

**LA INDUSTRIA DEL CEMENTO EN
COLOMBIA
DETERMINANTES Y COMPORTAMIENTO DE
LA DEMANDA
(1996-2005)**

ANDRÉS LATORRE CAÑÓN¹

**JUAN CARLOS DELRIEU ALCARAZ²
NARCISO RODRIGUEZ SANMIGUEL³**



**PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS
BOGOTÁ, MAYO DE 2008**

¹ Autor Correspondiente: latorreandres@gmail.com Pontificia Universidad Javeriana, Economía

² Director de Tesis: *Vicepresidente Regional de Planeación y Desarrollo de Mercados, CEMEX SA&C*

³ Codirector de Tesis: *Analista Económico, CEMEX Colombia S.A.*

TABLA DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS	- 3 -
1. INTRODUCCIÓN.....	- 4 -
2. EL CEMENTO Y SU INDUSTRIA	- 6 -
2.1 PROCESO DE PRODUCCIÓN	- 6 -
2.2 TIPOS DE CEMENTO.....	- 8 -
2.3 HISTORIA DEL PRODUCTO EN COLOMBIA	- 9 -
3. LA ESTRUCTURA DEL MERCADO	- 10 -
3.1 ENFOQUE DE LA INDUSTRIA	- 10 -
3.1.1 Empresas del Sector	- 10 -
3.1.2 Insumos para el proceso	- 11 -
3.1.3 Materia Prima	- 12 -
3.1.4 Estructura de Costos.....	- 12 -
3.2 ENFOQUE DE LA DEMANDA.....	- 13 -
4. REVISIÓN DE LITERATURA.....	- 19 -
5. METODOLOGÍA	- 23 -
5.1 ANÁLISIS DE DATOS	- 23 -
5.2 ANÁLISIS DESCRIPTIVO	- 28 -
5.2.1 Análisis de las Variables.....	- 28 -
5.2.2 Análisis Departamental.....	- 35 -
6. MODELO ESTADÍSTICO.....	- 36 -
6.1 ¿QUÉ SON DATOS PANEL?.....	- 36 -
6.1.1 Estimación por efectos fijos	- 37 -
6.1.2 Estimación por efectos aleatorios	- 37 -
6.1.3 Estimación por primeras diferencias.....	- 37 -
6.2 ¿PORQUE ARELLANO Y BOND (1991)?	- 39 -
6.3 RESULTADOS DE LA ESTIMACIÓN.....	- 40 -
6.4 IMPACTOS DE LARGO PLAZO.....	- 42 -
6.5 ANÁLISIS DEPARTAMENTAL	- 43 -
7. CONCLUSIONES.....	- 48 -
7.1 RESUMEN.....	- 48 -
7.2 RECOMENDACIONES PARA FUTURAS INVESTIGACIONES	- 49 -
8. BIBLIOGRAFÍA.....	- 51 -

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a CEMEX Colombia, en especial a Juan Carlos Delrieu Alcaraz, Mauricio Sanmiguel Valderrama, Narciso Rodríguez Sanmiguel, y Juliana Leonor Montoya, por haberme proporcionado las herramientas y ayuda necesaria para hacer esto posible.

Igualmente al ICPC (Instituto Colombia de Productores de Cemento), y a la Pontificia Universidad Javeriana (Gonzalo Hernández y Gloria Lucía Bernal), por su respaldo en la consecución del mismo.

Finalmente a mi familia (Miguel Latorre, Ámbar Cañón de Latorre y María Angélica Latorre), amigos, y a Diana Palacio de la Barrera, que me han apoyado durante mi vida para conquistar mis sueños.

¡GRACIAS!

1. INTRODUCCIÓN

En los últimos 10 años la industria del cemento en Colombia ha presentado comportamientos volátiles, e inesperados. Registrando crecimientos considerables a finales de los noventa, después fluctuando hacia una crisis en 2005, y en adelante un crecimiento persistente hasta hoy.

Mucho se ha hablado que la industria cementera es un mercado de un bien poco diferenciado, concentrado, donde existen barreras a la entrada (por las altas inversiones iniciales), baja capacidad de acumular inventarios, y altos costos de distribución, descripción que hacen escritos como el de Cárdenas y Parra en 2006, y el de Fedesarrollo en 2007. Pero a partir de 1999 han incursionado al mercado cuatro nuevas empresas, Cementos Andino S.A., Concrecem S.A. (recientemente adquiridas por el Grupo Argos), Cementos Oriente S.A., Cementos Tequendama S.A. (comienza operaciones en abril de 2008), y otras más que están constituidas legalmente pero no han comenzado a operar. Es necesario entender el mercado, y estudiarlo para aprender a reaccionar ante sus fluctuaciones y cambios inesperados.

Los diversos y amplios escritos realizados sobre el tema muestran hallazgos y conclusiones relevantes e interesantes para la industria nacional, pero ninguno se ha dedicado a analizar y explicar el comportamiento de la demanda departamental, razón por la cual se decidió hacer esta investigación.

Es el objetivo de esta tesis analizar y entender los determinantes de la demanda por departamento de la industria del cemento para así generar conclusiones aproximadas sobre su comportamiento. La estimación se realizará por medio de un modelo de regresión tipo datos panel. Se escoge este modelo ya que un conjunto de datos de panel contiene observaciones de múltiples unidades individuales en el tiempo para así darle mayor robustez y precisión a la estimación de parámetros.

Este proyecto consta de ocho secciones; después de la introducción, la segunda parte describe la industria del cemento: aspectos técnicos, el proceso productivo, las clases de cemento, y su historia en nuestro país. En la tercera parte se detalla la estructura del mercado del cemento desde el enfoque de la industria, donde se observan las principales características, análisis de los jugadores⁴, y análisis de costos, y desde el enfoque de la demanda, se describen las variables del mercado, bienes sustitutos, complementarios, y características generales de las mismas. En la cuarta parte se realiza una revisión de la literatura de estudios realizados sobre el comportamiento de la industria del cemento y más específicamente de cómo determinar y medir el comportamiento de la demanda y la oferta. La quinta consta de la metodología, donde se hace un análisis de los datos, y el análisis descriptivo. En esta sección se describe cómo se consiguieron los datos y cómo estas variables se relacionan y se afectan por la demanda de cemento. En la sexta parte se formula el modelo estadístico, donde se hace una descripción del mismo, su funcionamiento, y su aplicación en la industria, para así hallar las variables más determinantes y su incidencia en la demanda. Adicionalmente reportamos los datos, las estimaciones y los resultados encontrados. Finalmente, la séptima ofrece un resumen y las conclusiones, donde se presentan las conclusiones alcanzadas, su impacto, y recomendaciones para futuros estudios.

⁴ Jugadores se entiende como las empresas que pertenecen al mercado del cemento

2. EL CEMENTO Y SU INDUSTRIA

El cemento se puede precisar como una mezcla de arcilla molida y otros materiales calcificados en polvo. Que después de un debido proceso, adquiere propiedades adherentes. Es considerado la materia prima más importante para el sector de la construcción⁵.

2.1 PROCESO DE PRODUCCIÓN

Existen varias clases de cementos, ya que sus propiedades cambian dependiendo de las materias primas que se usen y los procesos que se utilicen para su producción. El proceso de fabricación se compone de cuatro etapas principales (Ver Figura1)⁶:

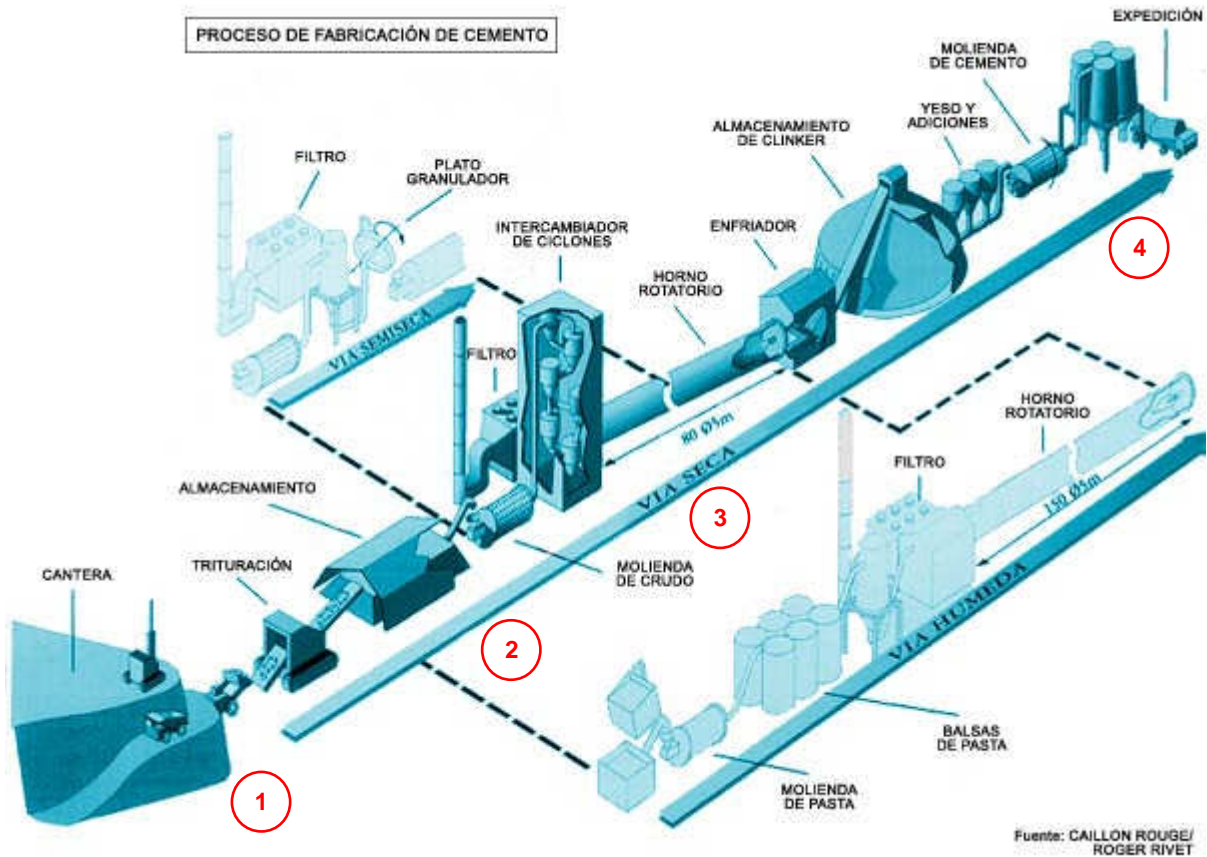
1. La extracción y molienda de materias primas: La caliza es la materia prima principal del cemento, la cual se obtiene de recursos naturales. Ella es triturada hasta formar un material de un tamaño no mayor a 20mm de diámetro, y posteriormente es almacenada junto con arcilla y otras materias primas.
2. Homogenización de la materia prima: Aplicando la dosificación adecuada, se crea una mezcla homogénea llamada crudo.
3. Producción de Clinker: Es la etapa donde se calcina el crudo a una temperatura de 1400⁰ C, y se convierte en clinker.

⁵ www.icpc.org.co

⁶ Ibíd.

4. Molienda de cemento: El nuevo clinker es molido en dos etapas diferentes, después se le adiciona el yeso (con el fin de alargar el tiempo de fraguado⁷), y así se convierte en cemento.

Figura1



8

⁷ Fraguado: Endurecimiento de una mezcla, generalmente usadas para la construcción

⁸ <http://fyqata.euita.upm.es/CursoWeb01/Pweb/Pagweb/Mercurio/cemento/fotocem/fabricacioncementovertde.jpg>

2.2 TIPOS DE CEMENTO

Como se explicó anteriormente existen varias clases de cemento, sus propiedades y características varían dependiendo del porcentaje de dosificación que se aplique de cada materia prima. Las clases más comunes en Colombia son⁹:

- Cemento Pórtland tipo 1: el cual es el más comercializado en nuestro país, se conoce como cemento gris y es usado principalmente en estructuras y obras.
- Cemento Pórtland tipo 1 especial (o modificado): Es considerado un cemento más resistente que el tipo 1, es utilizado generalmente por empresas constructoras.
- Cemento Pórtland tipo 2: Es un cemento usado generalmente donde hay presencia de sulfatos (ej. zonas cercanas al mar).
- Cemento Pórtland tipo 3: Es usado generalmente en prefabricados, y donde se requiere un rápido endurecimiento y buena resistencia.
- Cemento Pórtland tipo 4: se usa para estructuras grandes como presas de concreto, contiene aceptable resistencia a los sulfatos y a la humedad.
- Cemento Pórtland tipo 5: Contiene una altísima resistencia a los sulfatos, es esencial para las construcciones que tienen constante contacto con el agua de mar.

⁹ www.cemex.com.co

Los tipos de cemento que más se comercializan en nuestro país son el cemento tipo 1 y tipo 3. El primero se comercializa en sacos de 50 kilogramos, y representa alrededor del 75% de la demanda total del país. El segundo es comercializado a granel (venta directa y grandes cantidades) y generalmente es para usos industriales, este representa aproximadamente el 20% de la demanda nacional. El restante 5% se divide en los otros tipos.

2.3 HISTORIA DEL PRODUCTO EN COLOMBIA

Una vez entendido el proceso de fabricación del cemento, es adecuado explicar brevemente sobre la historia de la incursión del mismo en Colombia. En 1905, Industrias e Inversiones Samper inauguró la primera planta cementera en nuestro país e inicio operaciones en 1909, la cual estaba ubicada en las cercanías de la capital de la republica. En los 30 años siguientes incursionaron al mercado Cementos Diamante (Cundinamarca) y Cementos Argos (Antioquia). Posteriormente en los años 40 se fundaron fábricas en Valle del Cauca (Cementos del Valle), Santander (Cementos Diamante), Magdalena (Cementos Nare), y Costa Atlántica (Cementos Caribe). Posteriormente surgen Cementos el Cairo y Hércules (1955), Cementos Río Claro (1986), Cementos Andino (1998), Concrecem (2003), y la nueva planta Cementos Tequendama (2008).

En la actualidad, existen tres claros jugadores en la industria, estos son tres grupos económicos de talla mundial, que han venido incursionando en el mercado por medio de la adquisición de las plantas anteriormente mencionadas. Estos son, CEMEX (el cual adquirió Cementos Diamante y Samper), Grupo ARGOS (su grupo consta de Cementos Argos, Cementos El Cairo, Cementos Caribe, Cementos Paz del Río, Cementos Nare, Cementos Río claro, Tol cemento, Cementos Andino, Concrecem y Cementos del valle), y El Grupo HOLCIM (propietario de Cementos Boyacá).

3. LA ESTRUCTURA DEL MERCADO

3.1 ENFOQUE DE LA INDUSTRIA

En términos económicos la oferta abarca la parte productiva y operacional del mercado. En Colombia actualmente existen 5 empresas comercializadoras y productoras de cemento: Argos, CEMEX, Holcim, Cementos del Oriente, y Cementos Tequendama. Estas empresas localizadas cerca de los mercados plaza más representativos del país (Bogotá¹⁰, Antioquia, Valle del Cauca, y la Costa Atlántica). Por el poco número de empresas en el sector actualmente se considera un mercado concentrado, con un modelo de integración vertical, barreras a la entrada de jugadores, altas inversiones iniciales, y un producto poco diferenciado.

3.1.1 EMPRESAS DEL SECTOR

Grupo Argos¹¹

El líder del mercado cementero en Colombia es Argos con más del 50% de participación. Argos es el cuarto productor de Latino América, con operaciones en Estados Unidos, Venezuela, Panamá, República Dominicana, y Haití, adicionalmente exporta a otros 18 países. En nuestro país, su presencia se encuentra principalmente en Antioquia, Valle del Cauca, y la costa Atlántica. Recientemente realizó una estrategia de unificar todas sus marcas como una sola, Cementos ARGOS, lo cual lo ha hecho el único grupo cementero que ha realizado esta táctica en nuestro país. Actualmente Argos consta de 14 plantas de cemento en el continente americano, y 11 de ellas en Colombia. Con la implementación de una nueva planta en Cartagena, Argos constará de una capacidad instalada de 13.3 millones de toneladas por año.

¹⁰ Bogotá por ser la capital del país, y ser el mercado más importante para la industria del cemento, se considerará como un departamento, y este ajeno a Cundinamarca.

¹¹ www.argos.com.co

CEMEX Colombia S.A.¹²

CEMEX inicio operaciones en nuestro país en 1996 con la compra de Cementos Diamante, y Cementos Samper. Así convirtiéndose en el segundo mayor productor del sector, y líder de los mercados más dinámicos, como Bogotá. Actualmente consta de 5 plantas cementeras (Tolima, Cundinamarca, y Los Santanderes), obteniendo de ellas una capacidad instalada de 4.8 millones de toneladas por año. Adicionalmente tiene operaciones de concreto y agregados. CEMEX es uno de los líderes mundiales de producción de cemento, con presencia en todos los continentes del mundo.

Holcim Colombia S.A.¹³

Empresa que pertenece el grupo Suizo Holcim, como CEMEX, es uno de los principales productores de cemento del mundo. Con presencia en más de 70 países. En Colombia consta con una sola planta de cemento (Cementos Boyacá) ubicada en Cundinamarca. Su mayor fortaleza es el mercado central del país, y actualmente tiene una capacidad instalada máxima de 1.8 millones de toneladas año. También tiene operaciones de concreto y agregados.

3.1.2 INSUMOS PARA EL PROCESO

Los insumos más determinantes de la industria son Gas, Carbón, ACPM, energía eléctrica, capital de trabajo¹⁴, repuestos, y flete (transporte de materia prima y producto terminado). El constante incremento en los precios del petróleo está afectando los insumos primordiales para la producción de cemento, tales como el ACPM, Carbón y el Flete, haciendo que los costos incrementen y así un constante incremento de precios del producto. Esta es una situación netamente coyuntural, que depende del índice WTI¹⁵, y de los grandes demandantes del crudo como China e India. Los repuestos de la operación también constan de

¹² www.cemex.com.co

¹³ www.holcim.com.co

¹⁴ Capital de Trabajo: Aquellos recursos que requiere la empresa para poder operar (Cuentas por pagar, pago a proveedores, etc.)

¹⁵ Índice de precios del petróleo en EEUU (barril)

una importancia considerable ya que son piezas de gran tamaño, valor, y críticas para la producción.

3.1.3 MATERIA PRIMA

Las materias primas para la elaboración del cemento son:

Caliza: La cual es una piedra que su extracción se hace por explotación controlada de minas. Estas rocas son posteriormente molidas hasta llegar al tamaño requerido. Es la principal materia prima para la elaboración del cemento.

Arcilla: Producto natural que proviene de la descomposición de minerales de aluminio. Tiene una participación en los costos pequeña, pero su explotación es importante.

Yeso: La función primordial de yeso es controlar el tiempo de fraguado, esto es un factor importante para la calidad final del cemento. Se extrae de una piedra natural, mediante deshidratación.

Escoria y Puzolana: Son materiales que constituyen el principal aditivo en el proceso de fabricación, sus cualidades (hidráulicas y conglomerantes¹⁶) hacen que al mezclarse con el clinker haya una reacción física que ensancha el volumen, lo que aumenta la capacidad de producción de las plantas.

3.1.4 ESTRUCTURA DE COSTOS

El proceso de fabricación del cemento es uno de los más costosos y difíciles de la actividad manufacturera. Es un proceso continuo de 24 horas al día, con altos costos. Como descrito en la sección 2.1, el proceso de fabricación es intensivo en el consumo de energía (por sus enormes hornos), lo que aumenta los costos.

¹⁶ Conglomerante: Material capaz de unir fragmentos de una o varias sustancias y dar cohesión al conjunto por efecto de transformaciones químicas en su masa, que originan nuevos compuestos.

Costos Variables

El costo variable es el que se modifica dependiendo de las variaciones del volumen de producción. Si el nivel de actividad de la planta decrece, estos costos decrecen, y si este aumenta, también crecen estos costos. En esta clase entran las materias primas (caliza, yeso, puzolana, arcilla, entre otras.) También afectan los costos variables los insumos energéticos como el Carbón, Gas, Energía Eléctrica, y ACPM.

Costos Fijos

El costo fijo es el que en el corto plazo¹⁷ se mantiene constante (dentro de ciertos rangos) sin importar las fluctuaciones en el nivel de actividad de la empresa. En ocasiones cuando no se produce nada estos costos también existen. En esta clase entran Alquileres, Seguro, Salarios, Mantenimiento, y Mano de Obra. Lo más representativo en el costo fijo es la mano de obra y los repuestos.

3.2 ENFOQUE DE LA DEMANDA

Un sistema de economía de mercado se basa en el juego libre entre oferta y demanda. Cuando se habla de un mercado para un bien determinado, cada comprador y cada vendedor son independientes en sus decisiones y acciones. Así nos aseguramos que sus planes sean acordes a las condiciones netas del mercado, y no de suposiciones o especulaciones sobre posibles comportamientos de dicho mercado. Para lograr un mercado perfecto, debe existir un gran número de compradores y vendedores realizando transacciones pequeñas con las mismas características en relación al volumen total de las transacciones.

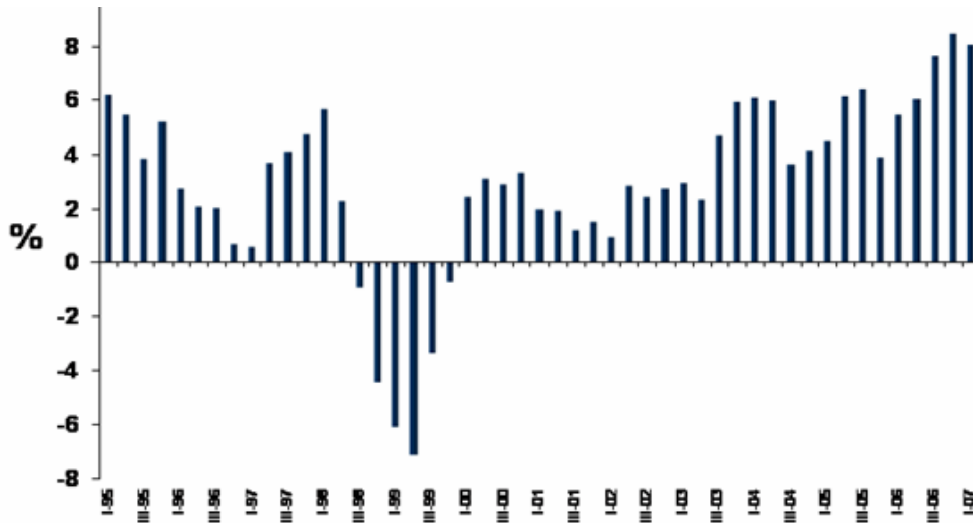
La forma estándar de la demanda, es pensar en una serie de factores que determinan la compra del bien por parte de los consumidores en cada unidad de tiempo, tales preferencias, pueden ser la renta o ingresos en ese período, los

¹⁷ Corto Plazo se entiende como el tiempo en el que no hay plena movilidad de factores.

precios de los demás bienes (sustitutos o complementarios), el precio del propio bien, variables macroeconómicas de la economía (PIB, inversión, inflación, intereses, importaciones, exportaciones, tasa de cambio, etc.), y cualquier otro tipo de variables que pueda afectar la demanda de cada producto.

En este caso, la demanda son los despachos de cemento (variable dependiente) que se vende en el mercado en un periodo determinado. Este mostró una caída preocupante en 1999, una caída del 29% entre 1998 y 1999. En los años siguientes hasta 2004 hubo una relativa estabilidad en las ventas, para después en 2005 dispararse la demanda hasta llegar a un volumen histórico, que representó un incremento entre 2004 y 2005 del 30%. Esto fue causado por la baja de precios del cemento, que bajaron un 44% entre estos mismos años. Durante el periodo estudiado, el CAGR (Crecimiento Anual Compuesto) de los precios fue 8.37%. En términos macroeconómicos el desempeño de la economía colombiana ha mostrando constante mejora. Como se puede observar en la Figura 2, el porcentaje del crecimiento del PIB ha tenido una tendencia al alza. Explicado por la baja en tasas de interés, el aumento de inversión directa extranjera, y la reevaluación de la moneda local, que muestra el fortalecimiento de la economía.

Figura 2



18

En términos de inversión total, en la Figura 3, podemos ver como desde el año 2000 se ha visto un crecimiento constante y sostenido en la inversión total. Razón que nos muestra el buen comportamiento de la economía actual. En inversión como porcentaje del PIB, Colombia se encuentra por encima del promedio regional, como se puede observar en la Tabla 1. Por encima de países como Uruguay, Brasil, y Méjico, entre otros. Colombia ha mostrado una evolución positiva, ya que de estar por debajo del promedio en 2002, pasó a solo estar sobrepasado por Venezuela, Ecuador, y Chile. Al mismo tiempo, los sectores que más han contribuido en el crecimiento y evolución del país en estos años ha sido el sector industrial, comercial, y de la construcción. Mostrando crecimientos del 10.8%, 10.7%, y 14.4% respectivamente. En términos inflacionarios, también se ha visto una notable reducción en el incremento de precios de la canasta básica, ya que de incrementos de casi el 8% en 2003, pasó a un 4% a finales de 2006, lo que genera confianza en la estabilidad económica, y credibilidad de las políticas que adopta el banco central (Figura 4).

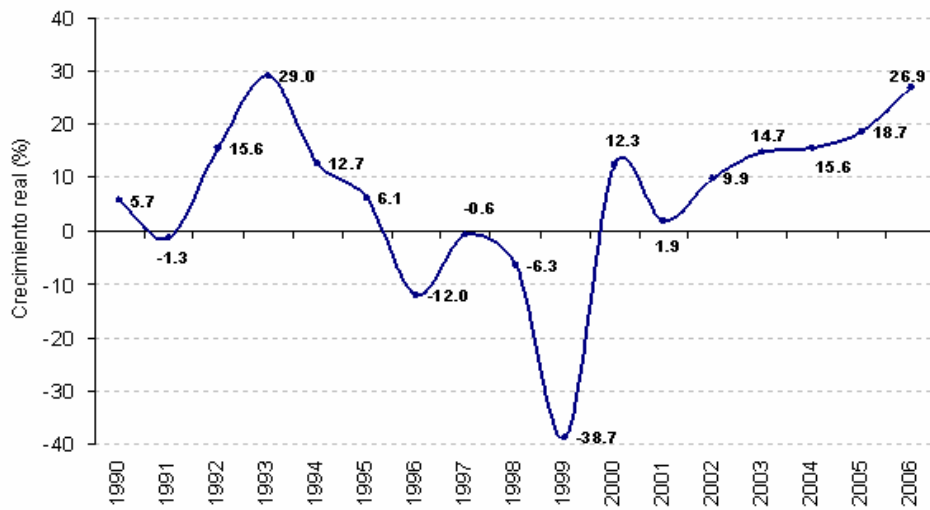
¹⁸ DANE

Tabla 1

Inversión como Porcentaje del PIB						
Pais	2002	2003	2004	2005	2006	Diferencia 2002-2006
Argentina	11,8%	15,2%	18,1%	19,1%	20,8%	9.0
Bolivia	16,5%	14,1%	11,9%	13,7%	14,5%	-2.0
Brasil	19,8%	19,8%	21,3%	20,6%	16,6%	-1.8
Chile	23,8%	24,7%	26,6%	30,5%	25,5%	1.7
Colombia	15,0%	16,6%	18,3%	20,7%	24,6%	9.6
Ecuador	32,3%	26,6%	27,6%	28,9%	28,3%	-5.0
México	22,4%	21,2%	21,8%	21,1%	21,5%	-0.9
Perú	18,1%	18,2%	18,7%	18,9%	23,1%	5.0
Uruguay	10,6%	12,2%	13,3%	13,8%	16,4%	5.8
Venezuela	22,4%	15,7%	25,3%	29,3%	34,5%	11.9
Promedio	19,3%	18,4%	20,3%	21,7%	22,6%	3.3

19

Figura 3



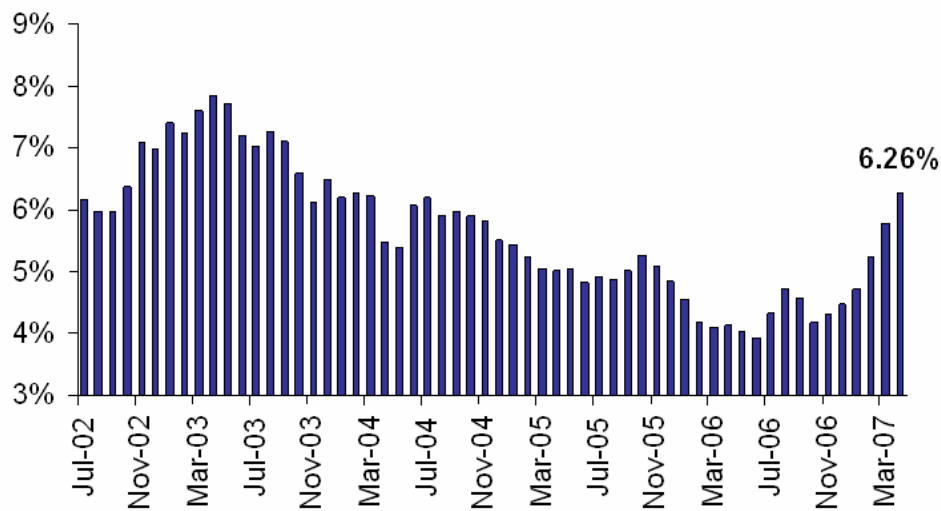
20

¹⁹ Bancos Centrales, Institutos de Estadística.

²⁰ DANE

Figura 4

Tasa de Inflación



21

Finalmente, es adecuado observar y estudiar los productos sustitutos y complementarios del cemento, para así ver sus incidencias en la demanda del cemento. Entre los productos sustitutos del cemento entran el drywall, asfalto, laminado largo (*“metal deck”*) y los prefabricados que no son hechos en concreto, y entre los complementarios entran la arcilla, el hierro, y concreto entre otros.

En los últimos años, la entrada de drywall ha crecido considerablemente. Lo que muestra que el mercado se está volviendo más dinámico y competido. Al punto que recientemente se inauguró la primera planta para la producción de drywall en el país, poniendo así presión en la demanda del cemento. Adicional a este, el mercado siderúrgico en el país está mejorando considerablemente. Con la reciente entrada de la multinacional Votorantim (empresa siderúrgica) el mercado se está dinamizando creando así un componente adicional a tener en cuenta que afecta la demanda del cemento. Por el lado del asfalto, este siempre ha tenido más demanda en el mercado local que el cemento ya que la construcción de vías con concreto tiene un costo mucho mayor y su tiempo de

²¹ DANE

construcción tarde mucho más. Si dichos productos no tuvieran entrada al país, la demanda del cemento fuera más alta.

Pero aún así existe crecimiento en la demanda del cemento dada por el buen comportamiento del sector de la construcción, que también está impulsando el crecimiento de la demanda de arcilla para la fabricación de bloques de ladrillo, y la demanda de hierro, entre otras. El impulso por fortalecer la economía por parte del gobierno y la inversión privada, está llevando también a que haya mayor demanda de concreto para infraestructura, y macro proyectos, lo que también afecta la demanda.

4. REVISIÓN DE LITERATURA

Con el fin de desarrollar una adecuada investigación y lograr que este escrito aporte a sus lectores y al entendimiento de la industria, se estudiaron diferentes documentos sobre la industria del cemento y sus determinantes. Para así observar los modelos que usan estos estudios, entender las variables principales, conclusiones, y sus recomendaciones.

Fedesarrollo en 2007 realizó un estudio sobre la industria del cemento en Colombia, donde estudiaron variables como, PIB (Producto Interno Bruto) de la construcción, PIB de las obras civiles, tasa de interés hipotecaria, IPP (Índice de precios al productor) del carbón, IPP de manufactura, y salarios. Realizaron un modelo VEC (Vector Error Correction, por sus siglas en Ingles), pero su gran aporte es que es el único escrito, de los estudiados, en donde realizan un acercamiento a la micro fundamentación del análisis estadístico. Estudio que vuelve al modelo muchísimo mas confiable y acertado.

Al igual que Fedesarrollo, Arango y Mayorga (1987), usaron variables de ingresos como PIB y de precios, pero al mismo tiempo profundizando mucho en el comportamiento del precio. Usaron variables nominales y reales, para observar la diferencia y la interacción de cada una de ellas. Variables como PIB real (PIB/Deflator), precio nominal del cemento, precio nominal promedio de otros bienes, precio relativo (precio nominal del cemento/precio nominal promedio de otros bienes), precio de bienes relacionados, y variables de aproximación para explicar la actividad del sector edificador. A pesar de su intento de explicar el comportamiento de los precios, el estudio no muestra evidencia de verificación de pruebas estadísticas como la posibilidad de multicolinealidad, heterocedasticidad, o especificación. La utilización de diferentes formas funcionales para modelar las variables como las de precio, fue un criterio interesante para tener en cuenta.

Cárdena y Parra (2006), buscan entender el comportamiento de la demanda del cemento entre 1996 y 2006, que muestre el comportamiento de las variables, y

que arroje pronósticos para entender y predecir el futuro de la industria. Usaron un modelo de regresión lineal múltiple, y las variables fueron: precio, desempleo, IPC (índice de precios al consumidor), demanda de energía, tasa interbancaria, TRM (tasa representativa del mercado), PIB, licencias de construcción. El escrito se basa principalmente en el marco regulatorio, ambiental, y la descripción de la industria. Información que ayuda para el buen entendimiento de la industria, la profundización estadística se deja para futuros trabajos.

En cambio Clavijo Michel y Muñoz (2004), llevan el análisis a uno más profundo, para mirar a detalle el mercado hipotecario y la relación con los principales determinantes que están a nivel internacional. Su profundización estadística se hace por medio de un modelo de MCO (mínimos cuadrados ordinarios), con el fin de examinar la cadena productiva y las estadísticas más importantes del sector de la vivienda y su relación con las condiciones crediticias. Utilizaron variables como el precio de la vivienda, el ingreso rezagado un periodo, la tasa de desempleo, la tasa de interés hipotecaria, el índice de la bolsa, el índice de los costos de la construcción, y la DTF (Depósitos a término fijo) real. Al entrar en tal detalle, los autores usaron variables internacionales, para ver ellas como afectan el mercado local, razón por la cual se evaluarán, que variables internacionales se pueden usar y aplicar en este estudio.

Teniendo en cuenta lo importante que es la verificación estadística, factores importantes como el R^2 deben tenerse en cuenta y analizarse pero en conjunto con otros métodos, no por sí solo, ya que se puede perder credibilidad el modelo. Por ejemplo Lleras, Pérez, y Asociados (1984), estudiaron el mercado del cemento en Colombia, realizando modelos de regresión lineal con las variables PIB y licencias de construcción. Pero en él, no se desarrollaron pruebas para verificar la posible presencia de problemas de autocorrelación, heterocedasticidad o especificación, y el único criterio estadístico que se usó fue el R^2 (correlación entre la variable dependiente y las independientes). Además, el R^2 escogido fue el promedio de lo obtenido por todos los modelos, dándoles un R^2 alto. Cuando existe un R^2 grande, hay un problema de regresiones espúreas, lo que significa que el efecto de la variable independiente no tiene

ningún efecto sobre la variable dependiente. Es importante tener en cuenta esto, ya que existen muchos otros métodos mejor fundamentados y más precisos que solo mirar el R^2 . Este mismo criterio de estimación usó el MINISTERIO DE DESARROLLO (1980), donde llevaron a cabo una regresión lineal con las variables: consumo de cemento, y PIB. Haciendo de este trabajo una razón adicional para no usar solo este criterio y fundamentar aún más los trabajos estadísticos que se realicen.

En cambio Barrios (2002), sí se centralizó en fundamentar estadísticamente todos sus modelos y regresiones que usó, en su trabajo donde quiso determinar variables influyentes en la demanda de cemento gris a nivel nacional, encontrar un conjunto de modelos para proyectar la demanda para los próximos cinco años, y describir las principales características del sector. El autor usó un modelo de regresión lineal, usando las variables: PIB, formación bruta de capital fijo, población anual, índice de precios del cemento, préstamos aprobados por la corporaciones de ahorro y vivienda, licencias de construcción, IPP ladrillo, IPP madera, IPP materiales de construcción, y tasa de interés. El escritor hace un primer acercamiento para la estimación por zonas del país, aproximación que se fundamentó y ayudó para tener en cuenta factores importantes para la estimación departamental que se usará en este trabajo.

Carrizosa (1982), López (1979), y Caracol (1978), nos ayudaron a conocer los primeros acercamientos al estudio estadístico y económico de la industria del cemento. Fueron los primeros escritos donde se realizaron regresiones lineales y donde se usaron más de una variable dependiente.

Con todos los escritos anteriores vimos como usaban variables tan importantes como precio. Rotman y Kelmanzky (1996), estudiaron los determinantes del consumo de Cemento en la Argentina. Realizaron diferentes modelos econométricos con variables como Precio, PIB, precio de m^2 de una propiedad, tasa de interés, el costo de la mano de obra, el consumo del cemento rezagado, licencias de construcción, e insumos de construcción. Al hacer el análisis de cómo incide el precio en la demanda del cemento en términos reales, este no resultó significativo, esto nos hace pensar de que fundamentos tiene esto para

ser posible y el cuidado que se debe tener al realizar el estudio sobre el precio en el mercado nacional, ya que se cree que el precio es de las variables que más incide en la demanda del cemento.

Como se pudo observar anteriormente, los estudios tienen un gran aporte por la referencia que hacen en las variables que usan, y que justificadamente determinan en el consumo del cemento. Como se puede apreciar, todos los artículos indagan el comportamiento nacional y en su gran mayoría con modelos simples de regresión lineal, esto nos hace pensar que es de gran importancia realizar un estudio más profundo. Profundo, en el sentido de usar un método econométrico más fundamentado; como es el de Datos Panel, y a un mayor detalle (departamental).

5. METODOLOGÍA

5.1 ANÁLISIS DE DATOS

Después de un extenso y cuidadoso análisis de las variables usadas en trabajos anteriores, se escogieron las variables que más disponibilidad de datos tienen por departamento, sin descartar unas cuantas variables nacionales que son necesarias para la investigación. Para fines de profundización, se quiso estudiar variables de oferta como: carbón, energía eléctrica, ACPM, gasolina, y gas, para observar adicionalmente como estas afectan la demanda, pero desafortunadamente no fue posible capturar suficiente información histórica para hacer un análisis fundamentado, ya que actualmente no se encuentran datos departamentales de dichas variables desde 1996. Este mismo ejercicio se realizó para otra cantidad de variables y las escogidas fueron las únicas que presentaron información confiable, y consistente para el periodo entre 1996 y 2005. Se eligieron 11 variables para 27 departamentos y la capital (Antioquia, Arauca, Atlántico, Bogotá, Bolívar, Boyacá, Caldas, Caquetá, Casanare, Cauca, Cesar, Chocó, Córdoba, Cundinamarca, Guajira, Huila, Magdalena, Meta, Nariño, Norte de Santander, Putumayo, Quindío, Risaralda, San Andrés y Providencia, Santander, Sucre, Tolima, y Valle). Las variables para el modelo a estimar fueron:

- Despachos de Cemento: Es la variable dependiente del modelo, ella se expresa en toneladas y describe el consumo de cemento²². La serie correspondiente tiene como fuente el Instituto Colombiano de Productores de Cemento (ICPC), para los años 1996 al 2005 y los 27 departamentos incluyendo Bogotá.

²² www.icpc.org.co

- PIB Real (Producto Interno Bruto) Departamental: Es el valor monetario total de la producción corriente de bienes y servicios de un departamento durante un determinado período²³. Ella está expresada en miles de millones de pesos, y en precios constantes. Se denomina como PIB real (PIB/Deflator) ya que se usa un deflactor (variables de precios, IPC, IPP, ICCV), para que se elimine el efecto inflacionario. La serie correspondiente tiene como fuente el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), para los años 1996 al 2005 y los 27 departamentos incluyendo Bogotá.
- PIB Real Edificaciones: Es el valor monetario total de la producción de bienes y servicios correspondientes al sector de la construcción en la rama de edificaciones por departamento. Se entiende como edificaciones todo lo construido que no sean obras civiles (infraestructura), como obras residenciales (Vivienda de Interés Social y No VIS) y no residenciales (Comercio, Industria, Oficinas, y Hoteles, entre otras)²⁴. Ella está expresada en miles de millones de pesos y a precios constantes ya que está deflactado. La serie correspondiente tiene como fuente el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), para los años 1996 al 2005 y los 27 departamentos incluyendo Bogotá.
- PIB Real Obras Civiles: Es el valor monetario total de la producción de bienes y servicios correspondientes al sector de la construcción en la rama de obras civiles por departamento. Se entiende como obras civiles aquellas obras financiadas por el gobierno para el servicio de la comunidad, por ejemplo: puentes, túneles, alcantarillados, represas, y vías, entre otras.²⁵ Conocido también como infraestructura. Ella está expresada en miles de millones de pesos y a precios constantes ya que

²³ www.dane.gov.co

²⁴ Ibíd.

²⁵ Ibíd.

está deflactado. La serie correspondiente tiene como fuente el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), para los años 1996 al 2005 y los 27 departamentos incluyendo Bogotá.

- Población: Es el número total de habitantes por departamento. Ella está expresada en número de habitantes (uno a uno). Ya que solo existen valores anuales para los años 1985, 1990, 1995, 2000 y 2005, se realizó un crecimiento anual compuesto (CAGR Composed Annual Growth Rate por sus siglas en inglés) para completar los años intermedios. La serie correspondiente tiene como fuente el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), para los años 1985, 1990, 1995, 2000 y 2005 y los 27 departamentos incluyendo Bogotá.
- Precios Reales del Cemento: Corresponde al valor en pesos de un saco de 50 kilogramos de cemento gris vendido al consumidor final. Dichos precios se deflactaron con el fin de volverlos precios reales y constantes. Existían unos departamentos donde los datos no eran completos para unos años, para completar las series se calculó el CAGR del precio promedio nacional, y se aplicó el mismo crecimiento para el respectivo departamento. La serie correspondiente tiene como fuente el Instituto Colombiano de Productores de Cemento (ICPC), para los años 1996 al 2005 y los 27 departamentos incluyendo Bogotá.
- DTF (Depósito a Término Fijo): Se calcula como el promedio ponderado de las diferentes tasas de interés de captación utilizadas por los bancos, corporaciones financieras, corporaciones de ahorro y vivienda y compañías de financiamiento comercial para calcular los intereses. La serie se obtuvo del banco de la república, y se utilizó la tasa de cierre de diciembre para cada año desde 1996 hasta 2005, serie nacional.

- Variación % IGBC (Índice General de la Bolsa de Valores de Colombia): Es el índice líder y representativo de la Bolsa de Valores, como su nombre lo demuestra. Él indica el paso ponderado de los precios y las capitalizaciones de las empresas más representativas del país. La serie muestra las variaciones % (año a año) que ha tenido dicho índice. El tiene como origen La Bolsa de Valores de Colombia, y es un índice nacional desde 1996 hasta 2005.
- Tasa Representativa del Mercado (TRM): Muestra la relación que existe entre dos monedas. En el caso Colombiano, se expresa en la cantidad de pesos que se deben pagar por una unidad de la moneda base (en este caso el Dólar). El comportamiento de la tasa es libre, y se transa diariamente, ella depende de la oferta y demanda. Para este caso se seleccionó la TRM de cierre de diciembre para cada año. Ella está expresada en pesos por dólares. La serie correspondiente tiene como fuente el Banco de la República para los años 1996 al 2005 y se manejó una cifra nacional.

Para lograr convertir nuestras variables en reales y a precios constantes, y con el fin de eliminar los efectos inflacionarios, como se habló anteriormente, se utilizaron los siguientes deflatores:

- Variación % del IPC (Índice de Precios al Consumidor): Es el promedio ponderado de un conjunto de bienes y servicios que regularmente son consumidos por las familias (canasta básica), ella relaciona los precios de un periodo con los precios de otro periodo. Esta se basa en la importancia que las familias asignan al gasto, de acuerdo al nivel de sus ingresos²⁶. Se expresa en variaciones porcentuales, y muestra cuanto han cambiado los precios de la canasta básica de un año frente al otro. El DANE reporta IPC para las 13 principales ciudades, estas se usaron

²⁶ Ibíd.

como datos departamentales de las ciudades reportadas, y para los 14 departamentos restantes se utilizó el IPC nacional. La serie correspondiente tiene como fuente el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), para los años 1996 al 2005 y se encuentra nacional.

- IPP (Índice de Precios al Productor): Es el promedio ponderado de los precios de un conjunto de bienes y servicios (de mercados mayoristas) que las empresas venden a otras empresas. Dentro de este índice existen dos categorías, los que corresponden a la etapa de producción (materias primas, materiales intermedios, bienes terminados) y de acuerdo a sus esencias (duraderas o no duraderas) ²⁷. Se expresa en términos porcentuales, y muestra cuanto han cambiado los precios de la canasta básica de un año frente al otro. La serie correspondiente tiene como fuente el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), para los años 1996 al 2005 y se encuentra nacional.
- ICCV (Índice de Costos de la Construcción de Vivienda): Es la variación promedio de los precios de los principales insumos que se usan para construcción de vivienda. Se expresa en términos porcentuales, y muestra cuanto han cambiado los precios de los principales insumos de un año frente al otro. La serie correspondiente tiene como fuente el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), para los años 1996 al 2005 y se encuentra nacional.
- CPI (Consumer Price Index, por sus siglas en inglés): Tiene la misma función que el IPC, pero para Estados Unidos. La serie tiene como origen el Bureau of Economic Census de Estados Unidos, y se seleccionó el índice de cierre del mes de diciembre de cada año, desde 1996 hasta 2005.

²⁷ *Ibíd.*

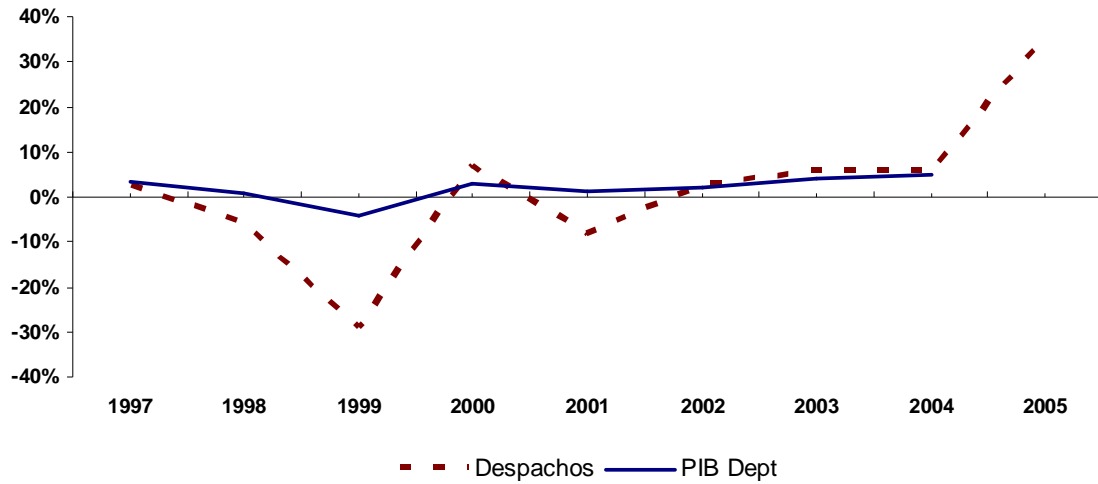
5.2 ANÁLISIS DESCRIPTIVO

Para el análisis del modelo teórico, se van a comparar gráficamente todas las variables independientes (PIB Depto, PIB Edif., PIB Obras Civiles, Población, Precios, DTF, Rendimiento del IGBC y TRM) contra la variable dependiente (despachos de cemento). Esto con el fin de tener una idea certera de cómo esperamos que se comporten los coeficientes del modelo estadístico. Esta comparación solo se va a realizar para los datos nacionales (suma o promedio de los datos departamentales), ya que un análisis por departamento llevará a que este documento sea más extenso y arduo de leer, y así mismo las conclusiones serán similares. Al final daremos un breve análisis de la situación departamental.

5.2.1 ANÁLISIS DE LAS VARIABLES

- Despachos de Cemento vs. PIB Departamental: Haciendo un análisis teórico uno espera que a medida que crecen los despachos, el PIB departamental también se espera que aumente ya que los despachos de cemento determinan la construcción del departamento, afectando así el PIB departamental.

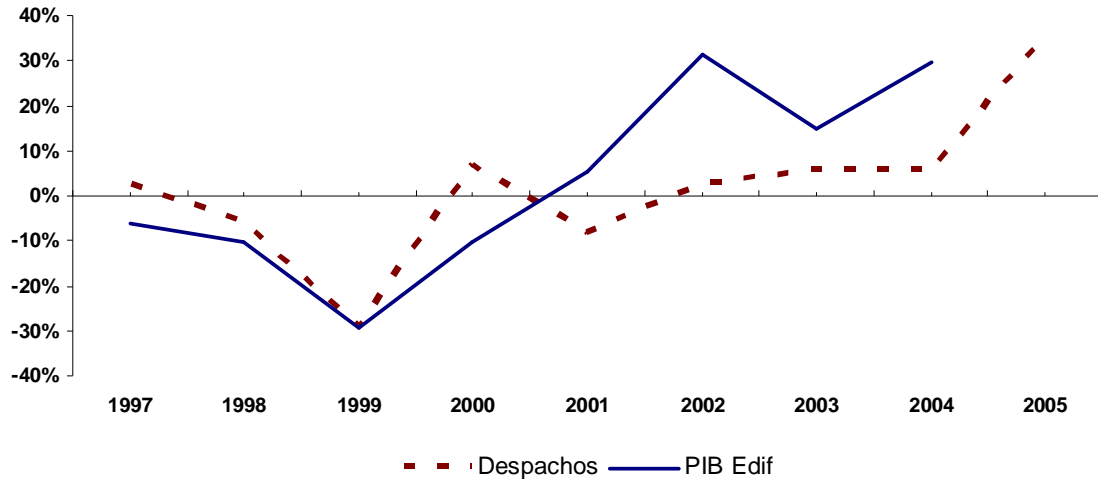
Figura 5



Después de hacer el análisis gráfico (Figura 5), podemos ver que a medida que crece el PIB departamental también aumentan los despachos. Efectuando un análisis de correlación, estas variables presentan un coeficiente de correlación bajo (19.2%) a pesar del análisis teórico esperado. Con esto esperamos que el coeficiente (beta) de esta variable sea positivo.

- Despachos de Cemento vs. PIB Edificaciones: El consumo de cemento (despachos), es un insumo para la construcción de edificaciones por lo que se espera que si aumenta el PIB de las edificaciones, es porque se está construyendo más y demandando más cemento.

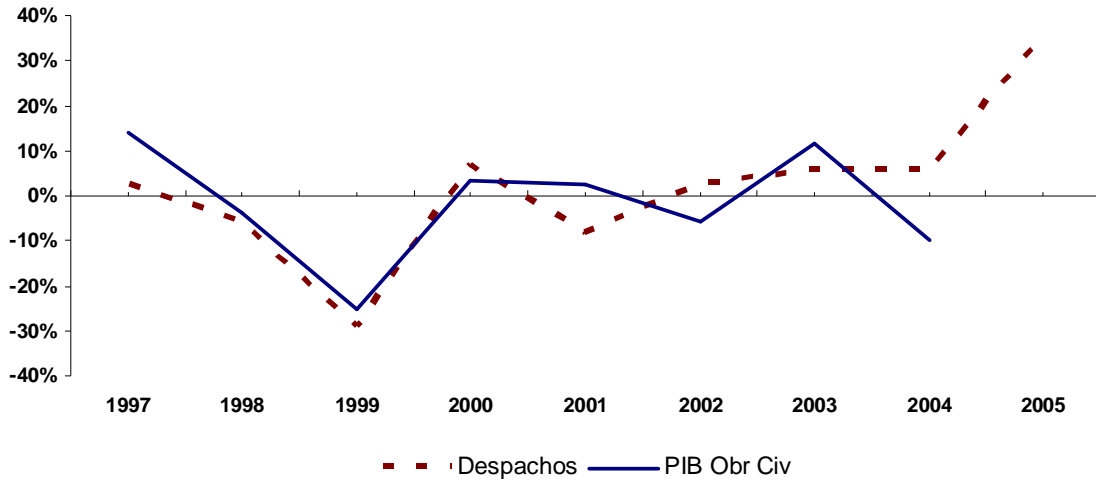
Figura 6



Observando la Figura 6 podemos ver también el comportamiento análogo entre las dos variables, pero se observa un leve rezago. Efectuando el análisis de correlación, obtenemos un coeficiente del 70.2%. En esta variable igualmente se espera un coeficiente (beta) positivo.

- Despachos de Cemento vs. PIB Obras Civiles: Al igual que el PIB Edificaciones, el consumo de cemento (despachos), es un insumo para la construcción de obras civiles (túneles, puentes, represas, etc.) por lo que se espera que si aumenta el PIB de las obras civiles, aumenta la demanda por cemento para las construcción de las mismas.

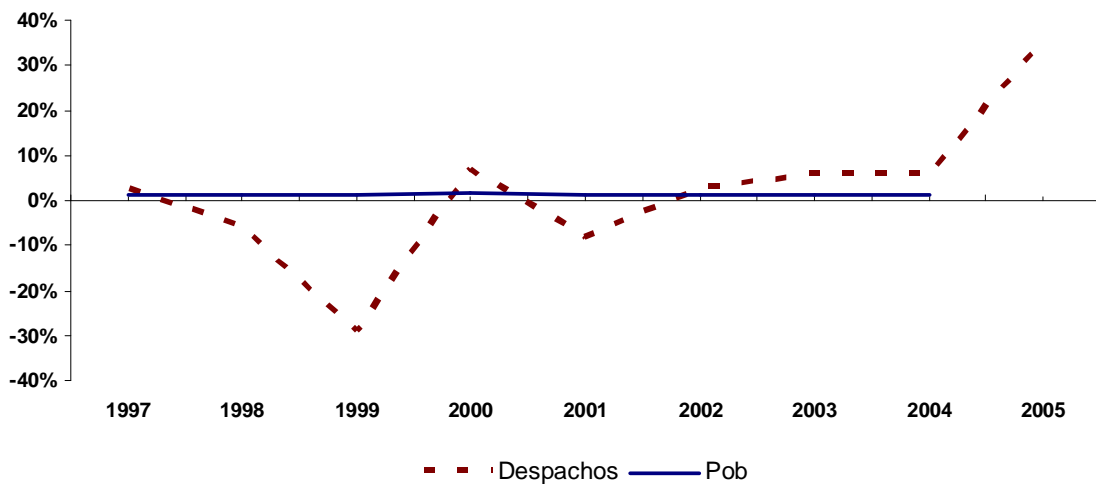
Figura 7



Después de analizar las graficas (Figura 7), se puede observar la paridad visual, en ella esperamos un coeficiente positivo, ya que obtuvimos un coeficiente de correlación del 90.9%.

- Despachos de Cemento vs. Población: Se espera que a medida que aumente la población, hay más demandantes de cemento ya que la población necesita tener vivienda, y por esto los despachos deberían aumentar a medida que aumenta la población.

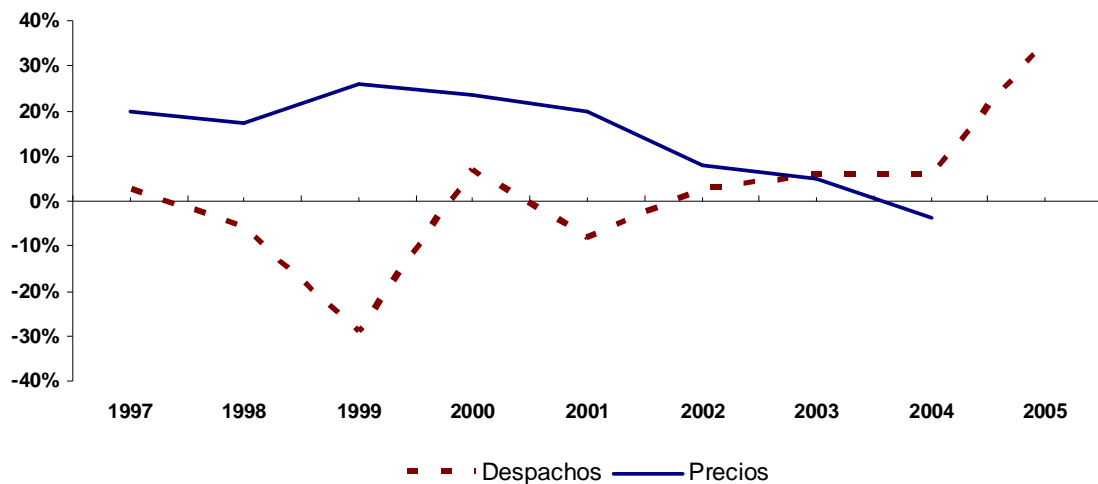
Figura 8



Gráficamente y según la Figura 8, no podemos ver una relación muy clara ya que como explicado anteriormente, los datos de población existen cada 5 años, y se realizó un CAGR para completar los años faltantes, convirtiendo la gráfica en una línea recta con el crecimiento anual respectivo. Pero, según el razonamiento teórico, se espera que el coeficiente sea positivo, pero el coeficiente de correlación nos arrojó un menos 31.8%.

- Despachos de Cemento vs. Precio: Según la teoría económica, la demanda de cemento está en función de su precio, y lo que se espera es que a medida que el precio aumenta la demanda del bien disminuye. Pero también lo que se cree es que el cemento es un bien necesario y poco diferenciado, el consumidor no decide su compra dependiendo del precio. Pero con este estudio esperamos confirmar o desmentir lo pensado.

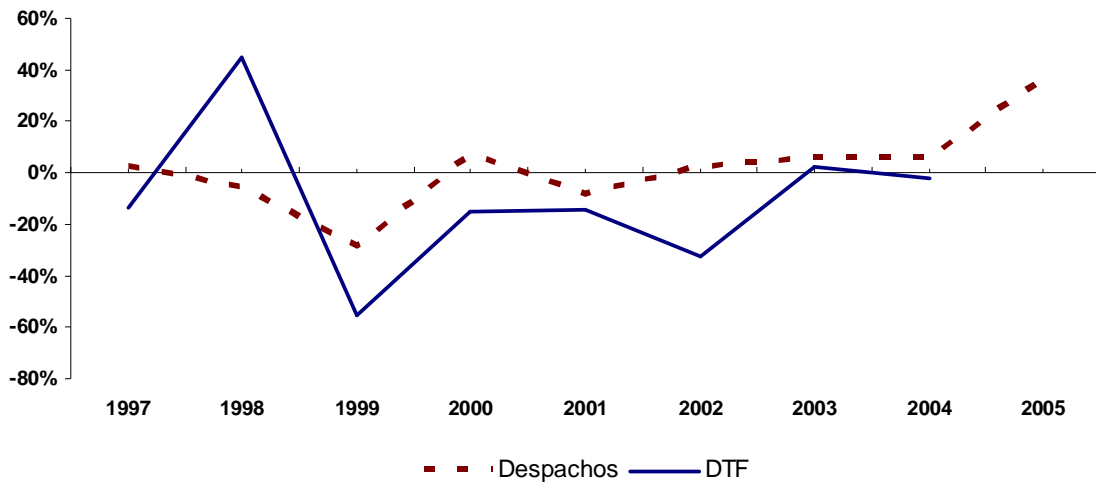
Figura 9



Gráficamente (Figura 9) podemos ver la relación inversa que existe entre las dos variables, es decir, si una aumenta, la otra disminuye, esto corroborándolo con la correlación pertinente de las dos variables, que nos arrojó un menos 80.7%. Teniendo esto en cuenta esto, se espera que el coeficiente sea negativo.

- Despachos de Cemento vs. DTF: Lo que se quiere lograr cuando se aumentan las tasas de interés, es desincentivar el consumo, para que así aumente el ahorro. Por esto se espera que si aumenta la tasa de interés, la gente consume menos cemento.

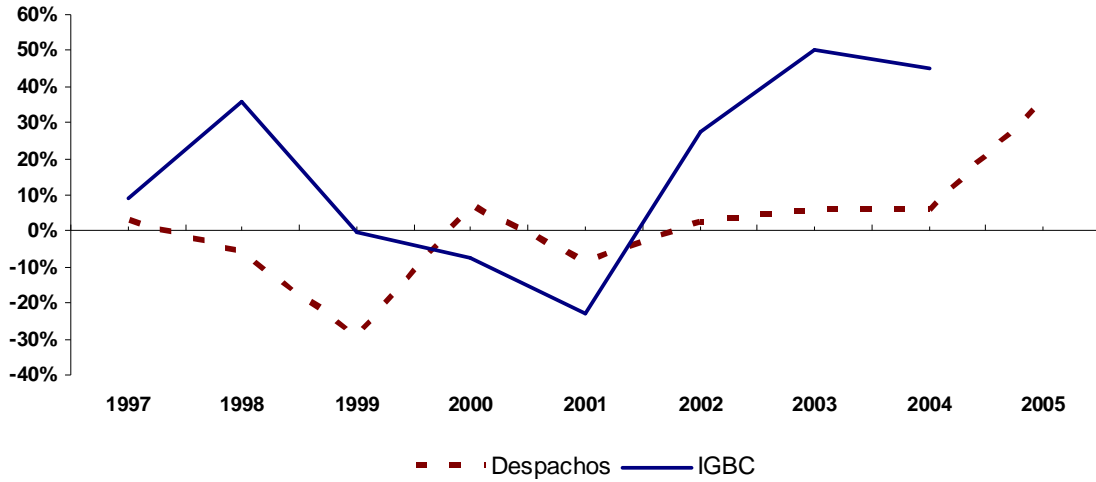
Figura 10



Pero realizando el respectivo análisis visual (Figura 10), se ve una relación positiva, con un coeficiente de correlación del 54.2%.

- Despachos de Cemento vs. IGBC: El Índice que muestra la rentabilidad de las empresas, puede verse como una variable de ingreso. Donde se espera que a medida que ella aumente, aumenta la demanda del cemento.

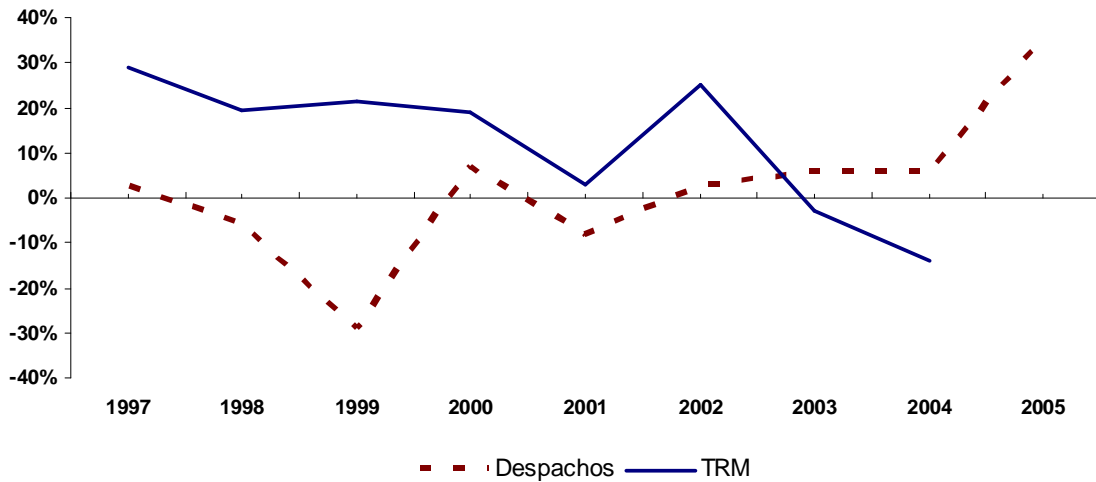
Figura 11



El comportamiento no muestra una clara correlación (Figura 11), al igual que la baja correlación que se obtuvo 54.4%.

- Despachos de Cemento vs. TRM: Se espera que a medida que aumente la TRM, se revalué el peso frente al dólar, lo que hace que el poder adquisitivo de la población aumente, aumentando el consumo de cemento.

Figura 12



El comportamiento gráfico no muestra una tendencia clara (Figura 12), con una correlación calculada de menos 67.3%.

5.2.2 ANÁLISIS DEPARTAMENTAL

Como se ha comentado anteriormente, la demanda del cemento es un indicador claro del nivel de desarrollo de un departamento. Por esto mismo, los departamentos más industrializados (Bogotá, Valle, Antioquia, Atlántico, Bolívar, y Cundinamarca) del país son los que perciben mayor demanda de cemento, pero; ¿Cómo se afectan con las otras variables?

En el caso del precio, los departamentos que mayor cambio en precio han tenido, han sido Santander, Huila, Bogotá, y Tolima, mientras que los de menor variación en el precio han sido Nariño, Norte de Santander, y Cauca.

Al ver los efectos del PIB de la construcción (PIB Edif. + PIB Obr. Civ.) los departamentos que más han crecido durante el periodo fueron Nariño, Bolívar, Cauca, y Córdoba, mientras que Putumayo, Arauca, Casanare, y San Andrés, fueron los que más cayeron.

Finalmente los departamentos con mayor población son Bogotá, Antioquia, Valle, y Cundinamarca. Los de menos población son Putumayo, Casanare, Arauca, y San Andrés. No se observaron más variables ya que las otras son variables nacionales y no cambian por departamento. Este breve análisis nos ayuda para tener una idea y saber que esperar de los resultados del modelo final.

6. MODELO ESTADÍSTICO

En esta sección, se hablará del modelo estadístico aplicado. Primero daremos una breve introducción de lo que es el método econométrico de datos panel. Posteriormente haremos énfasis en los distintos métodos de estimación utilizados en datos panel; como lo son Efectos Fijos, Efectos Aleatorios, y Primeras Diferencias. Entrando en la explicación estadística de los modelos, su significancia estadística y económica, y los problemas encontrados al estimar los modelos. Para finalmente explicar porque optamos por usar modelos dinámicos de datos panel, y más específicamente Arellano y Bond (1991) por encima de los otros modelos estudiados. Con los resultados de la estimación explicaremos los impactos tanto de corto como largo plazo en el ámbito nacional, y en el ámbito departamental explicaremos los efectos no observados por departamento, y estos contrastados con el crecimiento y el tamaño del departamento llegamos a conclusiones sobre la atractividad de cada departamento.

6.1 ¿QUÉ SON DATOS PANEL?

El análisis de datos panel es un análisis longitudinal para estudiar un tema particular entre múltiples individuos, observados periódicamente en un tiempo definido. Se pueden estudiar las dinámicas de cambio entre las variables en dimensiones de tiempo y espacio. La dimensión espacial permite unidades de sección cruzada como países, estados, firmas, commodities, grupos de personas o individuos, y la dimensión temporal permite observaciones periódicas de tiempo sobre la dimensión espacial. Existen varios tipos de modelos analíticos de datos panel, como los modelos de coeficientes constantes, los modelos de efectos fijos, y los modelos de efectos aleatorios. Entre estos tipos, existen modelos de panel dinámico, robusto, y modelos estructurales de

covarianza. En ellas encontramos soluciones de heterocedasticidad y autocorrelación.

6.1.1 ESTIMACIÓN POR EFECTOS FIJOS ²⁸

La estimación por efectos fijos es un método, como dicho anteriormente para estimar parámetros de un conjunto de datos panel. Los estimadores de efectos fijos se extraen de OLS (Ordinary Least Squares, por sus siglas en inglés), por sus desviaciones de la media en cada unidad o periodo de tiempo. Este acercamiento es relevante cuando se espera que el promedio de las variables dependientes vaya a ser diferente para cada unidad de la sección cruzada, o cada periodo de tiempo, pero la varianza de los errores no. En este caso la estimación por medio de efectos aleatorios daría estimaciones inconsistentes de β en el modelo:

$$y_{it} = \alpha + \beta' x_{it} + u_{it}$$

6.1.2 ESTIMACIÓN POR EFECTOS ALEATORIOS ²⁹

La estimación por efectos aleatorios se usa para coeficientes en múltiples comparaciones en donde los efectos son aleatorios, es decir se asume que no hay efectos individuales. Esta estimación se hace por medio de GLS (Generalized Least Squares, por sus siglas en inglés).

$$y_{it} = \beta x_{it} + \alpha_{it} + u_{it}$$

donde se incluye, un alfa, que captura los efectos aleatorios.

6.1.3 ESTIMACIÓN POR PRIMERAS DIFERENCIAS

El modelo y la interpretación del β es la misma que la de efectos fijos, pero lo que cambia es el método de la estimación del mismo β . En primeras diferencias el modelo es el siguiente:

²⁸ Profundización de tema en Wooldridge Cap. 10 Sección 5

²⁹ Profundización de tema en Wooldridge Cap. 10 Sección 4

$$\Delta y_{it} = \Delta x_{it} \beta + \Delta u_{it}$$

donde cada diferencia de variable equivale a la diferencia entre el periodo inmediatamente anterior y el actual para cada grupo. En este método de estimación se busca eliminar el efecto no observado.

Al analizar estos modelos básicos en una estructura de datos panel, podemos ver que cada uno de ellos muestra sus pros y sus contras al momento de realizar la respectiva estimación. Por ejemplo en el caso de efectos fijos, ellos en ocasiones pueden tener muchas unidades de sección cruzada, lo que hace que requiera muchas variables *dummy* para su especificación. Muchas variables *dummy* pueden debilitar el modelo, quitándole valiosos grados de libertad. Haciendo que un modelo con dichas variables tenga muchos problemas de multicolinealidad, causando que incremente el error estándar, y no sea posible estimarlo. Otro problema a tener en cuenta en los efectos fijos, es que se asume que los residuales tienen una distribución normal y homogénea, pero en ocasiones esto puede causar heterocedasticidad y autocorrelación entre grupos, lo que afecta negativamente la estimación también. En los casos donde X_t no cambia mucho en el tiempo, los efectos fijos como las primeras diferencias pueden llevar a estimaciones imprecisas. Lo que hace que uno opte por usar la estimación por medio de efectos aleatorios. Según Wooldridge (2002), cuando NO se usa el acercamiento de variables instrumentales, los efectos aleatorios pueden ser la única salida. Generalmente, los efectos fijos, aleatorios, y primeras diferencias son inconsistentes si la variable explicativa en algún periodo de tiempo esta correlacionada con el error. Al tener en cuenta lo anterior y juntarlo con los problemas de autocorrelación que muestran estas estimaciones, podemos concluir que es mejor realizar y estimar un modelo de datos panel dinámico, para así mejorar la robustez y precisión del modelo a analizar.

6.2 ¿PORQUE ARELLANO Y BOND (1991)? ³⁰

Al tener inconsistencias en los modelos anteriormente explicados, es necesario aplicar modelos de panel dinámicos como lo son los modelos que no contienen variables explicativas exógenas, como es el caso de Arellano y Bond. El método es usar una transformación para eliminar el efecto no observado, después es necesario incluir y buscar variables instrumentales para las variables endógenas en la ecuación transformada. Para poder usar variables instrumentales, se parte de un modelo normal de panel, así:

$$y_{it} = x_{it}\beta + c_i + u_{it} \quad t = 1, 2, \dots, T$$

se le aplican primeras diferencias lo cual nos arroja:

$$\Delta y_{it} = \Delta x_{it}\beta + \Delta u_{it} \quad t = 2, 3, \dots, T$$

y asumiendo que:

$$E(x'_{is}u_{it}) = 0 \quad s = 1, 2, \dots, t$$

$$E(x'_{is}\Delta u_{it}) = 0 \quad s = 1, 2, \dots, t - 1$$

podemos decir que en un tiempo t determinado podemos usar $x^0_{i,t-1}$ como un instrumento potencial para Δx_{it} donde el vector de instrumentos es el siguiente:

$$x^0_{i,t-1} \equiv (x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{it})$$

lo que hace que $x^0_{i,t-1}$ no este correlacionado con el error Δu_{it} . Expresando los instrumentos en una matriz:

³⁰ Wooldridge capítulo 11

$$z_i = \begin{pmatrix} x_{i1}^0 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & x_{i2}^0 & \cdots & 0 \\ \vdots & & & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & x_{i,T-1}^0 \end{pmatrix}$$

Finalmente, la ecuación termina siendo la siguiente, donde se puede ver claramente que no existe el error no observado.

$$\Delta y_{it} = \Delta x_{it} \beta + \Delta u_{it} \quad t = 3, \dots, T$$

Lo más apropiado para estimar esta ecuación en primeras diferencias es usando el método de pooled 2SLS³¹, usando los instrumentos así, $\Delta x_{i,t-1}$, y que todas las variables aplicadas se encuentren en primeras diferencias. Arellano y Bond (1991) proponen usar pruebas de correlación serial en los errores originales, $\{u_{it} : t = 1, \dots, T\}$; pruebas basadas en una estimación GMM (Generalized Method of Moments).

6.3 RESULTADOS DE LA ESTIMACIÓN

Después de correr estimaciones por método de efectos fijos, aleatorios, y primeras diferencias, y compararlos con los resultados obtenidos por la estimación vía Arellano y Bond (1991), vimos que el modelo más acertado fue efectivamente el modelo de panel dinámico anteriormente descrito.

Cuando realizamos la estimación obtuvimos lo que se encuentra en la Tabla 2.

³¹ pooled Two Stages Least Squares, por sus siglas en inglés; para más información leer Wooldridge Capítulo 8 y 11.

Tabla 2

Linear Regression - Estimation by Arellano-Bond
 Robust Standard Error Calculations with Flat Window and 8 Lags
 Dependent Variable DLX
 Panel(10) of Annual Data From 1//1997:01 To 28//2005:01
 Usable Observations 112 Degrees of Freedom 106
 Total Observations 279 Skipped/Missing 167
 Centered R**2 0.400282 R Bar **2 0.371993
 Uncentered R**2 0.486745 T x R**2 54.515
 Mean of Dependent Variable 0.1282596151
 Std Error of Dependent Variable 0.3138989770
 Standard Error of Estimate 0.2487551160
 Sum of Squared Residuals 6.5591854215
 J-Specification(18) 18.886381
 Significance Level of J 0.39885131
 Durbin-Watson Statistic 2.491463

Variable	Coeff	Std Error	T-Stat	Signif
1. Constant	-0.047910863	0.013837028	-3.46251	0.00053516
2. DLX{1}	0.614271590	0.002466940	249.00139	0.00000000
3. DLPRC	-0.504256017	0.040206475	-12.54166	0.00000000
4. DLDTF	-0.388218731	0.055004863	-7.05790	0.00000000
5. DLYCONS	0.119081191	0.023962316	4.96952	0.00000067
6. DLIGBC	-0.018138053	0.026471644	-0.68519	0.49322530

La variable de DLX{1} es los despachos de cemento (x) en función de su pasado en t-1. La variable tiene significancia estadística, y económica al tener el signo positivo como se esperaba. Podemos ver que por cada punto porcentual que aumente los despachos de cemento en t-1, la demanda incrementará en 0.61% en el momento t.

En el caso del precio real del cemento (DLPRC), este también es significativo ya que el nivel de significancia es menor que 0.01%, y el signo es negativo como se esperaba. En este caso podemos inferir que por cada incremento de 1% en el precio, la demanda disminuye en 0.50%. Esto corrobora que el cemento a pesar de ser un *commodity*³², si esta influenciado por cambios en los precios.

Mirando la variable DLDTF, la cual es la variable de tasa de interés, podemos observar significancia económica y estadística. A medida que aumente en 1% la tasa de interés, la demanda de cemento caerá en 0.39%. Ya que es más atractivo para las personas ahorrar que consumir.

El PIB de la construcción (DLYCONS), es estadísticamente significativo como también tiene el signo positivo como lo esperábamos. En este caso, podemos ver que por cada incremento de 1% en el PIB de la construcción, la demanda del cemento aumenta en 0.12%.

³² *Commodity*, es cualquier bien que tiene demanda, pero que su oferta no tiene diferenciación a lo largo del mercado.

Finalmente, al observar el efecto del rendimiento anual del IGBC, vimos que NO es significativo, y tampoco tiene el signo que esperábamos, por esto, no se puede hacer inferencia sobre esta variable.

Los resultados de la estimación de corto plazo nos mostraron que ninguna variable es elástica a la demanda del cemento, esto es porque los coeficientes son menores a 1%.

6.4 IMPACTOS DE LARGO PLAZO

Para poder observar impacto de largo plazo, es necesario contrastar el coeficiente de la variable dependiente rezagada, con los coeficientes de las otras variables incluidas en la estimación.

$$IPL = \beta / (1 - \rho)$$

Realizando el respectivo cálculo matemático, observamos que en el largo plazo, a medida que aumente 1% el precio real del cemento, la demanda cae en 1.31%.

En el caso que aumente en 1% la tasa de interés DTF, los despachos de cemento caen en la misma proporción (1%).

Para el PIB de la construcción, en el caso que aumente en 1%, la demanda de cemento aumentará en 0.31%, el cual claramente refleja que tiene el menor impacto en el largo plazo. Podemos ver los grandes impactos que tienen en el largo plazo los movimientos de precios y tasas de interés. Para la variable de la DTF, es importante saber que esta es una variable no controlada, donde es necesario gozar de un gobierno no intervencionista, que cumpla las metas de tasas y que las mantenga relativamente estables. Para el caso del precio, esta sí es una variable netamente controlable, donde tiene que haber un trade-off, y decidir si es mejor un mayor ingreso en el corto plazo por una medida de incremento de precio, o asegurar unas ventas y un poder de mercado en el largo plazo, manteniendo los precios relativamente estables. Mostrandonos que en el largo plazo la variable precio tiene un impacto mayor al 1%, lo que muestra que

sí hay elasticidad precio de la demanda, para el caso del cemento en el largo plazo.

6.5 ANÁLISIS DEPARTAMENTAL

Al tener una estructura típica de efectos fijos vemos que el error $v_{it} = c_i + u_{it}$ se compone del error propio de las variables incluidas, y un término c_i el cual es el efecto no observado. El efecto no observado, se entiende como todo lo demás que afecta la variable dependiente, pero no está incluida en las variables del modelo. Cuantificar el efecto no observado es útil para tener una cierta idea de que tanta heterogeneidad existe en la población, es decir, observar como se afecta la variable dependiente entre individuos, pero no en el tiempo. El efecto no observado (c_i), pueden considerar factores como: el grado de desarrollo, cultura, accesibilidad, situaciones climáticas, seguridad, educación, democracia, corrupción, y todas las otras variables que son difíciles de cuantificar, pero afectan la demanda del cemento. La c_i se puede calcular de la siguiente forma:

$$\hat{c}_i = \bar{y}_i - \bar{x}_i \hat{\beta}_{FE} \quad i = 1, 2, \dots, N \text{ }^{33}$$

dado que la estimación se hizo por el método de Arellano y Bond, los coeficientes (β_i) que se observaron anteriormente, junto con el promedio de los despachos de cemento (\bar{y}_i), al igual que el promedio de las variables (\bar{x}_i), se usaron para obtener los efectos no observados. En nuestro caso particular; la fórmula es la siguiente:

$$c_i = \bar{l}x_i - \beta_{dlx\{1\}} \overline{l}x\{1\}_i - \beta_{dlprc} \overline{l}prc_i - \beta_{dltdf} \overline{l}tdf_i - \beta_{dlycons} \overline{l}ycons_i$$

obteniendo un vector de los c_i así (Tabla 3):

³³ Wooldridge pg. 273

Tabla 3

Depto	Ci		
Bogotá D. C.	11.82189943	Cauca	10.7269933
Antioquia	11.62703413	Norte Santander	10.72073735
Valle	11.60678	Quindío	10.71543041
Atlántico	11.16239926	Huila	10.69103577
Cundinamarca	11.06621867	Magdalena	10.66300309
Caldas	11.03335429	Cesar	10.58577204
Santander	10.9842113	Sucre	10.53537489
Bolívar	10.98343825	Casanare	10.4824095
Boyacá	10.94090733	Guajira	10.28987864
Tolima	10.90017193	Arauca	9.932666147
Meta	10.87339344	Chocó	9.859971794
Nariño	10.81405751	Caquetá	9.801059362
Córdoba	10.77586486	San Andrés	9.634644662
Risaralda	10.76662759	Putumayo	8.120921053

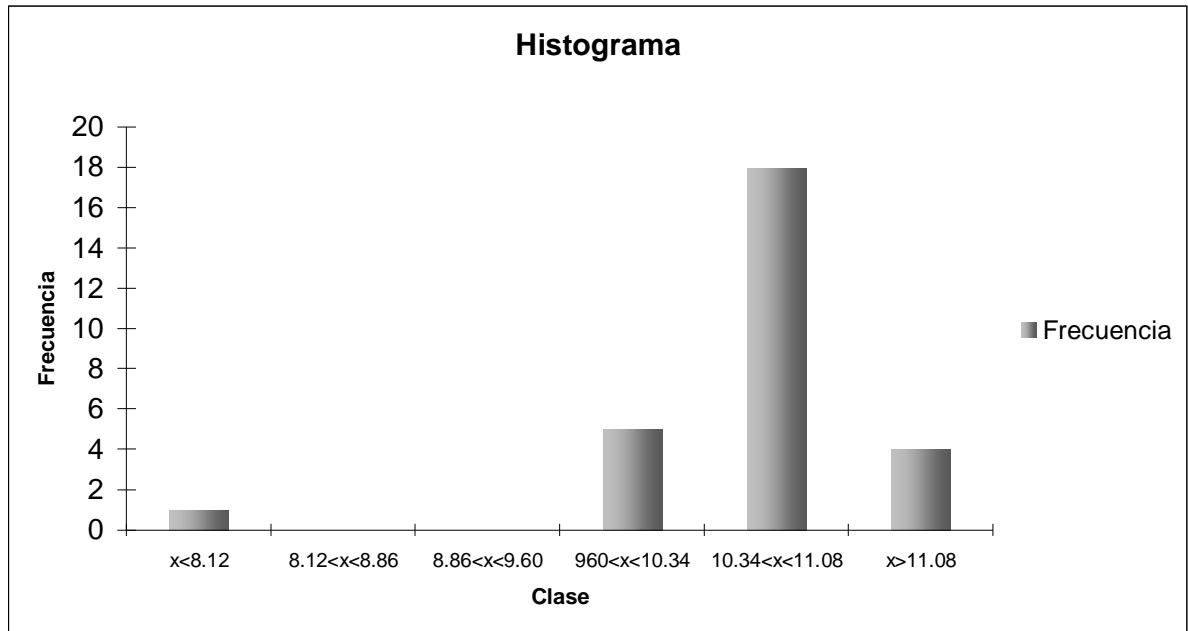
Al detallar la Tabla 3, la cual está ordenada de mayor a menor, podemos ver que los departamentos con c_i desarrollo son Bogotá, Antioquia, Valle, y Atlántico, ya que tienen un efecto no observado mayor que los otros departamentos. Mientras que Caquetá, San Andrés, y Putumayo, son los que presentan los valores menores. Lo que podemos concluir de esto, es que departamentos con altos c_i tienen: un mayor grado de desarrollo, más cultura, mayor accesibilidad al departamento, gozan de un clima favorable, seguridad, mejor educación, más democracia, menos corrupción, entre otras. Mientras que valores pequeños de c_i reflejan los departamentos pobres de nuestro país como lo son Chocó, Caquetá, San Andrés, y Putumayo.

Al organizar dichos efectos en un Histograma podemos ver lo siguiente (Tabla 4 y Figura 13):

Tabla 4

<i>Clase</i>	<i>Frecuencia</i>
$x < 8.12$	1
$8.12 < x < 8.86$	0
$8.86 < x < 9.60$	0
$9.60 < x < 10.34$	5
$10.34 < x < 11.08$	18
$x > 11.08$	4

Figura 13



El histograma nos muestra la distribución de la serie, donde su pico lo componen 18 de los 28 departamentos. A la derecha se encuentran los 4 departamentos con mayor efecto no observado (Bogotá, Antioquia, Valle, y Atlántico), y a su izquierda las 6 departamentos con un c_i menor al promedio. Con un putumayo que está bastante lejos de la media nacional. Con el histograma, podemos ver que no hay dispersión en los datos, ya que existe alta concentración, mostrando que sí hay agrupabilidad en los departamentos (los que se encuentran en el rango $10.34 < x < 11.08$) y con comportamientos similares.

Teniendo en cuenta lo anterior podemos observar la atractividad de cada departamento, para ello es necesario contrastar este efecto no observado previamente calculado, con el crecimiento anual compuesto (CAGR) entre el periodo 1996 a 2005, y este al mismo tiempo compararlo con la demanda total de cemento por departamento para 2005. Con esto obtenemos una gráfica de cuatro dimensiones donde podemos observar cuales son las plazas atractivas para la industria del cemento (ver Anexo 1).

Lo que se encuentra en el Anexo es una tabla, donde el eje x muestra el crecimiento anual compuesto, el eje y el efecto no observado (c_i), y el tamaño de

los círculos es el tamaño de la industria donde la referencia que se encuentra en el lado derecho equivale a 0.5 millones de toneladas al año. Para realizar los cortes, se calcula el promedio del CAGR el cual es 4% y se traza una línea vertical, después se hace lo mismo con el efecto no observado (promedio de 10.6) y se traza una línea horizontal. Así obtenemos los cuatro ejes en la gráfica. Donde lo óptimo es estar ubicado en el eje 1 (CAGR alto, y c_i alto), después en el eje 2 (CAGR moderado, y c_i alto), ya que es preferible gozar de un c_i alto que de un crecimiento compuesto alto, porque generalmente lo que se observa es que los departamentos grandes tienen crecimientos moderados, pero constantes en el tiempo (como en este caso). Finalmente el eje 3 (CAGR alto, c_i bajo), y eje 4 (CAGR y c_i bajo).

Después de haber descrito el Anexo 1, podemos ver que los departamentos más atractivos fueron: Cauca, Nariño, Huila, y Norte de Santander (primer eje). Lo anterior, porque estos departamentos muestran un efecto no observado mayor que el promedio nacional, al igual que un crecimiento anual compuesto significativo. Esto coincide con el análisis descriptivo, ya que en esa oportunidad manifestamos que los departamentos con menor variación en el precio habían sido precisamente Nariño, Norte de Santander, y Cauca, afectando positivamente la demanda. Al igual que mostrábamos que Nariño y Cauca fueron unos de los departamentos que más crecieron en términos de PIB construcción, proporcionando la evidencia necesaria para validar los resultados arrojados. Lo único no favorable para estos departamentos fue el tamaño de la población, ya que son departamentos que tiene una población relativamente pequeña.

Los departamentos menos atractivos fueron, San Andrés y Arauca (cuarto eje). La mayor concentración fue en el segundo eje donde hay un c_i por encima del promedio nacional, mientras que presentaban un CAGR bajo. Los departamentos más grandes se concentran en este eje porque ellos tienen un crecimiento más estable y menos volátil que los más pequeños, pero estar ubicado en este eje no necesariamente quiere decir que no son atractivos. Pero

en este caso es mejor concentrarse en los mercados del primer eje, para después seguir precisamente con este segundo.

Partiendo de un modelo estadístico general, para después con estos resultados llegar a un análisis departamental nos muestra que no necesariamente los mercados más grandes son los más atractivos. Los mercados grandes en este momento en Colombia, son mercados que están sobre ofertados, y según el modelo es mejor ver mercados pequeños que puedan generar más demanda que los grandes.

7. CONCLUSIONES

7.1 RESUMEN

En resumen, el cemento es un insumo primordial para el desarrollo y crecimiento de un país. Su participación en el sector de la construcción es el más determinante, y este es uno de los sectores con mayor importancia en el producto interno bruto de un país. Es por esto, que el estudio de la industria es tan importante para entender la dinámica, desarrollo, y proyección de la economía de un país. Adicional a esto, la industria del cemento tiene grandes barreras a la entrada, ya que tiene altos costos de inversión, un bien poco diferenciado, altos costos logísticos (flete), de mantenimiento, y son necesarias un número considerable de permisos para extracción de recursos naturales y movilización de maquinaria pesada.

En el caso Colombiano existen cinco empresas cementeras (Argos, CEMEX, Holcim, Oriente, y Tequendama), y la mayor parte de la demanda está focalizada en los grandes departamentos del país (Bogotá³⁴, Antioquia, Valle del Cauca, Barranquilla, y Cartagena). La coyuntura económica de los últimos años ha suministrado las herramientas adecuadas para gozar de un crecimiento sostenido de la industria. Herramientas como la inversión extranjera directa, el crecimiento del PIB, y la estabilización de las tasas de interés y de inflación. Razón que corrobora la importancia de tener una economía estable para gozar de una industria en alza, que al mismo tiempo globaliza e industrializa al país.

Después de realizar la estimación correspondiente vía Arrellano y Bond (1991) vimos que ante un cambio de 1% en el precio del cemento, la demanda se afecta en -0.5%, ante un aumento en 1% del PIB de la construcción, la demanda del cemento se afecta en 0.12%, y al aumentar la DTF en 1%, la demanda cae en 0.39%. Los impactos a largo plazo arrojaron que con los mismos cambios en las variables, la demanda se afecta en -1.31% cuando se afecta el precio, en

³⁴ Como dicho anteriormente, Bogotá se considera departamento, por su importancia en la industria.

0.31% en el caso del PIB de la construcción, y en -1% con la DTF. Con esto vemos que la variable más importante y que genera el mayor impacto a la demanda es el precio. En el corto plazo, podemos decir que de todas formas la demanda sigue siendo inelástica ante cambios en los precios (coeficiente menor a 1%), pero en el largo plazo, el coeficiente es mayor a 1%, lo que hace sea elástica ante cambios en los precios.

Al contrastar los resultados de la estimación con los efectos no observados, obtuvimos que los de mayores efectos son los departamentos más importantes del país, Bogotá, Antioquia, Valle, y Cundinamarca. Efectuando el ejercicio de atractividad, donde se contrastaron los efectos no observados con el crecimiento, vimos que los departamentos que más pueden generar una mayor demanda son los de Huila, Nariño, Norte de Santander, y Cauca.

Así llegamos al análisis global del negocio, ya que fuimos desde la explicación del producto, a su proceso productivo, después explicando los impactos que tienen las variables incluidas, para finalmente decir con estos resultados, que departamentos son interesantes para el mercado.

7.2 RECOMENDACIONES PARA FUTURAS INVESTIGACIONES

Lo que busca la estimación por datos panel, es robustecer la estimación por medio de la agrupación de individuos, en este caso los departamentos. Pero al mismo tiempo los coeficientes que arroja dicha estimación es uno general, y no se obtienen datos individuales para cada departamento. Esto fuera posible por medio de una regresión lineal para cada uno de ellos, para así arrojar impactos por departamento, pero desafortunadamente la frecuencia y disponibilidad de datos en el caso actual Colombiano no hace esto posible.

Para profundizar más en el tema y realizar estudios de investigación para apoyar la industria, también se aconseja realizar el mismo estudio para el mercado del concreto y si es posible el de agregados. Haciendo así un estudio total del negocio.

Adicional a esto, se puede realizar una extensión del trabajo realizando cointegración por panel, y/o realizar la estimación por medio de un modelo VAR (Vector Analysis Regression, por sus siglas en inglés), y hacer el respectivo contraste con los resultados arrojados por medio de datos panel, para así ver cual estima mejor la industria. Es necesario aclarar que para realizar una buena estimación VAR, es necesario que la frecuencia y disponibilidad de los datos mejore para el caso colombiano.

8. BIBLIOGRAFÍA

Arango C, Mayorga V. "Proyecciones Econométricas de la Industria del Cemento en Colombia." 1987.

Barrios Claudia Patricia. "El Mercado del Cemento en Colombia, Determinantes del Consumo del Cemento Gris." Tesis de Magíster, UNIANDES, Febrero 2002.

CAMACOL. "Estado Actual y Perspectiva de la Industria del Cemento en Colombia", 1978

CÁRDENAS Y HERNÁNDEZ. *El sector financiero y la vivienda*. Estudio realizado por Fedesarrollo para la Asobancaria, 2006.

CÁRDENAS Y SANDOVAL. *Determinantes de la actividad constructora en Colombia*, 2006.

Cárdenas Juan Carlos, Parra Nelson. "Estudio sobre el comportamiento de la demanda del cemento en Colombia (1996-2006)", Proyecto Magíster de Grado, UNIANDES, Noviembre 2006.

Carrizosa, Mauricio. "Análisis del Sistema de Valor Constante en Colombia." CEDE, 1982.

Clavijo Sergio, Janna Michel, y Muñoz Santiago. "La Vivienda en Colombia, sus determinantes socio-económicos y financieros.", Agosto 2004.

Departamento Nacional de Planeación (DNP). *La Industria del Cemento*, en Revista de Planeación y Desarrollo, Vol. IX, No. 1, 1977

Departamento Nacional de Planeación (DNP). *Cemento y sus aplicaciones*. Documento de trabajo. Estudio realizado por Fedesarrollo para la Constructora Colpatria, 2006.

Fedesarrollo. "La Industria del Cemento en Colombia", Documentos de Trabajo, No. 33, Enero 2007.

Lleras, Pérez, y Asociados. "Estudio del Mercado del Cemento en Colombia, período 1980-2000." FONADE, 1984.

MINISTERIO DE DESARROLLO. "Plan Indicativo de Desarrollo de la Industria del Cemento, 1980.

Ramani K.V., "A Decision Support System to Forecast Cement Demand in India." Information Technology for Development, 1999.

Rodríguez López, Carlos E. "El Mercado del Cemento en Colombia; demanda oferta, precios." Tesis Magíster de Economía, UNIANDES, 1979.

Rotman J, Kelmanzky D. "Determinantes del Consumo de Cemento en la Argentina." 1996.

Wooldridge, Jeffrey M. "Econometric Analysis of Cross Section and Panel Data." The MIT Press. Cambridge, Massachusetts. 2002.

ANEXO 1

ATRACTIVIDAD – COMPARATIVO POR CRECIMIENTO Y Ci

