo.

Se toma el instrumento con 10 preguntas (indicadores), sobre los constructos o variables que pertenecen a sistemas de información, como se indica en la Tabla 3. Es evidente que el instrumento es el resultado de la operacionalización de las variables y es parte del Mapa de Competitividad del BID, y se evalúa a través de una escala de likert de 0 a 5.

Tabla No 3. Instrumento para captura de datos

ID	Items	Escala
1.	Planificación de los Sistemas de Información	
PSIST1	El sistema de información de la empresa está diseñado para satisfacer los requerimientos funcionales de información de la Gerencia General y de todos los departamentos en forma oportuna y confiable.	0 1 2 3 4 5
PSIST2	La empresa está actualizada en materia de nuevos desarrollos en programas y equipos de cómputo y tiene el personal capacitado para manejarlos.	0 1 2 3 4 5
PSIST3	El diseño técnico y funcional del sistema responde a las necesidades de información de la empresa y es óptimo con relación al tiempo de proceso y seguridad.	0 1 2 3 4 5
2.	Entradas de los Sistemas de Información	

ID	Items	Escala
ENT1	Se generan y archivan adecuadamente los documentos de soporte (órdenes de producción, entradas y salidas de almacén, comprobantes de egreso, recibos de caja, facturas, etc.) en las diferentes áreas de la empresa.	0 1 2 3 4 5
ENT2	La captura de información genera operaciones simultáneas en las diferentes áreas de la empresa evitando la doble digitación de las transacciones en los diferentes sistemas.	0 1 2 3 4 5
2. Procesos de los Sistemas de Información		
PRC1	Como política, la empresa realiza sistemáticamente copias de respaldo (back-ups) de sus archivos más importantes y los almacena en sitios seguros.	0 1 2 3 4 5
PRC2	Existen procedimientos de contingencia, manuales o automatizados, en caso de pérdidas de fluido eléctrico o fallas en el equipo de proceso.	0 1 2 3 4 5
2. Salidas de los Sistemas de Información		
SAL1	La información generada por el sistema es confiable, oportuna, clara y útil y es usada para la toma de decisiones.	0 1 2 3 4 5
SAL2	La gerencia ha definido reportes que indiquen el tipo de datos requeridos para el proceso de toma de decisiones.	0 1 2 3 4 5
4. Competitividad		
TIPO	¿El nivel de competitividad actual es ?	1 2 3 4 5

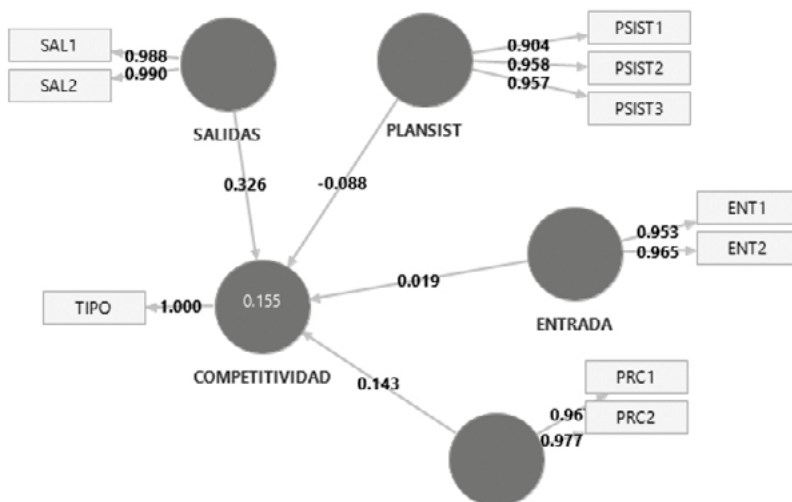
4. Resultados y Discusiones

- Se parte desde la actualización⁶ de la base de datos correspondiente al último Censo Económico realizado en nuestro país el pasado año 2010 por el Instituto Ecuatoriano de Estadísticas y Censos –INEC-. La base de datos de las empresas pertenece a la Clasificación Industrial Internacional Uniforme – CIU-7 de actividades económicas bajo el código C3100.01. Se delimita como caso de estudio al sector maderero a la actividad fabricación de muebles de madera en la Provincia del Azuay, Cantón Cuenca.
- Con el modelo generado en Smart PLS 3.1.9, se generan los estadísticos que corresponden a modelos estructurales, para dar validez (Figura 4).

6 La actualización de la información recogida por el Censo del año 2010 lo realiza el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos en base a matrices de depuración y corrección de datos perdidos.

7 CIU 4. Siglas del Código de Clasificación Industrial Internacional Uniforme de todas las actividades económicas. Cuarta Revisión. Elaborado por la Organización de las Naciones Unidas.

Figura No. 4. Resultados del Modelo Estructural



El modelo es analizado a través de dos fases:

Primero: Validez y Fiabilidad del Modelo de Medida

En esta parte se mide si los conceptos teóricos están sustentados de manera correcta a través de las variables observadas. En la en la Figura 4 se ilustran los resultados del modelo estructural. En la Tabla 4 se sintetizan los valores de esta evaluación.

Tabla 4. Fiabilidad del Modelo de Medida.

Parámetros	Valores Obtenidos
Fiabilidad individual del ítem.	Todas las cargas están por encima de 0.7, como se indica en la Figura No.4, en específico valores entre constructos e indicadores.
Fiabilidad de cada constructo	Los valores para alfa de Cronbach de los constructos superan el valor 0.7, lo que da validez al constructo y como se indica en la Tabla No.5. En el análisis de fiabilidad compuesta, todos los constructos del modelo presentan valores superiores a 0.6, confirmándose por tanto la consistencia interna de todos. (Ver Tabla No.6).

Validez convergente	Para evaluar la validez convergente de los constructos se hace uso de la varianza extraída media (AVE). Los valores para el indicador AVE, superan el valor mínimo recomendable de 0.5. (Ver Tabla No.7).
Validez discriminante	Con el chequeo de cargas cruzadas, se valida que cada indicador tiene correlación con su propia variable latente antes que con otras. (Ver Tabla No.8).

Tabla No 5. Fiabilidad del Constructo

	Cronbachs Alpha
COMPETITIVIDAD	1.000
ENTRADA	0.913
PLANSIST	0.934
PROCESOS	0.942
SALIDAS	0.978

Tabla No 6. Fiabilidad Compuesta

	Composite Reliability
COMPETITIVIDAD	1.000
ENTRADA	0.958
PLANSIST	0.958
PROCESOS	0.971
SALIDAS	0.989

Tabla No 7. Validez Convergente

	AVE
COMPETITIVIDAD	1.000
ENTRADA	0.920
PLANSIST	0.883
PROCESOS	0.944
SALIDAS	0.978

Tabla No 8. Cargas cruzadas. Validez Discriminante

	COMPETITIVIDAD	ENTRADA	PLANSIST	PROCESOS	SALIDAS
ENT1	0.208	0.953	0.365	0.442	0.535
ENT2	0.241	0.965	0.367	0.472	0.531
PRC1	0.284	0.489	0.515	0.967	0.634
PRC2	0.341	0.444	0.501	0.977	0.662
PSIST1	0.181	0.407	0.904	0.450	0.642
PSIST2	0.202	0.348	0.958	0.503	0.574
PSIST3	0.194	0.324	0.957	0.516	0.613
SAL1	0.350	0.534	0.637	0.653	0.988
SAL2	0.390	0.564	0.642	0.668	0.990
TIPO	1.000	0.235	0.205	0.324	0.375

La interpretación de los resultados del “modelo de medida”, indican que el modelo es *válido y confiable*, ello implica que: *la teoría está completamente sustentada y que el instrumento es totalmente válido*.

Segundo, la valoración del modelo estructural, en base a la evaluación del peso y la magnitud de las relaciones entre los distintos constructos. La Tabla No.9, contiene los datos de esta evaluación, en ella constan: el índice R^2 , el efecto f^2 , los coeficientes *path* estandarizados β y el análisis de Bootstrapping.

Tabla No 9. Evaluación del Modelo Estructural.

Parámetro	Valores obtenidos del modelo
Índice R^2	El poder predictivo del modelo para las variables latentes dependientes, en este caso COMPETITIVIDAD, se obtiene con el índice R^2 , cuyo valor es mayor a 0.1, lo que ratifica la característica predictiva del modelo. Como se indica en la Tabla No. 10.
Efecto f^2	Mide el <i>impacto</i> sobre un constructo dependiente de una variable latente, para el modelo se presentan valores que se encuentran en el rango permisible. Como se indica en la Tabla No.11.
Coefficientes <i>path</i> estandarizados β	Para el modelo, tres coeficientes no superan el valor mínimo de 0.2, razón por la cual desde el punto de vista estructural el modelo debería ser reorganizado. Tabla No.12.

Análisis de Bootstrapping	Bootstrap también determina el cálculo del error estándar de los parámetros y los valores “t” de Student; en este ámbito se consideran como significativos a los indicadores cuyo “t” de Student es mayor que 1,96. No todos los valores son superiores a 1,96, como se indica en la Tabla No.12.
---------------------------	---

Tabla No 10. R^2 de las variables latentes dependientes.

	R Square
COMPETITIVIDAD	0.155

Tabla No 11. f^2 de las variables latentes dependientes

	COMPETITIVIDAD	ENTRADA	PLANSIST	PROCESOS	SALIDAS
COMPETITIVIDAD					
ENTRADA	0.000				
PLANSIST	0.005				
PROCESOS	0.013				
SALIDAS	0.049				

La Tabla No.12 despliega las relaciones entre los constructos del modelo a través de los caminos beta estandarizados, el error estándar, el valor de t de student, el nivel de significancia y la aceptación o rechazo de la hipótesis. Estos resultados tienen consistencia con la R^2 obtenida en los cálculos anteriores

Tabla No 12. Relaciones entre Constructos

	β	Error estándar	t - student	Valores p	Nivel de significancia	Aceptación o No Aceptación
ENTRADA -> COMPETITIVIDAD	0.019	0.073	0.256	0.798		No se acepta
PLANSIST -> COMPETITIVIDAD	-0.088	0.081	1.085	0.278		No se acepta
PROCESOS -> COMPETITIVIDAD	0.143	0.094	1.518	0.130		No se acepta

SALIDAS COMPETITIVIDAD ->	0.326	0.102	3.193	0.001	***	Acepta
------------------------------	-------	-------	-------	-------	-----	--------

*** $p \leq 0.001$; ** $p < 0.01$; * $p < 0.05$

5. Conclusiones y Recomendaciones

La *planeación*, las *entradas* y los *procesos* de los sistemas de información **NO** influyen de manera positiva sobre la competitividad de la microempresa de fabricación de muebles de madera, pues no se encontraron niveles de significancia, lo que hace que no se acepten. Las salidas de los sistemas de información **SI** influyen de manera positiva sobre la competitividad de la microempresa de fabricación de muebles de madera.

Con la finalidad de entender por qué los constructos *planificación*, *entradas* y *procesos* de sistemas de información no son significativos, se describe que generalmente en las microempresas no se ejecuta como mejor práctica la planificación en todos sus ámbitos y mucho menos de los sistemas de información. No existe calidad en la depuración de los datos que ingresan y que son cargados en los sistemas de información, los procesos no revisten niveles de madurez adecuados y esto impacta negativamente en su competitividad.

Las salidas o los datos que se obtienen de los sistemas de información son los que priman para las microempresas y que según lo probado impactan directamente en su competitividad. Este último componente destaca por la emisión de informes que por lo general son presentados ante socios y en donde se debe contar con información consolidada y oportuna, aún cuando no respondan a un proceso completo.

La competitividad de la microempresa del sector muebles de madera en el factor sistemas de información es muy baja en donde tan solo el 23% de 199 microempresas cumplen con los parámetros establecidos para ser competitivas dentro del mercado. Sobre las salidas como la variable que impacta directamente en la competitividad, el 26% de microempresarios aseguran que su sistema genera información confiable para la toma de decisiones y un 25% la gerencia ha definido reportes que indiquen el tipo de datos requeridos para este proceso de toma de decisiones.

6. Referencias

- Alberts, D., Vassiliou, M., & Agre, J. (2012). C2 Information Quality: An Enterprise Systems Perspective. *MILITARY COMMUNICATIONS CONFERENCE 2012 - MILCOM 2012* (págs. 1-7). Orlando, FL: IEEE.
- Arnold, M., & Osorio, F. (1998). Introducción a los Conceptos Básicos de la Teoría General de Sistemas. *Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal*, 1-12.
- Bermeo, V. (2016). Determinación de la Competitividad Sistémica de la MIPYME Manufacturera en Ecuador: El caso de la fabricación de muebles de madera en el área urbana del cantón Cuenca de la Provincia del Azuay, Ecuador. *Tesis de Grado Doctoral*. México.
- Bernal Rodríguez, E. (2013). Hacia la Competitividad Sistémica de las MiPYMES. Un análisis del contexto colombiano. . *Revista Ensayos*, 43-59.
- Bovee, R., Srivastava, P., & Mak, B. (2003). A conceptual framework and belief-function approach to assessing overall information quality. *International Journal of Intelligent Systems*, 18, 51–74.
- Caballero Domínguez, A. J. (20-22 de Septiembre de 2006). SEM vs. PLS: Un Enfoque Basado en la Práctica. *IV Congreso de Metodología de Encuestas.*, 57-66.
- Cepeda, G., & Roldán, J. L. (2004). *Aplicando en la práctica la técnica PLS en la Administración de Empresas*. Sevilla: Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales.
- Céspedes Lorente, J. J., & Sánchez Pérez, M. (1996). Tendencias y desarrollos recientes en métodos de investigación y análisis de datos en dirección de empresas. *Revista Europea de Dirección y Economía de la Empresa*, 5(3), 23-40.
- Cordero, D. (2016). *Modelo para Gobierno de Tecnologías de la Información (GTI): caso de las Universidades Cofinanciadas de la Zona 6 de la República del Ecuador (Tesis de Grado Doctoral)*. México.
- Cynertia Consulting. (2010). *El plan estratégico de sistemas de información*. Barcelona: Consultoría de Negocio y de Tecnologías de la información.
- Davenport, D. (1999). *Ecología de la Información. Porqué la tecnología no es suficiente para lograr el éxito en la era de la información*. Reino Unido: Oxford University Press.

- Davenport, T. H., & Prusak, L. (1998). *Working Knowledge: How Organizations Manage What They Know*. *Harvard Business Press*, 1, 199.
- Domínguez, V., & López, M. (2017). General Systems Theory, a practical approach. *Economía y Administración*, 439-817.
- Erdogan, K. (2009). A review of country tourism competitiveness, research performance and overall country competitiveness. *Competitiveness Review: An International Business Journal*., 19, 119-133.
- Fornell, C., & Larcker, D. F. (February de 1981). Evaluating Structural Equation Models with Unobservable Variables and Measurement Error. *Journal of Marketing Research*, 18(1), 39-50.
- García Gonzalez, C. (2010). *Teorías de la Administración*. España: Universitat de Barcelona.
- Helfert, M. (2001). Managing and measuring data quality in data warehousing. In: Proc. of the World Multiconference on Systemics. *Cybernetics and Informatics*, 55-65.
- International organization of standards. (1986). Standard 8402. USA.
- Juran, J., & Godfrey, A. (1988). *Juran's quality handbook* (5th ed.). New York: McGraw-Hill.
- Ketelhohn, N., Artavia, R., Arce, R., & Umaña, V. (2015). The Central American Competitiveness Initiative. *Competitiveness Review*, 25, 555-570.
- Krugman, P. (1991). *Strategic Trade Policy and the New International Economics*. México: Fondo de Cultura Económica.
- Lall, S., Albaladejo, M., & Mesquita Moreira, M. (2005). La Competitividad Industrial de América Latina y el Desafío de la Globalización. *Documento de Divulgación*. Banco Interamericano de Desarrollo
- Laudon, K., & Laudon, J. (2007). MANAGEMENT INFORMATION SYSTEMS: Managing the Digital. *International Journal of Computers, Communications & Control*, 11(1), 103-105.
- Lesakova, L. (2008). Influence of globalization on small and medium enterprises. *Ekonomicky Casopis*.
- Lodge, M., Steenbergen, M., & Brau, S. (1995). The Responsive Voter: Campaign Information and the Dynamics of Candidate Evaluation. *American Political Science Review*.

- Martínez-Salanova, S. (01 de 2008). *La teoría general de sistemas*. Obtenido de <http://www.uhu.es/cine.educacion/didactica/0012sistemas.htm>
- MIPRO, & FLACSO. (2010-2012). Estudios Industriales de la micro, pequeña y mediana empresa.
- Nagayya, D., & Tirumala, R. (2007). Small and medium enterprises in the era of globalization. . *Journal of Rural Development*.
- O'Brien, J. (2001). *Sistemas de Información Gerencial* (4 ed.). Colombia: McGraw-Hill/Interamericana.
- O'Brien, J., & Marakas, G. (2010). *Introduction to information systems*. Irwin: McGraw-Hill.
- Parkin, M. (2009). *Economía*. Pearson Educación.
- Peña-Vinces, J., Acedo, F., & Roldán, J. (2014). Model of the International Competitiveness of SMNEs for Latin American Developing Countries. *European Business Review*, 26, 552-567.
- Piñeiro, M. (1993). Innovation, Competitiveness and Agroindustrial Development. *Economic Development*.
- Porter, M., & Miller, H. (1985). How information gives you competitive advantage. *Revista Harvard Bussines Review*, 63(4).
- Prieto, A., & Martínez, M. (2004). Sistemas de información en las organizaciones: Una alternativa para mejorar la productividad gerencial en las pequeñas y medianas empresas. *Revista de Ciencias Sociales (Ve)*, 322-337.
- Rendón Rojas, M. A. (2005). Relación entre los conceptos: información, conocimiento y valor. Semejanzas y diferencias. *Ci. Inf*, 34(2), 52-61.
- Ricardo, D. (1817). *On the Principles of Political Economy and Taxation*. Cambridge University.
- Rogova, G., & Bosse, E. (2010). Information quality in information fusion. *Information Fusion (FUSION)* (págs. 1 - 8). IEEE CONFERENCE PUBLICATIONS.
- Saavedra García, M. (2014). *Hacia la Determinación de la Competitividad de la PYME Latinoamericana*. Ciudad de México: Publicaciones Empresariales UNAM. FCA Publishing. .
- SENPLADES. (2012). *Transformación de la Matriz Productiva*. Quito: Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo.

- Smith, A. (1776). *The Wealth of Nations*. Escocia.
- Solvell, O. (2015). The Competitive Advantage of Nations 25 years - Opening up new perspectives on Competitiveness. . *Competitiveness Review*, 25, 471-481.
- Torres, M., Vásquez, C., & Vilorio, A. (2010). Gestión y Calidad de la Información en el Gobierno Electrónico. *Universidad, Ciencia y Tecnología*, 14(54), 55-64.
- UTE. (2000). *Análisis del Sector Industrial Maderero en el Ecuador*. Universidad Tecnológica Equinoccial.
- Van Grembergen, W., De Haes, S., & Amelinckx, I. (2003). Using CobiT and the Balanced Scorecard as Instruments for Service Level Management. *Information Systems Control Journal*, 4, 1-7.
- Wang, R., & Strong, D. (1996). Beyond accuracy: what data quality means to data consumers. *Journal Management Information Systems*, 5-34.

TOWARDS INTEGRATING RETIMING IN VEHICLE TYPE SCHEDULING PROBLEM



HACIA LA INTEGRACIÓN DE LA RESINCRONIZACIÓN EN EL PROBLEMA DE PROGRAMACIÓN POR TIPO DE VEHÍCULO

Denis Borenstein¹

denisb@ea.ufrgs.br

Recibido: 17/07/2017

Aceptado: 18/01/2018

Jorge Campoverde Campoverde²

jorge.campoverde@ucuenca.edu.ec

Freddy Naula Sigua³

freddybenja@gmail.com

Forma sugerida de citar:

Borenstein, D., Campoverde, J., y Naula, F., (2017). Towards integrating retiming in vehicle type scheduling problem. *Revista Economía y Política*, XIII (25), páginas 69-85. doi: 10.25097/rep.n25.2017.04

Resumen

En este documento, proponemos una programación lineal entera (ILP) con el objetivo de optimizar la generación de horarios y el problema de programación de tipo de vehículo (VTSP), basado en una red de tiempo y espacio (TSN). El modelo se definió como un problema de programación de tipo de vehículo con cambios secuenciales de horario (VTSP-SCT). Además, desarrollamos una nueva metodología para insertar una ventana de tiempo al problema propuesto en base a pequeños cambios en la estructura TSN, con una implementación computacional sencilla y una solución óptima en tiempos de ejecución de computación bajos. Al incluir pequeños cambios en el cronograma y/o incluir ventanas de tiempo para programar viajes, introducimos niveles de flexibilidad en los horarios de salida de los viajes, lo que resulta en ventajas operacionales para el proveedor del servicio. Dado que usamos un intervalo de ventana de tiempo muy corto, el horario actual solo se modifica ligeramente, cambiando mínimamente las rutinas de los pasajeros. Los enfoques desarrollados fueron probados usando instancias aleatorias basadas en una ciudad brasileña. El VTSP-SCT con y sin ventanas de tiempo ha resultado en ahorros relevantes en las operaciones diarias del servicio de transporte público, reduciendo el número requerido de vehículos programados para llevar a cabo la demanda histórica.

Palabras clave: programación de vehículos, logística, transporte público, investigación de operaciones, programación de horarios

Abstract

In this paper, we propose an integer linear programming (ILP) aiming at optimizing timetabling generation and the Vehicle Type Scheduling Problem (VTSP), based on a time-space network (TSN). The model was defined as Vehicle Type Scheduling Problem with Sequential Changes of timetable (VTSP- SCT). Additionally, we developed a new methodology to insert time window to the proposed problem based on small changes on the TSN structure, with easy computational implementation and optimal solution at low computation run-times. By including small changes to the timetable and/or including time windows for timetabling trips, we introduced flexibility levels in the departure times of trips, resulting in operational advantages for the service provider. Since we use a very short time window interval, the current timetable is only slightly modified, minimally changing the passenger routines. The developed approaches were tested using random instances based on a Brazilian city. The VTSP-SCT with and without time windows have resulted in relevant savings in the daily operations of the public transportation service, reducing the required number of scheduled vehicles to carry out the historic demand.

Key Words: scheduling vehicle, logistic, public transport, operations research, timetabling

Código JEL: C53, C61, C63, O31, R41

Código DOI: <http://dx.doi.org/10.25097/rep.n25.2017.04>

1 Porto Alegre-Brasil, (55) 51 99662329, orcid.org/0000-0002-6220-3159, Profesor Titular Universidad Federal Rio Grande del Sur. Universidad Federal Rio Grande de Sur.

2 Cuenca-Ecuador, 099 189 8486, orcid.org/0000-0002-1633-5644, Profesor Titular Universidad de Cuenca. Universidad de Cuenca

3 Cuenca-Ecuador, 0998403646, orcid.org/0000-0003-2218-6216, Asistente de Investigación Grupo de Investigación Empresarial. Universidad de Cuenca.

1. INTRODUCTION

The vehicle scheduling problem (VSP) has become an extensively studied research area in the last decades; in this context, an ultimate overview of literature in planning and control of bus transport exists in [1]. However, the principal problem consists in the process of minimizing the assignment costs of vehicles to a given set of timetabled trips, including two main constraints as follows: (i) each trip is assigned exactly once; and (ii) each vehicle performs a feasible sequence of trips. Each selected vehicle starts and ends a trip in the depot with the travel time and stations fixed and previously defined. Different approaches to model the VSP have been developed, as well as solution methods and extensions for a better reality representation, e.g., the inclusion of multiple- depots and heterogeneous fleet [2]. The latter, however, has received little attention in the public transportation literature. The literature of vehicle scheduling covers usually one type of vehicle; however, in practice, more than one type is used [3]. In the context of heterogeneous fleet, the vehicle scheduling problem is known as the vehicle-type scheduling problem (VTSP). Compared to the VSP, VTSP increases the degrees of freedom for planning decisions, and therefore, the problem complexity.

By including time windows in the VTSP we allow to shift scheduled trips within defined interval, i.e., we introduce flexibility in the departure times of trips, increasing operational advantages on the number of required vehicles. When considering heterogeneous fleet, time windows become even more useful since the timetabling can be slightly redefined according to the demand and the bus type assigned to cover it.

Although some research considers timetable flexibility [4], the studies neglected the heterogeneous fleet issue. [5] and [6] studied the problem using column generation. A multi-commodity network flow model based on a time-space network, where each trip might be represented by multiple arcs if alternative start times create new possible connections between trips was introduced by [7]. Heuristic were developed to eliminate irrelevant alternative trips towards reducing the model size and speed up the solution by a commercial MIP solver. V. Schmid and J. F. Ehmke [8] developed a two-phase heuristic to integrate the timetabling and the VSP. First, the heuristic finds good vehicle schedules and then determines the best feasible timetable (with respect to headways only) considering these schedules. [3] proposed a heuristic way to simultaneously construct vehicle schedules and a timetable with even headways or even load per vehicle. Subsequently, [9] and [10] took into account passenger assignment to the problem, considering transfer in some stations. However, to handle such a

complex problem, they imposed very strong assumptions on the considered VSP (no interlining, no deadheading) which turn the problem in an unrealistic one.

In this paper, we address the VSP with trip shifting and limited alteration of the timetable quality for a bus company towards reducing fixed and variables costs. The main idea is to better utilize the resources, introducing small changes in the timetabling, allowing a smaller cost final scheduling. We present an integer linear programming model to integrate the timetable generation process and the vehicle scheduling with heterogeneous fleet based on a Time- Space Network (TSN). Specifying, timetable generation consists in modifying a current timetable, ensuring better distribution of trips and quality services to passengers. In order to modify the timetable, two approaches are applied: time windows and aggregated trips. We tested our program in large random instances based on real instances of a public Brazilian transportation system, where the timetable presents irregular headways, i. e., buses departure time do not have a fixed interval (e. g., a departure every 10 minutes), which provides a better matching of the proposed models and appropriate modification of timetabling.

The major contributions of this paper to the literature are as follows: (i) to model the vehicle type scheduling problem in situations where departure flexibility can be considered; (ii) a simple and efficient implementation of time windows by a small modification in the traditional time-space underlying network, allowing its solution by commercial software in reasonable time; and (iii) to use the demand as a parameter to solve the VTSP, an overlooked parameter in the literature about public transportation optimization. To the best of our knowledge, the integrated formulation and solution comprising the VTSP and timetable generation, based on a TSN have not been previously published.

2. MODELING THE PROBLEM

In order to solve the problem, we applied the well-known Operations Research methodology, consisting of the following steps: (i) Problem Formulation; (ii) Modeling the problem; and (iii) Experimentation. The problem consists of integrating the timetabling and the vehicle scheduling problem towards better utilization of the resources, and consequent minimization of fixed and variable costs. By means of trip shifting and redundant trips deletion, and selecting buses with sufficient capacity to transporting the previously known demand in the Δt interval which the trips belong to, we expect to optimize the timetabling based on the type of vehicles scheduled, creating an integration of these two complicated tasks.

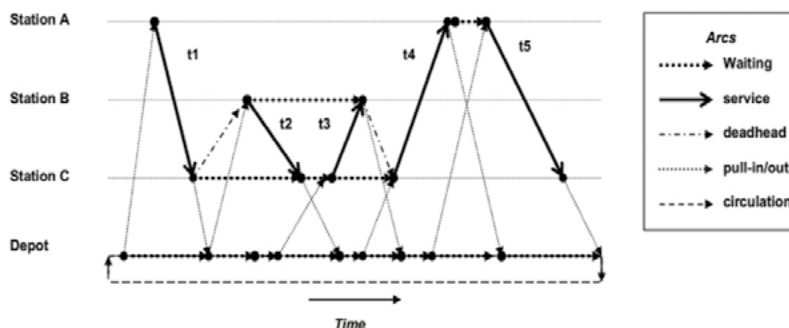
The models developed in this paper are based on a TSN structure, firstly described for the VSP in [11] and subsequently applied by [12]–[14]. Beforehand, VSP was traditionally formulated using a connection-based network [15]. The main advantage of the TSN structure is the reduced number of variables and constraints, compared with the traditional connection-based network. [14] showed a comparison between the number of deadhead arcs plotted on a TSN and on a connection-based network and concluded that if the problem contains m stations and n trips, then the number of dead- head arcs in a TSN is $O(mn)$ in opposite to $O(n^2)$ of the connection-based network, with $n \gg m$. They also point out that TSN is especially relevant when the number of stations involved in the problem is low when compared to the number of trips; such situation occurs in this paper.

This network is composed by an acyclic directed graph $G=(N,A)$ with N as the set of nodes, which represent a specific location at time, and A as the set of arcs, which corresponds to a transition in time and, possibly, space. The set A is divided into five subsets and a circulation arc (A^{Cir}):

- A_{se} is the set of service arcs, used to connect the corresponding departure and arrival nodes at the start and end locations of a trip with passengers
- A_{wait} is the set of waiting arcs, representing transitions in time-space network where the vehicles is waiting at a station.
- A_{dh} is the set of deadhead arcs, where the vehicles move without passengers between two compatible trips from the end location of the first trip to the start location of the second one.
- A_{pin} is the set of pull-in arcs, expressing the arcs from the depot to a station to start a trip.
- A_{pout} is the set of pull-out arcs and represents the arcs from a station toward the depot, when a vehicle returns to the depot for each trip.

Figure 1 exemplifies a network with one depot and three stations. The service, deadhead and pull-in/out arcs denote the bus in movement while waiting arcs represent the bus stopped at a station. This example considers one vehicle type (for a heterogeneous fleet, the network has a multi-layer structure, with one layer for each vehicle-type). It is interesting to note that this example introduces a set of circulation arcs, A_c , connecting the last node (in time) of the depot to its first node, representing a daily schedule for each vehicle type [14].

Figure 1 Example of TSN



The idea of TSN is to exploit the transitivity property of partial ordered sets which says that for trips p, q, v the following conclusion applies [2]:

$(p R q) \wedge (q R v) \rightarrow (p R v)$, being R a binary relationship.

This property is easily seen in TSN when preprocessing techniques are applied to generating a small number of arcs in the network structure. The preprocessing techniques has a significant impact on the number of variables and constraints of the mathematical formulation [11], [12], [16]

In order to consider the heterogeneous fleet, we constructed one network layer for each vehicle type. The networks overlay by vehicle type enables a service trip can be in multiple layers, and hence these layers cannot be solved independently, featuring the VTSP as a multicommodity flow problem. Consequently, the problem becomes NP-hard [16]–[18]

3. MATHEMATICAL FORMULATION

Towards better resource utilizations, we suggest the integration of two operational problems: the timetable generation and the vehicle scheduling problem (with heterogeneous fleet). Thus, given a set of trips with a fixed planning horizon, the model minimizes the total scheduling cost and/or the total number of vehicles. Based on the VTSP presented by [8], the proposed model aimed to minimize the total number of vehicles, considering the heterogeneous fleet, while it modified simultaneously the current timetable. Given the different capacities of vehicles, model (a) allows choosing the most appropriate vehicle type for each trip; (b) readjusts the timetable to the historical demand and (c) minimizes operating costs. We define the model as Vehicle Type Scheduling Problem with Sequential Change of Timetable (VTSP-SCT), since it simultaneously modifies the timetable from a sequential grouping of trips and schedules the vehicles.

In order to be able to adjust the timetable, we define a time interval Δt in minutes, and analyze all service arcs (service trips) with departure times coming, with a maximum difference equal to the value of Δt . This time interval is few minutes to ensure the service quality for passengers. The trips inserted in the Δt intervals must have the same station of departure and destination. The objective of this approach is to delete redundant trips of timetable and select buses with sufficient capacity to transporting the previously known demand in the Δt interval which these redundant trips belong to. As intervals are of a few minutes, the model just removed from the timetable trips which time departure is very close, not affecting the quality of service to passengers.

The trips are considered in sequence aiming to identify which trips can be grouped within Δt , from the first trip departure of the day towards the departure time of the last trip. Algorithm 1 describes the generation of trip intervals on VTSP-SCT considering, for a station s , t_{0s} as the departure time of the first trip of the day, and t_{hs} as the departure time of the last one. Still, A_{se} corresponds to the set of service trips belonging to the time interval with index $k \in K$. The sets A_k^{Se} on VTSP-SCT are mutually exclusive.

The VTSP-SCT, based on the TSN, can be formulated considering each trip represented by two nodes connected by an arc, defined by a graph $G = (N, A)$, with N as the set of nodes and A the set of arcs. Let F the set of different vehicles type, K the set of intervals of index k , A_{se} the set of service trips,

Algorithm 1 Algorithm for the generation of Δt intervals on VTSP-SCT

Input Parameters:

Δt , trips in order of increasing departure time per station

for each station s **do**

$k \leftarrow 1$

$t \leftarrow t_{0s}$

while $t < t_{hs}$ **do**

$A_k^{Se} \leftarrow$ all trips starting at time $t + \Delta t$, with same destination of station s

$k \leftarrow k + 1$

$t \leftarrow \min$ (departure time of the next trip with different destination, departure time of the next trip after $t + \Delta t$)

end while

end for

A_k^{Se} the set of service trips belonging to the intervals of index $k \in K$. The parameters are: p_f , the capacity of vehicle type $f \in F$ and; P_k the total demand of the intervals of index $k \in K$. The binary decision variable x_{ijf} is equal to 1 if the arc (i, j) is performed by vehicle type $f \in F$ and; 0 otherwise. Finally, c_{ijf} is the cost of vehicle type $f \in F$ travels by arc $(i, j) \in A$. The mathematical formulation for the VTSP-SCT is represented as follows:

$$VTSP-SCT: \min \sum_{(i,j) \in A} C_{ijf} x_{ijf} \quad (1)$$

st

$$\sum_{(i,j) \in A} x_{ijf} - \sum_{(j,l) \in A} x_{jlf} = 0 \quad \forall j \in N, \forall f \in F \quad (2)$$

$$\sum_{(i,j) \in A_k^{Se}} \sum_{f \in F} p_f x_{ijf} \geq P_k \quad \forall K \in K \quad (3)$$

$$\sum_{f \in F} x_{ijf} \leq 1 \quad \forall (i, j) \in A^{Se}, \forall f \in F \quad (4)$$

$$x_{ijf} \in \{0,1\} \quad \forall (i, j) \in A^{Se}, \forall f \in F \quad (5)$$

$$x_{ijf} \in \mathbb{N} \quad \forall (i, j) \in A^{Se}, \forall f \in F \quad (6)$$

The objective function (1) minimizes the total vehicle costs. Constraint (2) ensures the conservative flow properties of the network, while constraint (3) ensures that the capacity of the vehicles that will perform trips inserted in the interval of index k is greater than the total demand of the interval. Constraint (4) ensures that all trips are operated exactly once for a single vehicle type. Constraint (5) and (6) are domain constraints of the decision variable x_{ijf} .

Additionally, by including time windows in the VTSP- SCT, we allow to shift scheduled trips within defined interval, i.e., we introduce more flexibility in the departure times of trips, increasing operational advantages on the number of required vehicles. When considering heterogeneous fleet, time windows become even more useful since the timetabling can be slightly redefined according to the demand and the bus type assigned to cover it. Thus, we developed new time windows arcs implementation directed to heterogeneous fleet.

[19] and [4] implemented time windows for homogeneous fleet in the context

of multi-depot vehicle scheduling problem (MD-VSP) and integrated MDVSP and crew scheduling problem, respectively. In both papers, with small time windows (few minutes), they made minor modifications in the timetable by shifting some trips. Based on a TSN structure, they insert time window arcs, which are multiplications of original service trip arcs, representing a trip displacement of a certain amount of time and generating a network with a huge number of arcs. Due to the size network and complexity they developed a preprocessing routine to filter out useless arcs and two heuristic approaches to identify the critical set of trips and solve the problem faster were developed. In order to solve the VSTP-SCT, a NP-hard model, we developed a new implementation of time windows, based on [19] and [4], but with a smaller size network because time window arcs generated in a similar way to the waiting arcs, instead of multiplying the original service arcs.

The basic idea of the new implementation is to shift some trips of a given timetable and modify possible departure and arrival times. Time window arcs assumed discrete values. The computational implementation is easy and corresponds to add time window arcs linking two trips from the same station, since they are within the defined time window (usually 1 or 2 minutes). The time window arcs are expressed in the network like “reversed waiting arcs”, i. e., waiting arcs implemented with an inverse direction. Since the resulting TSN creates few new arcs, the approach enables the use of large instances as well as integration with the VTSP-SCT. The Algorithm 2 explains how to add time window arcs, considering j an arrival node, i a departure node, tr an arrival time, trr a departure time and T_{tw} the time window parameter (in minutes).

Algorithm 2 Algorithm for time window arcs implementation

```

for each station  $s$  do

  for  $i = (s, t')$ ,  $j = (s, t'')$   $\beta A_{se}$ ,  $t' < t''$  do

    if  $t' - t'' < T_{tw}$  then

      add to the time-space network a time window arc which starts in  $j$  and ends in  $i$ 

    end if

  end for

end for
  
```

In order to allow a consistent and adjusted timetable and avoid the accumulation

of successive time window arcs, which could result in successive delays on the optimal solution, we added to the model (1) - (6) a constraint (7), which requires that whenever there is flow in a time window arc, there must be a flow in a waiting arc that immediately precedes the service trip performed. The size, in time, of each respective waiting arc should be at least equal to the time window arc. Another case consists in avoiding that different vehicles types use time window arcs in sequential trips, leaving the timetable very disturbed and probably increasing the enabled time window. To include correct time window arcs, we define the constraint (8). Let A be the set of time window arcs, constraints (7) and (8) can be represented by:

$$x_{hif} - x_{jlf} \leq 0, \\ \forall (h, i) \in A^{tw}, \forall (j, l) \in A^{wait}, \forall (i, j) \in A^{Se}, \forall f \in F \quad (7)$$

$$x_{hif} - x_{jlf} \leq 0, \\ \forall (h, i) \in A^{tw}, \forall (i, j) \in A^{Se}, \forall (i, j) \in A^{Se}, \forall f \in F \quad (8)$$

We applied penalty costs to each time window arc to ensure that they only take place if savings are obtained, as well as for minimizing changes to the original timetabling. Small time windows intervals enable few changes at the original timetabling, ensuring the service level and the passenger's satisfaction.

4. EXPERIMENTAL RESULTS

The model was coded in C++ and all tests were performed on an Intel Xeon CPU E5-1603 with 2,8 GHz, 16 GB of memory. We used IBM ILOG CPLEX Optimization Studio V12.5. for computing the solutions. For the computational tests, we used large random instances generated based on real instances. Table 1 shows the instances characteristics with its respective configuration (Configuration), number of trips (#Trips) and number of stations (#Stations). For each one of random instances configurations five instances and their average corresponds to the results for each configuration were generated. The demand for the random instances are based on historical demand of the public transit companies analyzed, resulting in minimum number of passengers equal to 20 and maximum number equal to 110.

Table 1. Instances characteristics

Configuration	# Trips	# Stations
1000 10	1000	10
1000 23	1000	23
3000 10	3000	10
3000 23	3000	23
5000 10	5000	10
5000 23	5000	23

In all instances, the heterogeneous fleet is composed by three different vehicle types as follows: type A, corresponding to an articulated bus, with capacity for 141 passengers; type B, the most commonly used type, with capacity for 100 passengers; and type C, a smaller vehicle able to carry up to 83 passengers. For each vehicle type is defined a cost multiplication factor directly proportional to the capacity of the bus. We considered the costs as a sum of fixed and variable costs, where variable costs reflect operating time outside the depot and distance covered. To service, deadhead and pull-in/out arcs we regard the sum of operating time and distance costs while only operating time costs are considered for waiting arcs outside the depot. We overestimated the circulation arcs to find the minimal number of vehicles. The computational time for each test is limited to 7200 seconds.

The results for the VTSP-SCT for random instances with and without time windows are presented in Table II and intended validate the model and identify its behavior for large instances. Still, we compare the number of scheduled vehicles in this approach with those scheduled by the VTPS (without modification of the timetable). Computational tests were performed for $\Delta t = 1, 2$ and 3 minutes, and time windows $T_{tw} = 1$ and 2 minutes. Column “Vehicles” indicates the number of vehicles scheduled for each bus type, column “Shifted Trips” refers to the number of trips eliminated from the timetable and “Active TW” the time window arcs applied.

All instances were solved at optimality in lower time than the established limit (7200 seconds). With the exception of instance 1000_23 to $\Delta t = 1$ in all the other instances VTSP- SCT led to higher savings than the VTSP model. For instances

with 1000 trips, the number of reduced vehicles was lower than in other instances, grouping a small number of trips and activating few time windows. This result is expected, because the number of trips is reduced in this instance if compared with the other ones; thus, the distribution of trips is farther away, which difficult the grouping of trips at short Δt intervals. Furthermore, instances with 23 stations tend to group less trips, due to dispersion between trips departure times, preventing most of intervals of index k .

Specifically, the results for the instance 3000_10 show the advantages of using the integrated VTSP-SCT with time windows. For these results, the total number of vehicles is substantially reduced by enabling compatibility of trips through time window arcs. Considering that the number of grouped trips in this instance is quite high, the application of time windows enables to obtain a better utilization of vehicles without modifying too much the timetable, which tends to contribute to maintaining the quality of service provided to passengers.

For the instance 5000_10 we note the largest economy of vehicle numbers compared to the VTSP model. With $\Delta t = 3$ minutes, for this instance, the number of vehicles reduces, on average, in 20 units if compared with VTSP. Such results indicate that allowing a larger bus type (Type A) on a trip gives a high cost reduction and significantly reduces the number of buses used. The application of time windows generates even more savings without excluding trips of timetable. Instance 5000_23 generated results with higher resolution time, on average. It is an expected result given the high number of trips and stations of this instance. In addition, we could see a fairly common behavior of the model VTSP-SCT: the increasing of time resolution for wider Δt intervals due to numerous possibilities for grouping. However, high computational times for larger instances do not preclude the practical application of this model, considering the savings obtained, allowing the reduction of a large number of vehicles. Moreover, considering the fact that many managers still scheduling vehicles manually, a task with quite time consuming, the period of 1 to 2 hours for a computational resolution becomes reasonable.

Computational experiments for the VTSP-SCT indicate the reduction of the operational costs, represented by the minimization of vehicle numbers in a lower computational time, mainly for large instances (above 1000 trips). It seems that the number of stations is not so relevant as the number of trips, based on the results of instances with 5000 trips. Only for very large instances, the use of trip shifting increases the CPU time to find optimal solutions, doubling the required CPU time, but the benefit of decreasing the number of vehicles compensates this effect. Reductions of around 3% in the number of vehicles were obtained with

model VTSP-SCT. For instance 5000_10, a reduction of 20% was obtained when a greater flexibility in the timetabling was allowed. A considerable economic saving can be consequence of this reduction, if we consider additional costs such as drivers and maintenance. Overall, based on the overall results, we showed the suitability of time window integration to VTSP-SCT, a feature that increases the scenarios to be evaluated by transit operator's manager to schedule different types of vehicles and enables more flexibility to define the new timetabling.

5. CONCLUSION

In this paper, we propose a new approach to solve vehicle- type scheduling problem (VTSP), which comprises the integration of the vehicle scheduling problem and the vehicle type required for each trip, keeping a certain level of service for each trip such as the degree of passengers' comfort, seat availability, and other operational features. The VTSP-SCT is an integer linear programming (ILP) aiming at optimizing the VTSP and the timetabling generation problem based on a time-space network (TSN). Additionally, we developed a new methodology to insert time window to the proposed problem, based on small changes in the TSN structure, with easy computational implementation and optimal solution at low computation run-times.

Instance	Model	Δt	Ttw	O.F.	Time (sec.)	# Vehicles				# Grouped Trips	# Active TW
						A	B	C	Total		
1000 10	VTSP	0	0	6,416E+11	19,92	10,6	13,6	29,8	54,0	0,0	0
	VTPS-SCT	1	0	6,360E+11	19,42	10,6	13,8	29,0	53,4	4,8	0
		2	0	6,298E+11	20,20	10,8	14,0	27,4	52,2	9,0	0
		3	0	6,254E+11	29,82	10,8	14,8	26,4	52,0	14,8	0
		1	1	6,292E+11	22,75	10,4	13,0	29,4	52,8	4,8	2,2
		2	1	6,240E+11	26,23	10,4	13,4	28,4	52,2	8,8	2,4
		3	1	6,168E+11	28,83	10,4	13,8	27,2	51,4	15,0	2,4
		1	2	6,266E+11	23,38	10,6	12,0	30,0	52,6	4,6	4,0
		2	2	6,196E+11	22,44	10,4	12,2	29,4	52,0	8,6	4,6
		3	2	6,117E+11	20,16	10,4	12,2	28,6	51,2	14,6	6,4

1000 23	VTSP	0	0	7,021E+11	40,39	11,8	12,6	35,0	59,4	0,0	0
	VTPS-SCT	1	0	7,021E+11	38,69	11,8	12,6	35,0	59,4	1,0	0
		2	0	7,001E+11	39,38	11,8	12,6	34,8	59,2	2,2	0
		3	0	6,981E+11	43,35	11,8	12,6	34,6	59,0	3,0	0
		1	1	7,004E+11	43,84	11,4	12,8	35,0	59,2	1,0	1,0
		2	1	6,984E+11	37,03	11,4	12,8	34,8	59,0	2,0	1,0
		3	1	6,958E+11	39,36	11,6	12,8	34,2	58,6	2,8	1,2
		1	2	6,897E+11	41,23	11,4	12,4	34,4	58,2	1,0	3,0
		2	2	6,877E+11	43,34	11,4	12,4	34,2	58,0	2,2	3,8
		3	2	6,871E+11	45,64	11,6	12,4	33,8	57,8	2,8	3,4
3000 10	VTSP	0	0	1,554E+12	166,53	24,4	28,6	79,6	132,6	0,0	0
	VTPS-SCT	1	0	1,535E+12	188,35	24,8	29,4	76,0	130,2	33,6	0
		2	0	1,525E+12	227,60	25,4	29,2	74,0	128,6	66,2	0
		3	0	1,501E+12	268,31	25,2	30,2	70,4	125,8	97,4	0
		1	1	1,51E+12	184,60	24,0	29,8	74,4	128,2	34,4	10,4
		2	1	1,50E+12	262,04	24,2	30,6	71,4	126,2	66,2	10,2
		3	1	1,48E+12	285,68	24,8	29,2	70,2	124,2	96,6	9,6
		1	2	1,48E+12	267,47	23,6	28,8	72,4	124,8	33,8	29,6
		2	2	1,47E+12	273,81	23,8	29,0	71,0	123,8	64,2	26,8
		3	2	1,45E+12	262,03	24,6	28,8	68,2	121,6	95,6	27,0
3000 23	VTSP	0	0	1,693E+12	553,28	27,8	31,8	83,4	143,0	0,0	0
	VTPS-SCT	1	0	1,691E+12	609,42	27,8	31,8	83,4	143,0	5,0	0
		2	0	1,688E+12	753,71	28,0	31,8	82,6	142,4	10,6	0
		3	0	1,688E+12	779,52	28,0	31,8	82,4	142,2	15,4	0
		1	1	1,67E+12	509,66	27,6	31,4	81,6	140,6	5,4	4,0
		2	1	1,67E+12	670,07	27,8	31,6	80,6	140,0	10,6	3,0
		3	1	1,67E+12	841,47	27,8	31,4	81,6	140,8	16,2	3,0
		1	2	1,64E+12	549,23	26,8	31,4	80,4	138,6	5,6	15,0
		2	2	1,64E+12	602,87	27,0	31,4	79,6	138,0	10,8	19,0
		3	2	1,64E+12	881,10	27,0	31,4	79,8	138,2	15,8	18,0

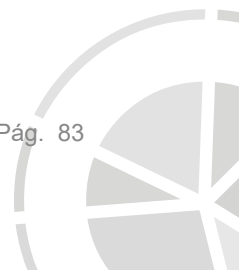
5000 10	VTSP	0	0	2,298E+12	402,48	32,0	41,6	125,4	199,0	0,0	0
	VTPS-SCT	1	0	2,243E+12	621,76	33,6	41,6	117,2	192,4	80,4	0
		2	0	2,194E+12	1248,53	34,6	45,0	105,6	185,2	162,2	0
		3	0	2,154E+12	4545,50	37,4	44,6	97,6	179,6	248,0	0
		1	1	2,203E+12	761,78	31,6	43,2	114,0	188,8	80,6	22,0
		2	1	2,153E+12	2118,56	34,2	41,6	106,0	181,8	162,8	32,0
		3	1	2,111E+12	2494,20	37,0	42,2	96,6	175,8	251,2	26,8
		1	2	2,138E+12	1174,15	31,6	40,6	110,2	182,4	92,0	114,8
		2	2	2,099E+12	1929,49	32,6	41,0	104,4	178,0	170,2	103,0
		3	2	2,055E+12	4620,20	35,0	34,6	91,8	161,4	243,2	125,25
5000 23	VTSP	0	0	2,538E+12	2060,19	34,8	50,6	133,8	219,2	0,0	0
	VTPS-SCT	1	0	2,540E+12	2060,12	35,4	50,2	132,6	218,2	13,2	0
		2	0	2,520E+12	1964,39	35,6	50,0	131,2	216,8	30,5	0
		3	0	2,498E+12	2708,91	35,9	50,8	121,8	208,4	89,6	0
		1	1	2,492E+12	2491,97	35,2	51,4	126,8	213,4	14,8	16,0
		2	1	2,480E+12	2808,09	35,4	51,8	124,6	211,8	30,2	16,8
		3	1	2,456E+12	3717,94	36,2	50,8	122,2	209,2	48,6	20,6
		1	2	2,445E+12	3091,28	35,4	48,6	124,6	208,6	16,2	48,4
		2	2	2,435E+12	4045,54	35,0	49,4	123,4	207,8	30,8	50,6
		3	2	2,413E+12	4400,61	35,0	50,0	120,6	205,6	48,4	51,0

The time window proposed approach is based on the implementation suggested by [19] and [4] with some differences: our computational implementation do not need preprocessing to delete unused time-window arcs and time window arcs are generated in a similar way to the waiting arcs, instead of multiplying the original service arcs. As a result, a smaller size network is generated. By having a smaller number of nodes and arcs, the new approach facilitates the integration with the VTSP-SCT, a problem with a large number of variables and constraints.

By including small changes to the timetable and/or including time windows for timetabling trips, we introduced flexibility levels in the departure times of trips, resulting in operational advantages for the service provider. Since we applied a very short time window interval, the current timetable was only slightly modified,

minimally changing the passenger routines. The developed approaches were tested using random instances based on a Brazilian city, where the timetable presents irregular headways, in which the buses departure time do not have a fixed interval. The VTSP-SCT with and without time windows have resulted in relevant savings in the daily operations of the public transportation service, reducing the required number of scheduled vehicles to carry out the historic demand.

We intend to apply this new approach in order to solve multiple-depot vehicle scheduling problems (MDVSP) and integrated vehicle and crew scheduling problem (IVCSP), considering heterogeneous fleet.



6. Referencias

- [1] O. J. Ibarra-Rojas, F. Delgado, R. Giesen, and J. C. Muñoz, "Planning, operation, and control of bus transport systems: A literature review," *Transp. Res. Part B Methodol.*, vol. 77, pp. 38–75, 2015.
- [2] S. Bunte and N. Kliwer, "An overview on vehicle scheduling models," *Public Transp.*, vol. 1, no. 4, pp. 299–317, 2009.
- [3] A. (Avi) Ceder, "Public-transport vehicle scheduling with multi vehicle type," *Transp. Res. Part C Emerg. Technol.*, vol. 19, no. 3, pp. 485–497, 2011.
- [4] L. Desfontaines and G. Desaulniers, "Multiple depot vehicle scheduling with controlled trip shifting," *Les Cah. du GERAD*, 2017.
- [5] G. Desaulniers, J. Lavigne, and F. Soumis, "Multi-depot vehicle scheduling problems with time windows and waiting costs," *Eur. J. Oper. Res.*, vol. 111, no. 3, pp. 479–494, 1998.
- [6] A. Hadjar and F. Soumis, "Dynamic window reduction for the multiple depot vehicle scheduling problem with time windows," *Comput. Oper. Res.*, vol. 36, no. 7, pp. 2160–2172, 2009.
- [7] S. K. N. M. C. Kramkowski, "Heuristic Methods for Increasing Delay-Tolerance of Vehicle Schedules in Public Bus Transport," pp. 1–9, 2009.
- [8] V. Schmid and J. F. Ehmke, "Integrated timetabling and vehicle scheduling with balanced departure times," *OR Spectr.*, vol. 37, no. 4, pp. 903–928, 2015.
- [9] G. Laporte, F. A. Ortega, M. A. Pozo, and J. Puerto, "Multi-objective integration of timetables, vehicle schedules and user routings in a transit network," *Transp. Res. Part B Methodol.*, vol. 98, pp. 94–112, 2017.
- [10] T. Liu and A. A. Ceder, "Integrated Public Transport Timetable Synchronization and Vehicle Scheduling with Demand Assignment: A Bi-objective Bi-level Model Using Deficit Function Approach," *Transp. Res. Procedia*, vol. 23, pp. 341–361, 2017.
- [11] N. Kliwer, T. Mellouli, and L. Suhl, "A new solution model for multi-depot multi-vehicle-type vehicle scheduling in (sub)urban public transport," *Proc. 13th Mini-EURO Conf. 9th Meet. EURO Work. Gr. Transp.*, no. May 2014, pp. 604–609, 2002.
- [12] N. Kliwer, T. Mellouli, and L. Suhl, "A time-space network based exact optimization model for multi-depot bus scheduling," *Eur. J. Oper. Res.*, vol. 175, no. 3, pp. 1616–1627, 2006.

- [13] N. Klierer, B. Amberg, and B. Amberg, "Multiple depot vehicle and crew scheduling with time windows for scheduled trips," *Public Transp.*, vol. 3, no. 3, pp. 213–244, 2012.
- [14] I. Steinzen, V. Gintner, L. Suhl, and N. Klierer, "A Time-Space Network Approach for the Integrated Vehicle- and Crew-Scheduling Problem with Multiple Depots," *Transp. Sci.*, vol. 44, no. 3, pp. 367–382, 2010.
- [15] G. Carpaneto, M. Dell'amico, M. Fischetti, and P. Toth, "A branch and bound algorithm for the multiple depot vehicle scheduling problem," *Networks*, vol. 19, no. 5, pp. 531–548, 1989.
- [16] a. P. R. . van den Heuvel, J. M. van den Akker, and M. E. van Kooten Niekerk, "Integrating timetabling and vehicle scheduling in public bus transportation," ... *Inf. ...*, no. February, p. 17, 2008.
- [17] S. A. Even S, Itai A, "ON THE COMPLEXITY OF TIMETABLE AND MULTICOMMODITY FLOW PROBLEMS," *16th Annu. Sytnposiultl Found. Cotnputer Sci.*, vol. 5, no. 4, pp. 691–703, 1976.
- [18] G. P. Bertossi A, Carraresi P, "On Some Matching Problems Arising in Vehicle Scheduling Models," *Networks*, vol. 17, no. 3, pp. 271–281, 1987.
- [19] and L. S. N. Klierer, T. Mellouli, "Time windows for scheduled trips in multiple depot vehicle scheduling," *11 th Meet. Proc. EURO Work. Gr. Transp.*, pp. 340–346, 2006.

EVIDENCIA DE VOLATILIDAD AGRUPADA EN EL MERCADO ACCIONARIO ECUATORIANO: APLICACIÓN DE UN MODELO IGARCH PARA EL ÍNDICE ECUINDEX



EVIDENCE OF VOLATILITY CLUSTERING IN THE ECUADORIAN EQUITY MARKET: APPLICATION OF AN IGARCH MODEL FOR THE ECUINDEX

Recibido: 25/09/2017

Aceptado: 08/12/2017

Daniele Covri Rivera¹

corvid@mail.ru

Forma sugerida de citar:

Covri, D., (2017). Evidencia de la volatilidad agrupada en el mercado accionario ecuatoriano: aplicación de un modelo Igarch para el índice Ecuindex. Revista Economía y Política, XIII (25), páginas 86-98. doi: 10.25097/rep.n25.2017.05

Resumen

La presente investigación intenta desarrollar una variante del modelo GARCH para el índice del mercado accionario ecuatoriano Ecuindex. Los datos son tomados diariamente y cubren un horizonte temporal de más de 13 años. Debido a que la suma de los parámetros en la ecuación de la varianza resulta ser exactamente 1, por lo tanto, se implementa un modelo IGARCH (1,1). Se desea entonces entender si la volatilidad se presenta agrupada y, en segundo lugar, se desea medir el riesgo del mercado accionario ecuatoriano. Estos resultados pueden ser relevantes para posteriores investigaciones que miren a realizar predicciones mediante instrumentos financieros derivados o también para medir el riesgo de mercado de los portafolios.

Palabras Clave: Ecuindex, Garch, Igarch, Rendimientos, Volatilidad

Abstract

The present research tries to develop a variant of the GARCH model for the Ecuadorian index stock market Ecuindex. The data are taken daily and cover a time horizon of more than 13 years. Because the sum of the parameters in the variance equation turns out to be exactly 1, therefore, an IGARCH model (1,1) is implemented. The aim is to understand if volatility is clustered and, secondly, the purpose is to measure the risk of the Ecuadorian stock market. These results may be relevant for further research looking at predictions using financial derivative instruments or for measuring the market risk of portfolios.

Keywords: Ecuindex, Garch, Igarch, Returns, Volatility

Código JEL: C10, C32, C58, G10

Código DOI: <http://dx.doi.org/10.25097/rep.25.2017.04>

¹ Estudiante de doctorado en la Pontificia Universidad Católica Argentina. Master en Economía. Master en Gestión de Riesgos para los Mercados Financieros.

1. Introducción

Es un fenómeno notorio, que muchas de las series financieras llevan una volatilidad que aparece agrupada, es decir que periodos de bajo riesgo están seguidos por otros de esta misma índole mientras que, al contrario, periodos de turbulencia en los mercados suelen persistir también en el tiempo. Todo ello se puede resumir con la frase de que está presente una heterocedasticidad condicional autorregresiva. La misma puede ser modelizada a nivel econométrico de varias maneras, aquí se escoge en una primera instancia la técnica GARCH como la concibió Tim Bollerslev en 1986, que no es otra cosa sino una generalización de un modelo ARCH. De hecho, Sharma y Sharma (2015) demuestran como los modelos tradicionales superan en la capacidad de pronóstico a los modelos más recientes y más sofisticados cuando son aplicados a índices accionarios. Entonces, después de haber verificado que la suma de los parámetros es exactamente igual a 1, se decide volver a estimar el modelo mediante la técnica IGARCH (1,1). La hipótesis fundamental es que los mercados son eficientes por lo que las variaciones diarias del índice ecuatoriano Ecuindex, el cual representa una síntesis de las 10 más grandes empresas cotizadas en la bolsa de valores del país, son fundamentalmente impredecibles (en la metodología esto se traduce en ausencia de predictores retardados para la ecuación de la media).

En segundo lugar, puede sorprender un poco, pero no existe una investigación actualizada de este tipo para Ecuador. Si bien, ciertamente existen modelos GARCH aplicados a ciertas acciones, sobre todo a nivel de tesis de licenciatura, falta un análisis que considere en su profundidad el índice Ecuindex y es por ello que se quiere llenar este vacío de conocimiento. A nivel internacional en cambio son muchos los avances realizados, en particular se puede pensar por ejemplo a los trabajos realizados para el NYSE, en donde es muy común aplicar un GARCH (1,1) como el que se implementa aquí en una primera instancia.

En fin, es necesario comprender la importancia del estudio, el cual mira a entender como se ha comportado la varianza del rendimiento de los activos ecuatorianos como medida fundamental de riesgo financiero para este país: conocer el timing de entrada y salida es muy importante como decisión de inversión para una cartera diversificada. Un inversor adverso al riesgo estaría entonces dispuesto a invertir más favorablemente en periodos de baja volatilidad y la predicción de las varianzas puede hacer posible disponer de intervalos de confianza precisos (Stock y Watson, 2012). En segundo lugar, esta misma información es decisiva para calcular medidas de riesgo que son usadas en los bancos como por ejemplo el VAR. Además, para muchos productos derivados su cotización depende de la fórmula de Black y Scholes en donde es fundamental conocer la volatilidad.

2. Revisión de literatura

La importancia de usar modelos GARCH en econometría es señalada con énfasis por Engle (2001), el cual nos dice como la varianza debe ser modelizada y no simplemente ser tomada como constante.

Un trabajo reciente y de resumen de los principales modelos existentes hoy en día es realizado por Drachal (2015), el cual subraya como la mayoría de estos prevén un solo rezago para el error y la varianza y resultan útiles para la estimación.

Un estudio aplicado a los tres más grandes índices bursátiles mundiales es el de Furió y Climent (2012), los cuales realizan un modelo GARCH, pero con rendimientos que no siguen una curva normal sino con colas modificadas: según ellos esto resultaría importante para la predicción.

Como se mencionó anteriormente, Stock y Watson (2012) realizaron este tipo de análisis para el mercado accionario americano del NYSE. Los mismos encontraron significativo y fundado el modelo, en donde se verificó la presencia de una volatilidad agrupada.

Otra importante investigación es realizada por Riasco (2014), el cual hace un análisis de riesgo para los tres principales índices bursátiles de EEUU y encuentra que hay un aumento en la varianza condicional después del atentado a las torres gemelas y después de la crisis financiera de 2008 con consecuencias persistentes para uno de estos índices, respectivamente el Dow Jones.

Espinosa y Vaca (2016) son responsables de un importante hallazgo ya que en su trabajo aplicado a la bolsa de valores de Colombia encuentran que para la modelización es recomendable realizar una metodología no solo frecuentista sino también bayesiana que contemple innovaciones t de student y no únicamente normales.

Lindberg (2016), muestra como el modelo GARCH (1,1) es útil para ser implementado tanto para una acción como para un índice y de hecho este autor lo aplica al SP500.

Por lo que se refiere a Ecuador, un trabajo importante es realizado por Tapia y Pamela (2017), en donde el estudio es realizado para las acciones de la empresa Holcim SA: en este caso también el modelo GARCH es aplicado con éxito, pues se ha demostrado que el mismo resulta ser un modelo eficiente para el análisis de volatilidad de la empresa.

Otro trabajo que merece ser mencionado es el de Bermudez (2014), el cual consta de tres ensayos inherentes al mercado accionario ecuatoriano y en un capítulo se dedica enteramente a realizar estimaciones GARCH para distintas empresas del país.

3. Materiales y métodos

Parece oportuno empezar esta sección describiendo un poco acerca del problema de investigación y a tal propósito la pregunta en este caso sería: ¿Cómo se presenta la volatilidad de los rendimientos obtenidos a partir de las cotizaciones diarias del índice bursátil Ecuindex en este horizonte temporal de dolarización (años 2004 – 2017)?

Las hipótesis son las siguientes:

- Los mercados son eficientes
- La volatilidad se presenta agrupada
- La ecuación de la varianza presenta coeficientes que suman exactamente a 1

En base al primer punto de la lista lo que se supone es que los precios describen el valor fundamental de los activos e incorporan toda la información disponible hasta el momento. Por lo tanto, el futuro tiene un aspecto imprevisible que hace que los operadores financieros en media no pueden batir el mercado. Todo ello implica que la información pasada no sea útil para predecir y esto se traduce en una ecuación para la media que solo involucre una constante y un término de error estocástico.

Por lo que se refiere al segundo punto, debido a la comprobada heterocedasticidad existente en los mercados financieros, no es posible realizar una estimación MCO y es por ello que se desarrollaron los modelos GARCH, los cuales permiten que el riesgo varíe a lo largo del tiempo.

Es interesante considerar ahora la tercera hipótesis, la cual se basa en los hallazgos encontrados por Brooks (2015) en su famoso libro de econometría financiera: el autor argumenta que en la aplicación de modelos GARCH para los rendimientos es bastante común encontrar un valor igual a uno para la suma de los rezagos del cuadrado del error y de los rezagos de la misma varianza.

En segundo lugar, parece oportuno describir un poco los objetivos. El objetivo general entonces es determinar si la volatilidad se puede explicar mediante un modelo de heterocedasticidad condicional autorregresiva generalizada.

Los objetivos específicos son los siguientes:

- Calcular los rendimientos a partir de los precios del índice Ecuindex
- Estimar la volatilidad de los rendimientos obtenidos
- Demostrar que el modelo IGARCH(1,1) es una alternativa viable respecto al modelo GARCH(1,1)

Con la finalidad de poder describir el primer objetivo específico es necesario en primer lugar explicar sobre la muestra. Los datos son tomados con cadencia diaria a partir del 5 de enero de 2004 hasta el 31 de marzo de 2017 en donde los precios del índice Ecuindex fueron proporcionados por la bolsa de valores de Quito, véase a tal propósito la figura 1.



Figura 1. Cotizaciones diarias Ecuindex.

Nota. En el eje de abscisas se encuentra la fecha y en el de ordenadas el valor correspondiente del índice. Las líneas debajo de las cotizaciones representan las tendencias.

Lo que se puede observar es que la tendencia es al alza hasta principios del 2007, luego parece haber un efecto contagio en el periodo de crisis financiera global por lo que el Ecuindex pierde valor y tarda muchos años para volver a la cotización pre crisis, de hecho, esto ocurre solo a partir del 2015. Después de esa fecha se vuelve a tener una tendencia a la baja que probablemente refleja

la crisis que se dio con la falta de liquidez por el excesivo gasto y consecuente endeudamiento del gobierno.

Habiendo llegado hasta este punto, es posible finalmente mostrar cómo se obtuvieron los rendimientos: estos son calculados como la diferencia logarítmica entre los precios de un día a otro. La respectiva fórmula para encontrarlos fue:

$$R_t = \log P_t - \log P_{t-1} \quad (1)$$

En donde R_t representan los rendimientos, P_t los precios al momento t y P_{t-1} los precios del día anterior¹

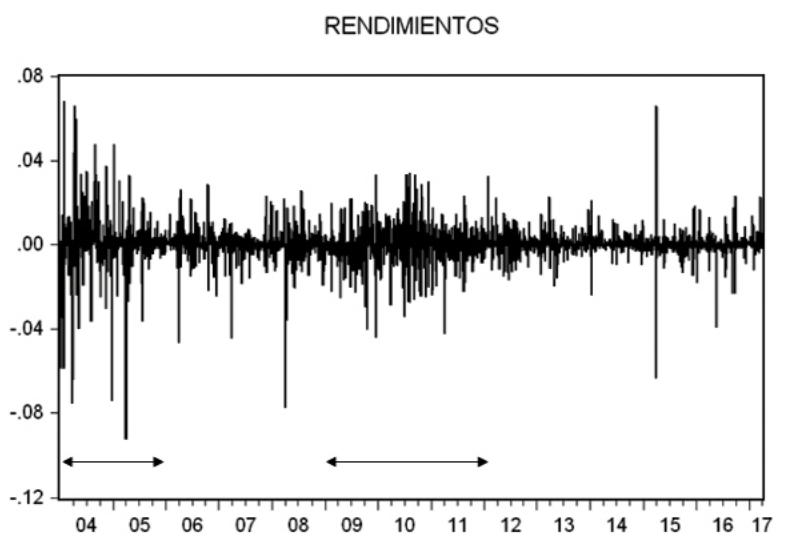


Figura 2. Rendimientos del índice.

Nota. En el eje de abscisas se encuentra la fecha y en el de ordenadas el valor del rendimiento. Las flechas indican los periodos en donde se agrupa la volatilidad.

Como se puede observar, se registra una alta volatilidad en el primer año, es decir entre 2004 y 2005 y también desde 2009 hasta 2011 como indicado por las flechas. También se puede ver un pico de volatilidad negativa a principios de 2008 y otro pico esta vez simétrico a principios de 2015. Al contrario, la figura muestra que se registra un periodo bastante tranquilo para los años 2012, 2013 y 2014.

En segundo lugar, cabe señalar como en promedio los rendimientos parecen ser aproximadamente 0 y si se excluyen raros casos, por ejemplo,

¹ Los precios están constituidos por las cotizaciones bursátiles diarias del índice Ecuindex en la bolsa de valores de Quito.

como acontece después de enero 2008 en donde los rendimientos bajan de manera más pronunciada, parecen también ser simétricos, es decir que suben y bajan en igual cuantía. Ello excluye la posibilidad de implementar modelos GARCH asimétricos como por ejemplo los EGARCH o los GJR GARCH entre otros.

El segundo objetivo específico se refiere a la estimación de la volatilidad. A tal propósito es necesario explicar un poco más acerca de las variables que entran en la regresión. En primer lugar, entonces, se tiene la variable dependiente para la ecuación de la media que en este caso está representada por los rendimientos R_t mientras que las variables independientes o explicativas están representadas por un término intercepto o constante (C) más una componente estocástica, llamada también término de error u_t , que en este caso se supone heterocedástico y por lo tanto tiene que ser modelizado más adelante en la ecuación de la varianza. Es importante señalar como esta primera ecuación de regresión es idéntica para ambos modelos GARCH e IGARCH. La ecuación número 2 que representa entonces esta ecuación para la media, no presenta otras variables explicativas adicionales retardadas puesto que se tiene como hipótesis que los mercados financieros son eficientes.

$$R_t = C + u_t \quad (2)$$

Es muy importante señalar como $u_t \sim N(0, \sigma_t^2)$ es decir que se distribuye normalmente con media igual a 0 y varianza igual a σ_t^2 . Esta última es muy importante puesto que representa al mismo tiempo la variable dependiente para la ecuación de la varianza que en el caso del primer modelo GARCH (1,1) está expresada con la siguiente fórmula:

$$\sigma_t^2 = \alpha_0 + \alpha_1 u_{t-1}^2 + \beta_1 \sigma_{t-1}^2 \quad (3)$$

Como se puede observar en la ecuación 3, aquí las variables independientes están constituidas por un término intercepto llamado α_0 , por un componente representado por el primer retardo del cuadrado del error u_{t-1}^2 , llamado también componente ARCH que tiene como respectivo coeficiente el valor de α_1 y por un regresor representado por un único rezago de la varianza, σ_{t-1}^2 el cual tiene su respectivo parámetro β_1 . Entonces, un valor para el coeficiente α_1 pequeño e inferior a 0.05 y un valor al mismo tiempo de β_1 grande y superior a 0.85 estaría a indicar un mercado financiero más tranquilo o menos volátil y viceversa si α_1 resultase de gran amplitud y β_1 relativamente pequeño entonces el mercado se caracterizaría como más turbulento.

El segundo modelo, respectivamente el IGARCH, se parece al primero, pero tiene como restricción que $\alpha_1 + \beta_1 = 1$ y al mismo tiempo no lleva el intercepto α_0 . El tercer objetivo específico entonces quiere mostrar como este último modelo tiene sentido y puede representar una identificación inclusive superior respecto al original. De hecho, siguiendo lo que dice la teoría, “en este modelo la varianza es persistente en donde la información presente permanece importante para la predicción de la varianza condicional para todos los horizontes temporales”. (Rossi, 2004, p.13)

La tercera parte que contribuye a definir el problema de investigación está representada por el alcance de la investigación. Este se configura entonces como explicativo puesto que trata de generar un sentido de entendimiento para este tema de riesgo inherente el mercado financiero ecuatoriano. Como se explicó en los apartados anteriores, a tal fin se establecen relaciones causales expresadas principalmente en dos ecuaciones, respectivamente una para la media y otra para la varianza en donde se implementan técnicas econométricas que por su naturaleza implican inferencias estadísticas, es decir tratan de deducir resultados que tienen inmediatas consecuencias descriptivas y normativas.

4. Resultados y discusión

Lo primero que se observa mirando al primer modelo de la Tabla 1 es que en la ecuación de la media la constante no resulta significativa y es muy cercana a 0. En la ecuación de la varianza la constante α_0 es significativa pero su valor es prácticamente nulo. A todo lo que se acaba de mencionar se considera también el hecho de que la suma de los parámetros α_1 y β_1 es exactamente uno por lo que se justifica ampliamente la decisión de volver a estimar mediante un modelo GARCH integrado (IGARCH), lo cual impone que en la ecuación de la varianza la suma de los parámetros sea uno y por lo tanto excluye también la constante. Mirando entonces a los resultados de esta segunda regresión (modelo 2), se puede afirmar que se obtuvo un valor para el coeficiente α_1 relativamente pequeño, cercano a 0.03 y un valor para β_1 relativamente grande e igual a 0.97 por lo que se puede concluir que el mercado financiero ecuatoriano es relativamente estable.

Jain y Strobel (2017) demostraron además como una volatilidad persistente tiene efectos positivos sobre el exceso de rendimiento para portafolios con elevada rotación. Esto parece bastante intuitivo, pues si cada información adicional es determinante para la volatilidad futura entonces es recomendable ajustar la posición de manera frecuente, considerando esto sí oportunamente los límites operacionales y los debidos costes de transacción.

Tabla 1
Resultados de la regresión para la variable dependiente Rendimiento

Variable independiente	Ecuación en donde aparece	Modelo 1 GARCH(1,1)	Modelo 2 IGARCH(1,1)
C	Media	-1.25e-04 (-1.30)	-1.76e-04*** (-3.99)
α_0	Varianza	1.68e-06*** (7.56)	
α_1	Varianza	0.14*** (10.20)	0.03*** (87.03)
β_1	Varianza	0.86*** (73.91)	0.97*** (2981.03)

Nota. Se usaron las observaciones 2004-01-05:2017-03-31 (T = 3308). Los números entre paréntesis representan los valores z.

*valores débilmente significativos $p < 0.10$; **valores significativos $p < 0.05$;
***valores fuertemente significativos $p < 0.01$

5. Conclusiones

La investigación realizada intentó estudiar el mercado accionario ecuatoriano mediante su índice Ecuindex. El modelo GARCH (1,1) usado al principio nos reveló un orden de integración igual a 1 para la ecuación de la varianza. Es por ello que se implementó después un modelo IGARCH (1,1) que tuvo como resultados un valor para el coeficiente α_1 inferior a 0.05. Este valor, que representa el primer retardo del cuadrado del error, puede considerarse bastante pequeño si comparado con otros estudios aplicados. Al mismo tiempo, el coeficiente β_1 , que no es otra cosa sino un retardo de la varianza, resultó ser por consiguiente de grande amplitud y superior a 0.95. Estos hallazgos nos indican que el índice Ecuindex no tiene una grande volatilidad condicional y por lo tanto puede considerarse de bajo riesgo.

En segundo lugar, visto desde otra perspectiva, se puede afirmar que la persistencia de la volatilidad condicional hace que eventos o informaciones relacionadas con la bolsa de valores tengan repercusiones a muy largo plazo (en teoría infinitos). Estudios inherentes este campo sugieren entonces una rotación

alta para los portafolios de inversiones. Sin embargo, se recuerda al lector que la presente investigación se realizó sobre un índice, por lo que las conclusiones y recomendaciones que se acabaron de otorgar deben ser tomadas de manera general sobre el conjunto de activos que forman parte del mercado accionario ecuatoriano.

6. Bibliografía

- Bermúdez, B. (2014). Tres Ensayos de Análisis Matemático del Mercado Accionario Ecuatoriano: Eficiencia del Mercado y Construcción de portafolios de Inversión (Licenciatura en ingeniería comercial). Pontificia Universidad Católica del Ecuador.
- Bollerslev, T. (1986): Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity. *Journal of Econometrics* 31, 307 – 327.
- Brooks, C. (2015). *Introductory econometrics for finance* (3rd ed.). Cambridge: Cambridge University Press.
- Drachal, K. (2015). Review of GARCH model applicability in view of some recent research. *Journal of academic research in economics*, 7(2), 191 - 201.
- Enders, W. (2015). *Applied econometric time series* (4th ed., pp. 118 - 174). Hoboken, NJ: Wiley.
- Engle, R. (2001). The use of ARCH/GARCH Models in Applied Econometrics. *Journal of Economic Perspectives*, 15(4), 157 - 168.
- Espinosa, O., y Vaca, P. (2016). Ajuste de modelos GARCH clásico y bayesiano con innovaciones t-student para el índice COLCAP. *Revista De Economía Del Caribe*, 19, 34 - 63.
- Furió, D., & Climent, F. (2013). Extreme value theory versus traditional GARCH approaches applied to financial data: a comparative evaluation. *Quantitative Finance*, 13(1), 45 - 63.
- Jain, A., & Strobl, S. (2017). The effect of volatility persistence on excess returns. *Review of Financial Economics*, 32, 58-63. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rfe.2016.11.003>
- Lindberg, J. (2016). *Applying a GARCH Model to an Index and a Stock* (Bachelor Thesis in Mathematical Statistics). Stockholm University.
- Riascos Hermoza, J. (2014). Riesgo Financiero Acumulado: el Caso de los Índices Bursátiles de Estados Unidos, 2000-2014. *Tendencias*, 15(1), 78. <http://dx.doi.org/10.22267/rtend.141501.51>
- Rossi, E. (2004). *GARCH Models. Lecture Notes*.
- Sharma, P., & Sharma, V. (2015). Forecasting stock index volatility with GARCH models: international evidence. *Studies in Economics and Finance*, 32(4), 445-463. <http://dx.doi.org/10.1108/sef-11-2014-0212>

- Stock, J., & Watson, M. (2012). Introducción a la Econometría (3rd ed., pp. 475 - 478). Madrid: Pearson.
- Tapia, R., & Pamela, E. (2017). Análisis de volatilidad de los precios de las acciones Holcim S.A. utilizando el modelo GARCH (Licenciatura en ingeniería financiera). Universidad Técnica de Ambato.

7. Glosario

- **ARCH:** Heterocedasticidad condicional autorregresiva, es un modelo en donde el error es modelizado con media igual a 0 y varianza que depende de los valores pasados del error al cuadrado
- **DOW JONES:** refleja el comportamiento del precio de las acciones de las 30 compañías industriales más importantes y representativas de Estados Unidos.
- **Ecuindex:** Índice del mercado accionario ecuatoriano, tiene como componentes las 10 más grandes acciones de la bolsa de valores de Quito
- **EGARCH:** Modelo GARCH que toma en consideración las asimetrías de manera exponencial
- **GARCH:** Extensión del modelo ARCH que permite que la varianza dependa también de sus propios retardos
- **GJR GARCH:** Modelo GARCH que añade un regresor que toma en cuenta de manera dicotómica las asimetrías
- **Heterocedasticidad:** la varianza de las perturbaciones no es constante a lo largo de las observaciones
- **IGARCH:** Modelo GARCH que presenta una restricción por lo que la suma de los parámetros Alfa y Beta en la ecuación de la varianza suman 1.
- **Índice bursátil:** Valor numerico que representa una síntesis de un conjunto de activos
- **NYSE:** New York Stock Exchange, es decir mercado accionario de Nueva York
- **Rendimiento:** Llamado también retorno, representa la ganancia de capital derivante de la cotización de un activo o índice
- **SP500:** mide la evolución promedio ponderada de 500 grandes empresas cotizadas

VAR: Valor en riesgo, medida de riesgo de mercado que toma en cuenta la distribución de los rendimientos en base a una curva normal.

Volatilidad: Varianza de un activo o rendimiento



Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas
Universidad de Cuenca

Dirección: Av. 12 de Abril s/n y Av. Loja (Ciudadela Universitaria)
Telf.: (593) 7 405 1000 Ext. 2200