



Proyecto Final de Ingeniería Industrial

Diferencias en las aplicaciones de los mapas de Entropía de Shannon- Entropía de Permutación para acciones de mercados de valores de países desarrollados y países en vías de desarrollo

Autores: Micheloni, Matías
Miranda, Lucía

Tutor o Docente Guía:
Doctor Redelico, Francisco

Abstract (español)

Tomando conceptos de los estudios de Zunino et Al, se definió un nuevo análisis de las aplicaciones de la Entropía de Permutación aplicada, en este nuevo enfoque, a acciones de mercados de valores, en lugar de índices. El objetivo de este estudio consistió en validar los tres grupos de países propuestos por Zunino et Al en su trabajo en base a las series de tiempos de los índices de mercados de valores, promediando los resultados obtenidos de las acciones analizadas en cada país. Luego, se buscaron las diferencias que existen en éstas agrupaciones cuando se separan las acciones según la industria a la que pertenece la empresa, lo que resultó en algunos casos muy similar (Oil&Gas y Retail, por ejemplo) y en algunos se requirió cambiar los parámetros del análisis para interpretar los resultados (Power&Energy y Telco, por ejemplo). Finalmente, se realizó un estudio de correlación entre las Entropías de Shannon y de Permutación para hallar una posible interpretación financiera de éstos parámetros. De todos modos, los coeficientes de correlación no resultaron ser los suficientemente grandes como para afirmar que exista una correlación entre ambas, aunque es necesario destacar que éste último análisis mostró una correlación sensiblemente mayor entre el riesgo y la Entropía de Permutación para los países en vías de desarrollo que para los países desarrollados.

Abstract (english)

Taking concepts from *Zunino et Al's* work, a new approach for financial applications for permutation entropy was taken to analyze stocks from countries, both developed and developing. The purpose of this work is to understand patterns and behaviors from stocks from a variety of countries and industries, and to group them in the Shannon's entropy-Permutation entropy map. Countries were selected from *Zunino et Al's* work, which established stock market indexes. When the information was available at *Yahoo Finance!*, the stock market indexes components were drafted and stored it's time series of average price per day for over 3,000 days. In the end, 446 stocks in total were selected from Argentina, Austria, Belgium, Brazil, Denmark, France, Germany, Hong Kong, India, Indonesia, Malaysia, Mexico, Singapore, South Korea, Sweden, Taiwan, the United Kingdom and the United States, and grouped into 12 industry groups: Banks, Chemical&Pharmaceutical, Food&Drinks, Holding, Manufacturing&Mining, Oil&Gas, Other Financial Services, Other Industries, Power&Energy, Real Estate&Construction, Retail and Telecommunications. For every stock, Shannon's entropy and Permutation entropy were calculated from its time series, and maps were created by country (grouping by industry) and by industry (grouping by country) locating Shannon's entropy in the x axis and Permutation entropy in the y axis. Conclusions were stronger when analyzing the maps per industry, consolidating by country, where it was able to cluster countries by proximity in the maps. These groups showed similar behavior of certain industries among certain countries, and revealed similarities between industries of developed and developing countries.

Finally, given the "inefficiency" concept associated with entropy, a closer look was taken to assess a possible translation to the "risk" concept. In order to perform this analysis, correlation ratios were calculated between entropies (both Shannon's and permutation) and the standard deviation for the time series of each stock. This analysis was made for both entropies and separating developed countries and developing countries. Results showed that correlation was much stronger for the permutation entropy in the developing countries than any of the other combinations.

Agradecimientos

Agradecemos a Francisco Redelico por su acompañamiento, su paciencia y total disponibilidad, por creer en nosotros y en esta investigación y alentarnos a superarnos.

A nuestras familias por su compañía y apoyo a lo largo de la carrera.

A Guaymallen, por su sabor inigualable.

Índice

1. Introducción	7
2. Materiales	7
3. Métodos	9
3.1 Selección de países	10
3.2 Selección de industrias	11
4. Conclusiones	13
4.1 Análisis por industria	14
4.2 Análisis de correlación con el riesgo	21
5. Referencias	23
6. Anexo	24
6.1 Gráficos Generales	24
6.2 Gráficos por países	27
6.3 Gráficos por industrias	36
6.4 Gráficos de Entropía vs. Riesgo	45
6.5 Empresas relevadas por país y por industria	48

1. Introducción

Basado en las prácticas de Zunino et al. en la evaluación de comportamientos de mercado de valores a través de la herramienta del plano de causalidad complejidad-entropía, este trabajo propone llevar este análisis al plano 'Entropía de Shannon-Entropía de Permutación' y de esta manera estudiar los rendimientos de las acciones de distintos países e industrias del mundo.

Los resultados empíricos llevaron a constatar que la performance de las acciones de los mercados medidas a través del plano 'Entropía de Shannon-Entropía de Permutación' coincide y acompañan los comportamientos observados en el plano de causalidad complejidad-entropía, reconociéndose así bloques de desarrollo económico entre los países relevados. A su vez se pudieron apreciar patrones característicos de ciertos países en concordancia a su posición geográfica y económica.

“ ”

So how's your life?

- Just like everyone else's. Subject to entropy, decay, and eventual death. Thank you for asking.

Amy Farrah Fowler

2. Materiales

El concepto de la entropía en el campo de la teoría de la información es introducido por Claude E. Shannon en la década de 1940 como un parámetro que mide la incertidumbre de una fuente de información [1]. Dicha entropía normalizada podría ser definida a efectos prácticos como:

$$H[P] = -1/\ln(N) * \sum p_i \ln(p_i)$$

Donde P es una distribución de probabilidad discreta tal que $P = \{p_i; 1, \dots, N\}$. N es el número de estados accesibles del sistema, con una única restricción: $\sum p_i = 1$.

Bandt y Pompe [2] retoman el trabajo de Shannon, proponiendo cambiar la manera en que se calcula la distribución de probabilidad discreta P . En la práctica, la entropía de Shannon se calcula con un histograma, donde cada tramo representa un estado posible de la naturaleza, y su número de ocurrencias constituyen su probabilidad. Bandt y Pompe proponen calcular esta probabilidad de acuerdo a la ocurrencia o ausencia de secuencias simbólicas en una serie de tiempo, lo que toma en cuenta la causalidad temporal presente en la misma. Estas secuencias se observan en la serie al tomar segmentos de la misma, y comparando el orden entre valores próximos. La cantidad de elementos que se toman para conformar estos segmentos se conoce como el parámetro de embedding D (que debe ser mayor que 1) y determina la cantidad de secuencias simbólicas posibles ($D!$). Entonces la frecuencia relativa corresponde a la cantidad de ocurrencias de uno de estas $D!$ secuencias simbólicas.

Dada una serie de tiempo $\{x_t: t= 1, \dots, M\}$, un parámetro de embedding D y un parámetro de tiempo τ , se consideran los patrones de orden D generados por:

$$s \mapsto (x_{s-(D-1)\tau}, x_{s-(D-2)\tau}, \dots, x_{s-\tau}, x_s).$$

Para cada tiempo s se asigna un vector de D elementos que resulta de la evaluación de la serie de tiempo para los tiempos $s, s-\tau, \dots, s - (D-1)\tau$. Por patrones de orden D se dice la permutación $\pi = (r_0, r_1, \dots, r_{D-1})$ de $(0, 1, \dots, D-1)$ definida matemáticamente por:

$$x_{s-r_{D-1}\tau} \leq x_{s-r_{D-2}\tau} \leq \dots \leq x_{s-r_1\tau} \leq x_{s-r_0\tau}.$$

Entonces, las frecuencias relativas pueden ser calculadas como:

$$p(\pi_i) = \frac{\#\{s | 1 + (D-1)\tau \leq s \leq M \text{ and } s \text{ has ordinal pattern } \pi_i\}}{M - (D-1)\tau},$$

El presente trabajo retoma el concepto de la eficiencia de mercados de valores elaborado por Luciano Zunino, Massimiliano Zanin, Benjamin M. Tabake, Darío G. Pérez y Osvaldo A. Rosso [3] donde evalúan dinámicas de mercado con la herramienta del plano de causalidad complejidad-entropía.

El mismo menciona los distintos trabajos que conducen a su estudio, incluyendo el de Beben y Orlowski [4]; y Di Matteo et al. [5,6] que descubrieron que los mercados en vías de desarrollo tienen una mayor autocorrelación que los mercados desarrollados, sugiriendo una mayor previsibilidad. En conclusión, los mercados emergentes son menos eficientes que los desarrollados. También se menciona un estudio en que se encuentra una correlación negativa entre la eficiencia de los mercados de valores y la predictibilidad de las mismas [7,8].

El propósito de éste estudio es evaluar los comportamientos de las acciones de distintos mercados de valores de mundo en el plano entropía de Shannon-Entropía de Permutación, para identificar comportamientos similares entre países en vías de desarrollo y países desarrollados, y considerar la entropía como una herramienta para medir el desarrollo de países mediante sus mercados de valores.

Una segunda etapa deriva de la interpretación de la incertidumbre e ineficiencia de

$$u_i = \ln(S_i) - \ln(S_{i-1}) = \ln\left(\frac{S_i}{S_{i-1}}\right)$$

series de tiempo de mercados de valores. Dados los trabajos anteriores mencionados, sería esperable que estos parámetros brindasen información respecto de éstos instrumentos financieros (acciones, bonos, etc.), por lo que sería lógico que exista una correlación entre la entropía de permutación y el riesgo. Para realizar este análisis, se determina el riesgo como el desvío de los retornos de una serie de precios de acción. Por último, el retorno de una acción queda definido como:

3. Métodos

En esta investigación, se estudiaron los índices bursátiles de 18 países referentes y se analizaron las series de tiempo de las principales acciones que los componen. La información fue tomada de la base de datos provista por la plataforma de Yahoo! Finance (<https://finance.yahoo.com>). Si bien para algunos mercados se encontraron un gran número de datos (m) se limitó el mismo a 3000 inputs en concordancia a lo recomendado por la aplicación de entropía de permutación para índices de mercados de acciones [9]. Por otro lado esta condición también limitó el número de empresas tenidas en consideración para cada país, dado que para muchas el historial de precios no era lo suficientemente grande para incluirla en el estudio.

Para cada país se procedió según la siguiente metodología:

- > **1.** Se buscaron los componentes del índice bursátil respectivo a cada país en Yahoo Finance y se clasificó cada acción por industria (Ver 'Selección de industrias').
- > **2.** Para cada empresa encontrada se buscaron los precios históricos de la acción con fecha final Agosto 2013 y lag de un día ($\tau = 1$).
- > **3.** Se descargaron los precios de cierre arrojados por la plataforma cerciorándose que el número de datos sea mayor igual a 3000 y se recopiló la información en un Excel.

Una vez registradas las series de tiempo para cada acción de cada país se corrió el simulador en Matlab para obtener los gráficos por industria y país en el plano de entropía de Shannon vs Entropía de Permutación y sacar conclusiones a partir de ellos sobre el comportamiento de los mercados.

3.1 Selección de países:

Para la selección de países a estudiar se buscó contar con la mayor diversidad posible tanto geográfica como económica para enriquecer el análisis. Tomando como referencia el estudio de Zunino et al [3], se fue acotando la muestra de países por falta de información de la base de datos, (o información incompleta) hasta llegar a la lista de 18 países nombrados.

En total se analizaron 10 países desarrollados y 8 en vías en de desarrollo:

> *Desarrollados:*

- Alemania (DAX)
- Austria (ATX)
- Bélgica (BEL 20)
- Dinamarca (OMX 20)
- Estados Unidos (NYSE 100)
- Francia (CAC 40)
- Hong Kong (HIS)
- Reino Unido (FTSE100)
- Singapur (STI)
- Suecia (OMX 30)

> *En Desarrollo:*

- Argentina (MERV)
- Brasil (BVSP)
- India (BSE)
- Indonesia (JKSE)
- Corea del Sur (KOSPI)
- Malasia (MYX)
- México (MXX)
- Taiwán (TWII)

3.2 Selección de industrias:

La clasificación por industrias se realizó a partir de la información recolectada por país:

Cada empresa que se relevó fue designada a un bloque industrial según el rubro principal donde la misma se desenvolviera. Una vez colectada toda la información y filtrada según los parámetros definidos (m , τ y D) se agruparon las industrias cuyo modelo de negocio fuese similar. Esta fusión de industrias permitió aumentar el número de empresas por bloque industrial y así enriquecer la investigación, siempre procurando tener bloques de industrias similares en tamaño.

El primero de los grupos corresponde al negocio bancario (*Bancos*), ya sea banca minorista o de inversión. Posiblemente, el grupo menos conflictivo en cuanto a su agrupación dado la existencia de muy pocos bancos en cuyo nombre no se especificase el rubro al cual pertenece.

El segundo grupo es el de las empresas químicas y farmacéuticas (*Chem&Pharma*) que también incluye al grupo de las empresas de cuidado personal como Colgate. La lógica para agruparlas residió en la similitud de los procesos, componentes, materias primas y mercados.

El tercero agrupa empresas de alimentos, bebidas y tabaco (*Food&Drinks*) que se caracterizan por ser empresas de transformación de productos agrícolas (commodities) para consumo masivo (ingesta).

El cuarto grupo es el de los *Holdings*, empresas controladoras de varias empresas de diferentes industrias.

El quinto grupo reúne a las empresas de bienes industriales, electrónica, siderurgia, metalúrgica, consumo masivo y de minería, y se lo denominó *Manufacturing&Mining*. Fundamentalmente, todas las industrias productoras de bienes que no consumibles que no entraron en las otras categorías.

Las empresas de petróleo y gas (*Oil&Gas*) es la sexta categoría, mientras que la séptima agrupación corresponde a las empresas de seguros, comercializadoras de tarjetas de crédito y manejo de inversiones a quienes se las agrupó bajo el nombre de Otros Servicios Financieros (*OSF*).

El siguiente grupo corresponde al resto de las empresas de servicios, como consultoría, desarrollo de software, aerolíneas, correos, etc. Ellas fueron llamadas *Otros Servicios*.

En el noveno grupo de empresas se hallan las empresas distribuidoras y comercializadoras de energía eléctrica (*Power&Energy*), mientras que el décimo está integrado por empresas de construcción y comercializadoras de bienes raíces (*RE&Constr*) que tienen en común que su negocio está relacionado directamente al valor de la tierra.

Los últimos dos grupos son el de *Retail*, empresas que comercializan sus bienes directamente al público (department stores, casas de ropa, farmacias y supermercados), y el de las empresas de telecomunicaciones (telefónicas) denominado *TELCO*.

En definitiva, se relevaron 446 empresas de 18 países y 12 industrias distintas (**Fig 5.1** y **Fig 5.2** del Anexo) acorde a los parámetros establecidos anteriormente y las limitaciones de información disponible.

4. Conclusiones

L. Zunino et al pudieron comprobar la existencia de tres bloques en el plano de causalidad, complejidad- entropía [3] correspondientes a los índices de mercado de capitales. Estos bloques fueron denominados: *país desarrollados* (Alemania, Australia, Bélgica, Dinamarca, Estados Unidos, España, Francia, Irlanda, Italia, Japón, Reino Unido, Suecia y Suiza), *países híbridos* (Argentina, Austria, Brasil, Canadá, China, Grecia, Hong Kong, Singapur, Taiwán y Turquía) y *países en vías de desarrollo* (Chile, Corea del Sur, Filipinas, India, Indonesia, Malasia, México, Tailandia y Venezuela).

Como primer ejercicio, se quisieron comparar estos bloques con posibles agrupaciones arrojadas por los datos de este estudio. La agrupación propuesta se puede ver en el **Fig.1.2**, considerando que existe una disparidad en la cantidad de países analizados respecto al estudio de L. Zunino et al.

Entonces, los bloques propuestos por este estudio están compuestos por

- > **X1:** empresas de Alemania, Bélgica, Brasil, Dinamarca, Francia, Estados Unidos, India, Suecia, Reino Unido
- > **X2:** empresas de Austria, Corea del Sur, Hong Kong, Singapur, Taiwán
- > **X3:** empresas de Argentina, Indonesia, Malasia, México

Se destaca la gran similitud que existe entre los bloques de ambos estudios, más allá de la inclusión de países en vías de desarrollo como Brasil e India en el grupo **X1**, así como la promoción de Corea del Sur al bloque **X2** y la democión Argentina al grupo **X3**.

Más allá de las diferencias técnicas entre estudios, sería esperable que las disparidades que existen entre los bloques de ambos radique en que los desempeños de las empresas de este estudio hayan sido marcadamente diferente al de los índices de sus respectivos mercados de valores, es decir que las 7 empresas que se analizan de Argentina en este estudio (Banco Francés, Galicia, Macro, YPF, Siderar, Banco Comercial del Plata y Telecom) han tenido un peor desempeño que su mercado en el período observado. Lo contrario ocurría para Brasil, India y Corea del Sur.

4.1 Análisis por industria:

BANCOS:

En la **Figura 3.1** se puede observar el plano de entropías para la industria denominada Bancos. En la misma no se vislumbra ningún patrón ni agrupamiento posible para los comportamientos de la industria en general.

En un análisis más detallado por país, se encontró que, para aquellos países que contaban con bancos de capital extranjero cotizando en su mercado de valores, éstos tenían mejor desempeño que los bancos locales (tienden a ubicarse cercanos al punto (1;1)). Es el caso de:

- Argentina (**Figura 3.1.1**): el Banco Francés fue adquirido por el banco BBVA español en el año 2001, por lo cual en lo que respecta el período de estudio, se lo considera un banco extranjero.

- Hong Kong (**Figura 3.1.2**): si bien el banco HSBC tiene origen en Hong Kong, la decisión de mudar su casa matriz a Londres en el año 1993 determinó una redefinición geográfica del enfoque de su negocio, por lo que actualmente (y en particular en el período de estudio) se lo considera un banco británico.

- Dinamarca (**Figura 3.1.3**): el banco en cuestión es el Nordea Bank de capital sueco con presencia en Dinamarca desde 1997 cuando adquirió el banco danés Unibank.

CHEMICAL & PHARMACEUTICAL:

En la **Figura 3.2** se puede observar cómo se agrupan los países para la industria química, farmacéutica y de cuidado personal.

Se pueden diferenciar en principio tres grupos de países: el primero siendo los países desarrollados que comprenden a Alemania, Austria, Bélgica, Dinamarca, Francia, Suecia, EEUU y el Reino Unido, un segundo grupo de países híbridos formado por solo Hong Kong y un tercer grupo cuyos integrantes son México y Corea del Sur.

La única modificación que se da respecto de los bloques propuestos por este estudio es la inclusión de Austria en el grupo de los países desarrollados.

FOOD & DRINKS:

La **Figura 3.3** demuestra el comportamiento de las principales industrias alimenticias y de bebidas de consumo masivo de cada país. En esta vista macro se puede realizar una separación entre los países en vías de desarrollo y los desarrollados, demostrando estos últimos tener un mejor rendimiento. Cabe destacar la presencia de Hong Kong dentro del lote de los países en desarrollo

Si se estudia el desempeño de la industria dentro de cada país se observa que en los desarrollados, ésta suele tener un buen rendimiento general, mientras que en los países en desarrollo su rendimiento es medio. Considerando que lo que se analiza este estudio es un resumen de varias empresas, puede decirse que los resultados arrojados terminan siendo representativos de la realidad de la industria.

HOLDINGS:

Para el análisis de las empresas tipo Holdings (**Fig.3.4**) se precisa quitar las empresas de Indonesia, dado que su comportamiento (un "outlier") dificulta la lectura del gráfico, no permitiendo ver las ubicaciones y posibles agrupamientos de los países.

Una vez solucionado este contratiempo (**Fig.3.4.1**) se podría agrupar en 4 grupos a los países restantes:

- Un primer grupo conformado por Bélgica, el Reino Unido y Suecia, siendo éstos los más cercanos al punto de máximas entropías relativas (1;1). De acuerdo al enfoque que se ha utilizado a lo largo del estudio, esto significa que tienen los comportamientos de países más desarrollados para la industria.
- El segundo grupo está conformado por Estados Unidos, Brasil y Singapur. En éste grupo se advierte la presencia de un país del segundo grupo de países: Singapur.
- El tercer grupo está conformado por un país de cada grupo: Dinamarca del primero, Hong Kong del segundo y Malasia del tercero.
- El último grupo está compuesto India, que pertenece al primer grupo, México y Argentina, pertenecientes al último grupo. Aquí también se podría incluir a Indonesia.

El bajo número de empresas a analizar por país tiene un efecto de sesgo en el análisis que resulta en no poder captar tendencias y comportamientos de la industria del país en cuestión, sino solamente la de la empresa. Es por eso que en las industrias donde el número de empresas por país fue mayor, los resultados fueron más concluyentes.

MANUFACTURING & MINING:

En la **Fig.3.5** se observa el mismo análisis para el sector de manufactura y minería, que manifiesta una aglutinación de los países del grupo X1, más Hong Kong del grupo X2, hacia los valores (1;1) de entropía de Shannon y de permutación. Dentro de esta zona se vislumbran, por un lado, los países que se encuentran dentro del cuadrante compuesto por valores de ambas entropías mayores a 0.9 (Reino Unido, Hong Kong, Dinamarca, India, Suecia, Brasil y Estados Unidos), y por otro a tres países limítrofes de Europa occidental: Alemania, Bélgica y Francia, que fuera de su proximidad geográfica, no se ha encontrado explicación o interpretación alguna para tan similar comportamiento.

Luego se pueden identificar a otros países del grupo X2 (Corea del Sur, Taiwán y Austria) más México del grupo X3, que son aquellos países que tienen menores valores de entropía de Shannon, pero similares valores de entropía de permutación.

Por último restan Argentina e Indonesia, pertenecientes al grupo X3, que se encuentran muy separados del resto de los países. Argentina se diferencia de Indonesia por tener valores de entropía de Shannon similares a los de los países más desarrollados.

OIL & GAS:

Los comentarios sobre la industria de petróleo y gas se basan en la **Fig.3.6**, donde se puede observar una segmentación de países totalmente consistente con la que fue hecha al principio de éste estudio.

Por un lado, se observan a los países del grupo X1: Reino Unido, India, Estados Unidos, Brasil, Francia y Suecia. Luego se observa un espacio y más alejado de este primer grupo se ubica Hong Kong, del grupo X2, muy separado de los restantes países, Argentina y Malasia pertenecientes al grupo X3.

La hipótesis que se ha manejado para éstos resultados tan particulares reside en la importancia estratégica que tiene el petróleo y el gas en el desarrollo de las economías. Dado que en la **Fig.1.2** se observan todas las empresas analizadas de manera consolidada y en base a su promedio se armaron los grupos mencionados, es de esperarse que reflejen una conducta similar (aunque sea parcialmente) a la economía en la que se encuentran. Por lo tanto, el comportamiento de la industria de petróleo y gas debiera condicionar el comportamiento de la economía en general.

OSF:

El comportamiento de la industria de Otros Servicios Financieros (**Fig.3.7**), que incluye a las aseguradoras, administradoras de inversiones y otras agencias de negocios financieros que no son bancos, no pareciera tener correlato con las cifras de los mercados en general de la **Fig.1.2**.

Para ésta industria, se observan países de todos los grupos en la zona de entropías más altas: Francia, India y Dinamarca del grupo X1, Austria del grupo X2 y Malasia y México del grupo X3.

Luego, con valores de entropía de Shannon medias, pero entropías de permutación altas, se podrían agrupar a otros tres países: Estados Unidos, Reino Unido y Hong Kong. Un tercer grupo podría conformarse con los países con entropías de permutación altas pero entropías de Shannon bajas, tres países del grupo X1: Bélgica, Singapur y Alemania. Por último, resta Indonesia, que como en casos anteriores se ha podido percibir, siempre se ubica en zona más alejadas del resto de los países en el mapa de entropía de Shannon vs. Entropía de permutación.

OTROS SERVICIOS:

Como se explicó con anterioridad, el resto de las empresas que no pertenecían a ninguna de las industrias que se detallaron para el estudio, se consolidaron en una nueva categoría denominada Otros Servicios (**Fig.3.8**).

Nuevamente, para poder realizar el análisis de ésta industria resulta necesario quitar a Indonesia, ya que distorsiona las posibles agrupaciones emergentes de los comportamientos según país (**Fig.3.8.1**).

En un primer grupo se pueden ubicar a los países del grupo X1: Bélgica y Dinamarca. Luego se ubican otros países del grupo X1: Alemania y Suecia. Y finalmente se podría concentrar a países de distintos bloques, como Taiwan del grupo X3, Hong Kong del grupo X2 e India y Estados Unidos del grupo de X1.

Los países más alejados del punto de máximas entropías se pueden dividir a su vez en otros dos grupos: uno con dos países de X1 (Francia y el Reino Unido) con entropía de permutación alta y entropía de Shannon baja, y otro con un país del grupo X1 (Singapur) y otro del grupo X3 (Malasia), con ambas entropías más bajas.

Si bien el hecho de agrupar varios tipos de industrias, debería provocar que el comportamiento de las entropías sea similar al del observado en la **Fig.1.2**, también es cierto que los sectores más importantes de las economías de los países en estudio no están representados en este grupo de industrias, por lo que pueden darse estas diferencias de comportamiento.

POWER & ENERGY:

Las empresas de producción y distribución de electricidad son empresas consideradas de servicios públicos, y es por ello que, en su mayoría, sus mercados no se rigen con las mismas normas que otros mercados. Por lo general, son monopolios ya sea de empresas estatales privatizadas o del estado, por lo que no están sujetas a las dinámicas propias de mercados abiertos, en especial, a las dinámicas de los precios de acciones en mercados de valores.

Una mirada exhaustiva de la **Fig.3.9** permite vislumbrar que, si bien no hay una agrupación de países en el mapa Entropía de Shannon-Entropía de Permutación, los países de mayores entropías de Permutación son aquellos que pertenecen al grupo X1 más Hong Kong y Austria del grupo X2. Luego se ubica Corea del Sur del grupo X2 y por último Malasia del grupo X3. Por lo tanto, y observando solo el eje de la Entropía de Permutación, se podría concluir que la industria de la producción y distribución de energía eléctrica de Austria y Hong Kong, países pertenecientes al grupo X2, tienen comportamientos más bien parecidos al de los países desarrollados o pertenecientes al grupo X1.

Una observación relevante respecto de ésta industria, son los altos valores relativos de entropía que por lo general muestran sus empresas, algo que se observa con claridad en la **Fig.1.3**. Esto resalta con respecto a los análisis anteriores de tal manera que Power&Energy frente al resto de las industrias tiene el mismo comportamiento que los países del grupo X1 frente al resto de los países. La interpretación de éste resultado es poco clara, ya que a diferencia de los países, resulta difícil de pensar en industrias “desarrolladas”, industrias “en vías de desarrollo” e industrias “híbridas”, como lo había hecho *Zunino et Al* para los países de acuerdo a sus mercados de valores. Un análisis por industria de éste tipo tendría sentido si fuese realizado dentro de cada país, la información que se precisa es similar y se presenta en las **Fig.2.1** a **Fig.2.18**. Sin embargo este análisis excede el alcance del estudio y requeriría la incorporación de otras herramientas y conceptos para la evaluación de similitudes entre los comportamientos de las industrias dentro de cada país y entre países de los mismos niveles de desarrollo.

RE & CONS:

El análisis del mapa Entropía de Shannon-Entropía de Permutación para la industria inmobiliaria y de construcción (Real Estate & Construction) se puede observar en la **Fig.3.10**, en la cuál de inmediato es posible identificar pequeños clusters de países que, a priori, pareciesen estar alineados con los grupos propuestos a partir de la **Fig.1.2**.

En la parte superior-derecha del cuadro, se ubican los países pertenecientes al grupo X1, sin Brasil, y Singapur, del grupo X2, en sub-grupos, de ésta forma:

- Estados Unidos y Suecia, son los países con mayores valores de entropías
- Seguidos por Bélgica, Francia y Singapur
- Luego por Alemania, el Reino Unido y Hong Kong

Después de éstos países existe una separación sobre el eje de la entropía de Shannon, hasta que comienzan a aparecer los países del resto de los grupos de la siguiente manera:

- Austria, del grupo X2, y México, del grupo X3
- Brasil
- Malasia e Indonesia del grupo X3

Las conclusiones que emergen de la **Fig.3.10** son las siguientes:

1. El comportamiento de la industria inmobiliaria y de la construcción de Singapur tiene un comportamiento similar a la misma industria de los países desarrollados, aún cuando este estudio y el de *Zunino et Al* no lo ubican junto a éstos países
2. Lo contrario ocurre con Brasil, la industria inmobiliaria y de la construcción tiene un comportamiento similar al de los países en vías de desarrollo, aún cuando este estudio lo ubica junto a los países en desarrollo y el estudio de *Zunino et Al* lo consideraba un país híbrido.
3. México, considerado un país en vías de desarrollo y perteneciente al grupo X3, tiene una industria inmobiliaria y de la construcción que se ubica en la zona intermedia del mapa de entropías, que sirve de nexo entre países desarrollados y los países en vías de desarrollo.

RETAIL:

En la **Fig.3.11** se pueden ver los resultados arrojados por el estudio para la industria del retail, que incluye a los grandes retailers de comida, vestimenta, department stores y empresas similares.

A primera vista se puede ver que hay muchos más países desarrollados que en vías de desarrollos que tienen empresas que califican para éste estudio. También se puede observar que los países desarrollados, según *Zunino et Al*, (o del grupo X1, según este estudio) tienen valores de entropía relativamente altos respecto al resto de los países y se ubican mayormente en la zona superior-derecha del mapa de Entropía de Shannon-Entropía de Permutación. Un poco por debajo de este grupo de países se ubica Hong Kong perteneciente a los países del grupo X2 y en la zona inferior-izquierda del mapa de Entropía de Shannon-Entropía de Permutación se ubica, por último, México del grupo X3.

Estas posiciones dentro del mapa y la manera en la que fueron agrupados parecen estar en línea con la agrupación propuesta emergente de la **Fig.1.2**. y, por lo tanto, las industrias de los países analizados se comportan de manera similar dentro de los grupos X1, X2 y X3.

TELCO:

Por último, la **Fig.3.12** muestra el análisis de las empresas de Telecomunicaciones, que también son proveedoras de un servicio público, por lo que todas las hipótesis planteadas para la industria de producción y distribución de electricidad (Power&Energy) también debieran aplicarse a esta industria.

En efecto, las grandes varianzas de entropías de Shannon que existen para países de un mismo grupo en el mapa Entropía de Shannon-Entropía de Permutación, permitirían suponer que ésta no brinda información útil para determinar el comportamiento en cuanto al grado de desarrollo de un país frente a la industria, por lo que habría que limitarse al eje de la Entropía de Permutación para ver el ordenamiento que surge del mismo. Si se tomara ése enfoque primero se ubicarían Francia, Suecia, el Reino Unido, Dinamarca, Estados Unidos y Alemania del grupo X1, luego, a una distancia apreciable respecto del primer grupo, se ubicaría Hong Kong del grupo X2, y finalmente Taiwan, Argentina y Malasia del grupo X3.

Se observa que dicho agrupamiento no presenta modificaciones respecto al propuesto al principio del estudio en la **Fig.1.2**, lo que pareciera indicar que las hipótesis para el análisis de las industrias de servicios públicos no serían incorrectas.

4.2 Análisis de correlación con el riesgo:

Al comienzo del estudio se planteó la posibilidad que existiera alguna relación entre las entropías y los riesgos emergentes de las series de precios de acciones analizadas.

Para realizar este análisis se ubicaron en un gráfico de dispersión a todas las empresas relevadas durante el estudio. Este procedimiento se realizó para ambas entropías, para el total de empresas y para países desarrollados y en vías de desarrollo, con el objetivo de analizar si la correlación es más fuerte para alguno de los grupos de países en particular.

En la **Fig.4.1** y **Fig.4.2** se pueden ver las diferencias entre las correlaciones del riesgo con las Entropías de Shannon y de Permutación para todas las empresas analizadas. En el mismo se puede ver que la correlación (R^2) es casi el doble para la Entropía de Permutación que para la Entropía de Shannon, sugiriendo que la primera contiene mayor información en lo que al riesgo de la acción respecta que la segunda. Sin embargo, el valor de la correlación para la Entropía de Permutación es de 0.23, valor que resulta bajo y, por ende, no se puede afirmar que exista una correlación fuerte entre el riesgo y la Entropía de Permutación.

Luego, en **Fig.4.3**, **Fig.4.4**, **Fig.4.5** y **Fig.4.6** se observan los gráficos de dispersión y sus correlaciones para desagregado entre países desarrollados y en vías de desarrollo. Para los países desarrollados los coeficientes de correlación son mucho más bajos que en el caso anterior, siendo menores a 0.1. Llama la atención, a su vez, que para éstos países pareciera que existe una mayor correlación entre el riesgo y la Entropía de Shannon que con la Entropía de Permutación, siendo los coeficientes de correlación 0.07554 y 0.02828 respectivamente, resultando la primera más de dos veces la segunda.

Algo totalmente distinto ocurre para los países en vías de desarrollo, donde los coeficientes de correlación son 0.14272 para la Entropía de Shannon vs. Riesgo, y 0.36814 para la Entropía de Permutación vs. Riesgo. En este caso, la correlación vuelve a ser más fuerte para la Entropía de Permutación, más de dos veces más grande que el coeficiente de correlación para con la Entropía de Shannon, lo que indica que explica mejor el riesgo de las acciones de éstos países en vías de desarrollo. Aunque en éste caso los valores de los coeficientes de correlación son mayores, aún resultan

demasiado pequeños para afirmar que exista efectivamente una correlación fuerte entre el riesgo de la acción y la Entropía, ya sea de Shannon o de Permutación.

En conclusión, ni la Entropía de Shannon ni la Entropía de Permutación evidencian una fuerte correlación con el riesgo de las acciones de las empresas analizadas, siendo ésta mucho menor en el caso de los países desarrollados (donde una tenue correlación existía con la Entropía de Shannon) que para los países en vías de desarrollo (donde una correlación algo mayor existía con la Entropía de Permutación).

5. Referencias

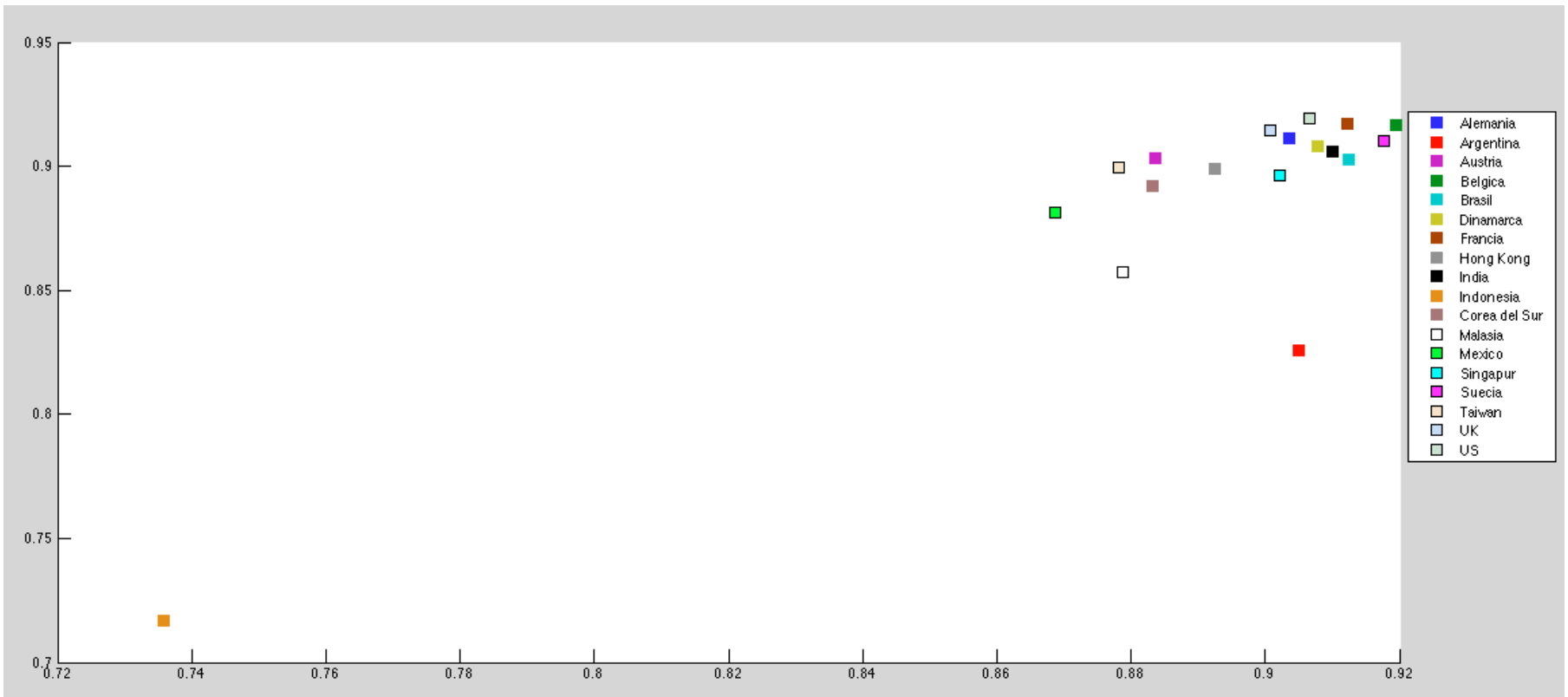
- > [1] Shannon, Claude E. (July–October 1948). "A Mathematical Theory of Communication". Bell System Technical Journal 27 (3): 379–423.
- > [2] C. Bandt, B. Pompe, Permutation entropy: A natural complexity measure for time series, Phys. Rev. Lett. 88 (2002) 174102.
- > [3] Luciano Zunino, Massimiliano Zanin, Benjamin M. Tabake, Darío G. Pérez, Osvaldo A. Rosso (May 2010), Complexity-entropy causality plane: A useful approach to quantify the stock market inefficiency, Physica A 389 (2010) 1891-1901
- > [4] M. Be ben, A. Orlowski, Correlation in financial time series: Established versus emerging markets, European Phys. J. B 20 (2001) 527-530.
- > [5] T. Di Matteo, T. Aste, M.M. Dacorogna, Scaling behaviors in differently developed markets, Physica A 324 (2003) 183-188.
- > [6] T. Di Matteo, T. Aste, M.M. Dacorogna, Long-term memories of developed and emerging markets: Using the scaling analysis to characterize their stage of development, J. Bank. Finance 29 (2005) 827-851.
- > [7] C. Eom, S. Choi, G. Oh, W.-S. Jung, Hurst exponent and prediction based on weak-form efficient market hypothesis of stock markets, Physica A 387 (2008) 46304636.
- > [8] C. Eom, G. Oh, W.-S. Jung, Relationship between efficiency and predictability in stock price change, Physica A 387 (2008) 55115517.
- > [9] Riedl, M., Müller, A., Wessel, N.: Practical considerations of permutation entropy, Eur. Phys. J. ST, 222(2), 249-262, 2013.

6. Anexo

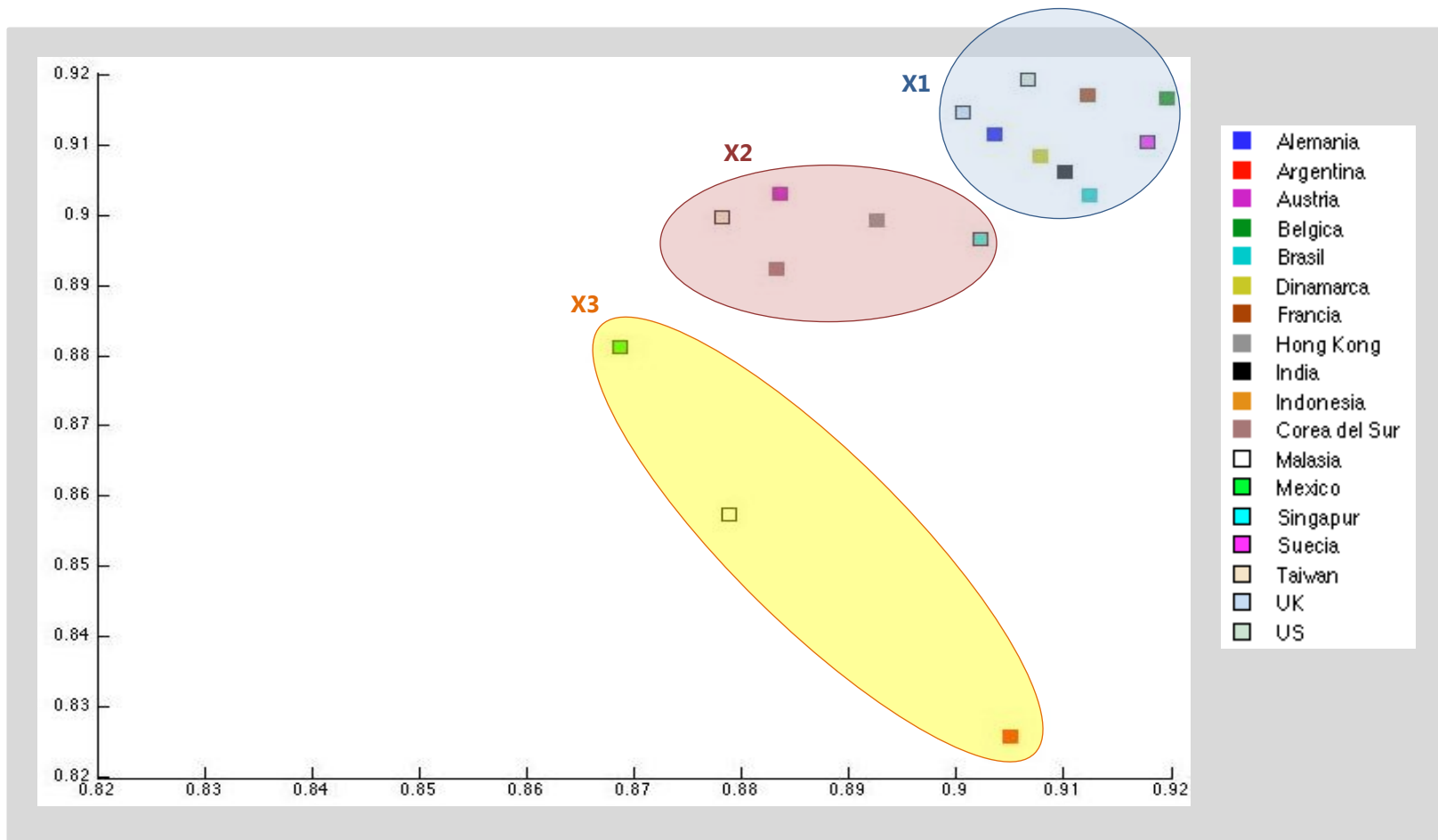
En esta sección se presentan los resultados obtenidos en el plano de Entropía de Shannon vs Entropía de Permutación, luego de correr la simulación por Matlab por país y por industria.

6.1 Gráficos Generales:

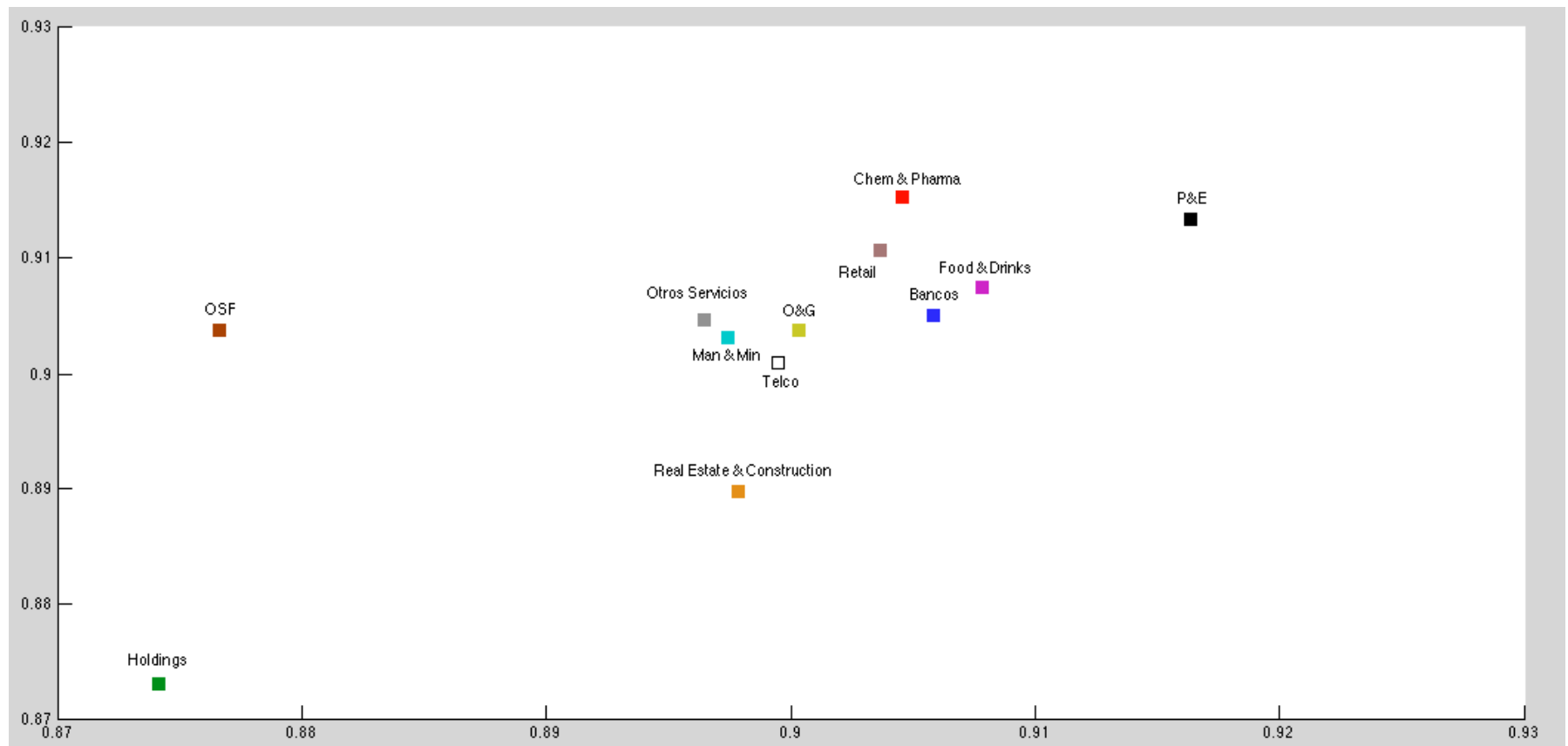
> Fig1.1: Consolidado por País



> Fig1.2: Consolidado por País sin Indonesia

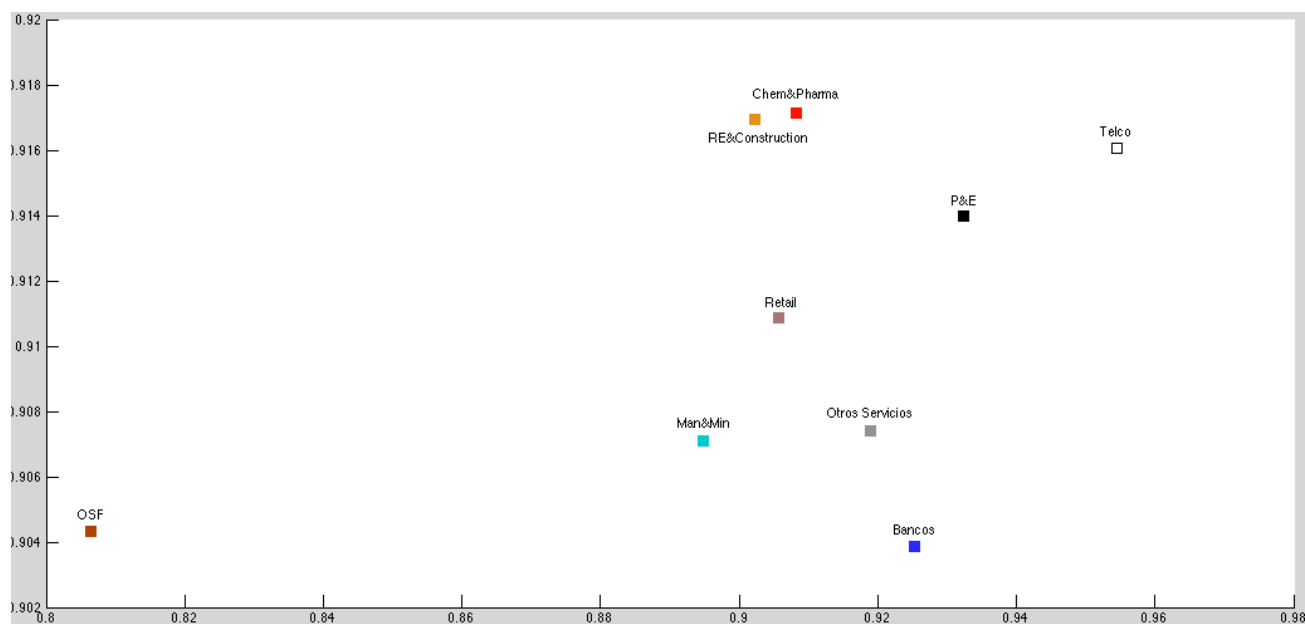


> Fig1.3: Consolidado por Industria

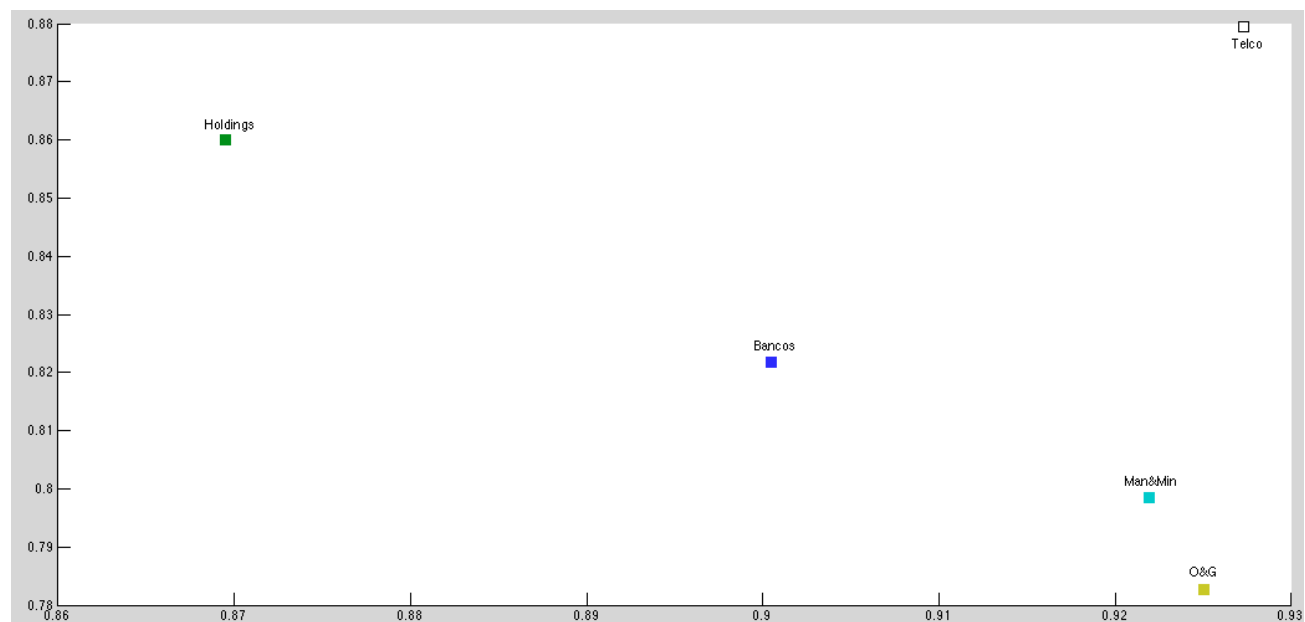


6.2 Gráficos por países:

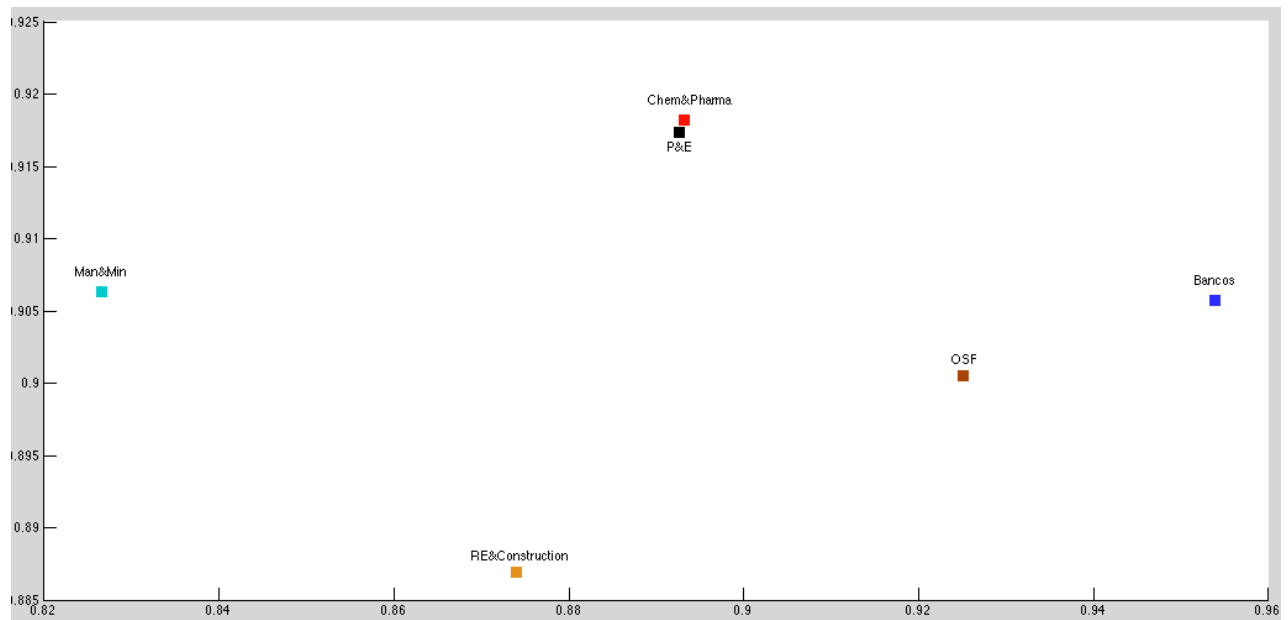
> Fig2.1: Alemania Consolidado:



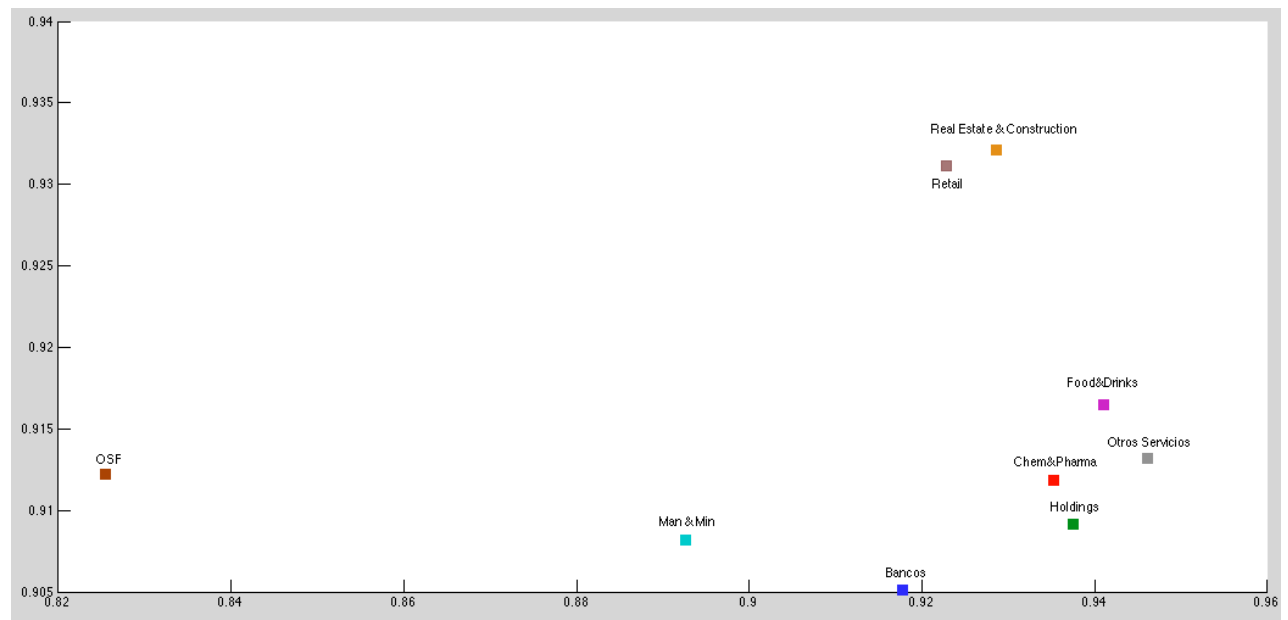
> Fig2.2: Argentina Consolidado:



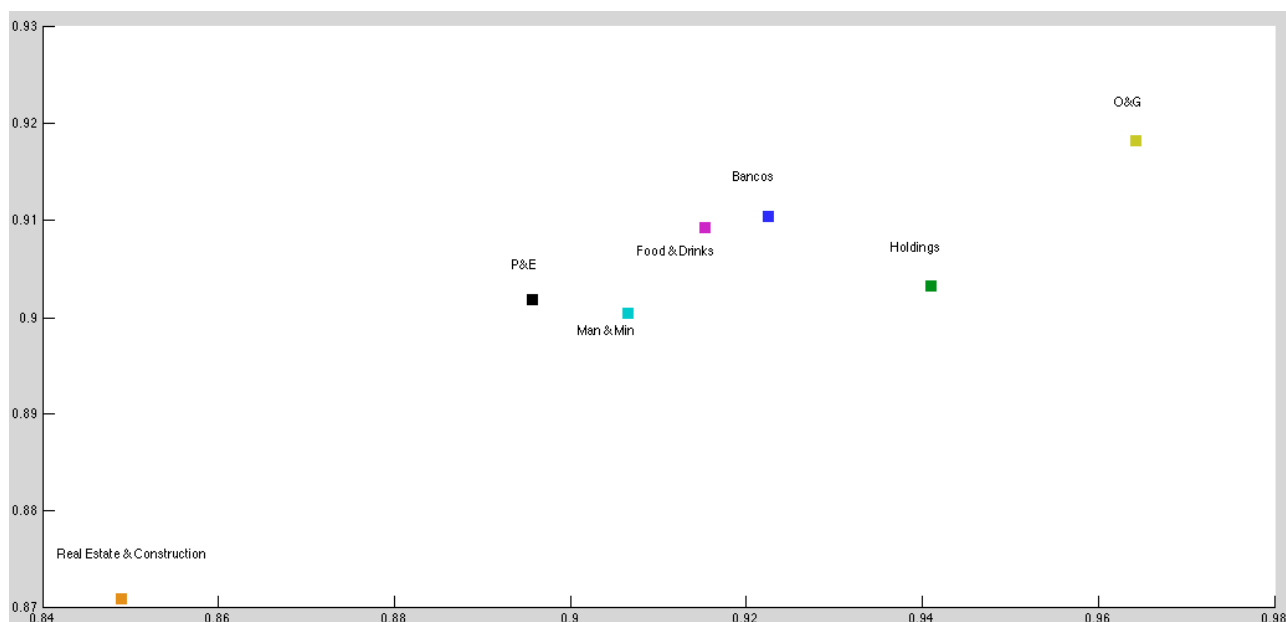
> Fig2.3: Austria Consolidado:



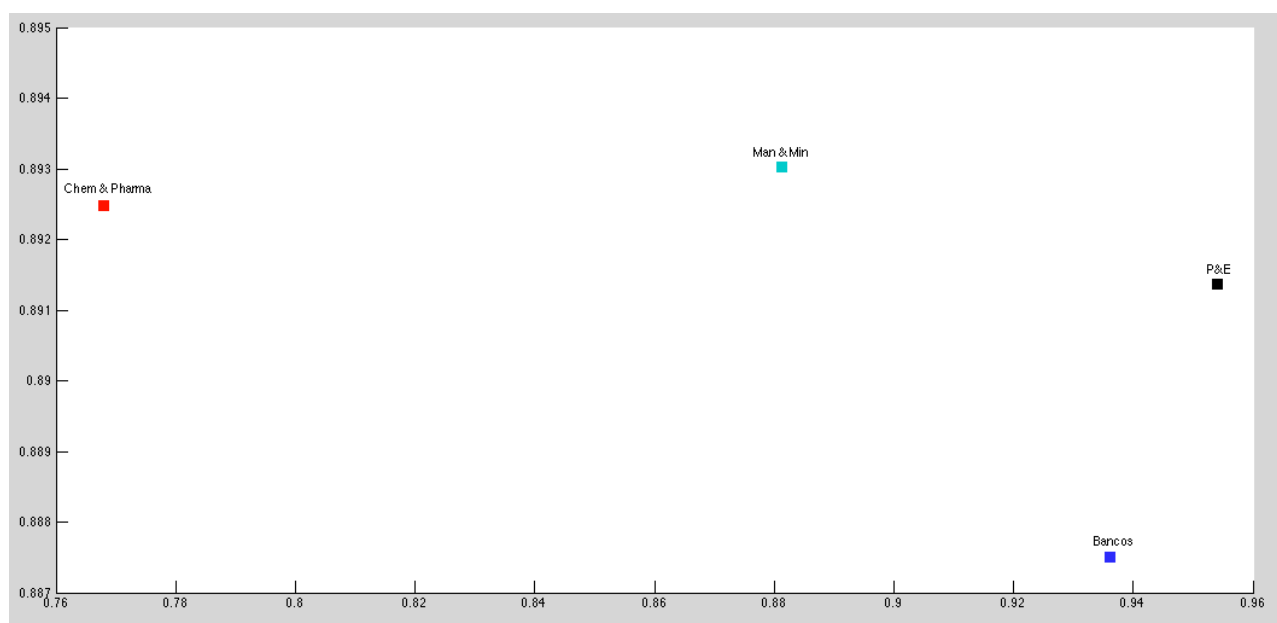
> Fig2.4: Bélgica Consolidado:



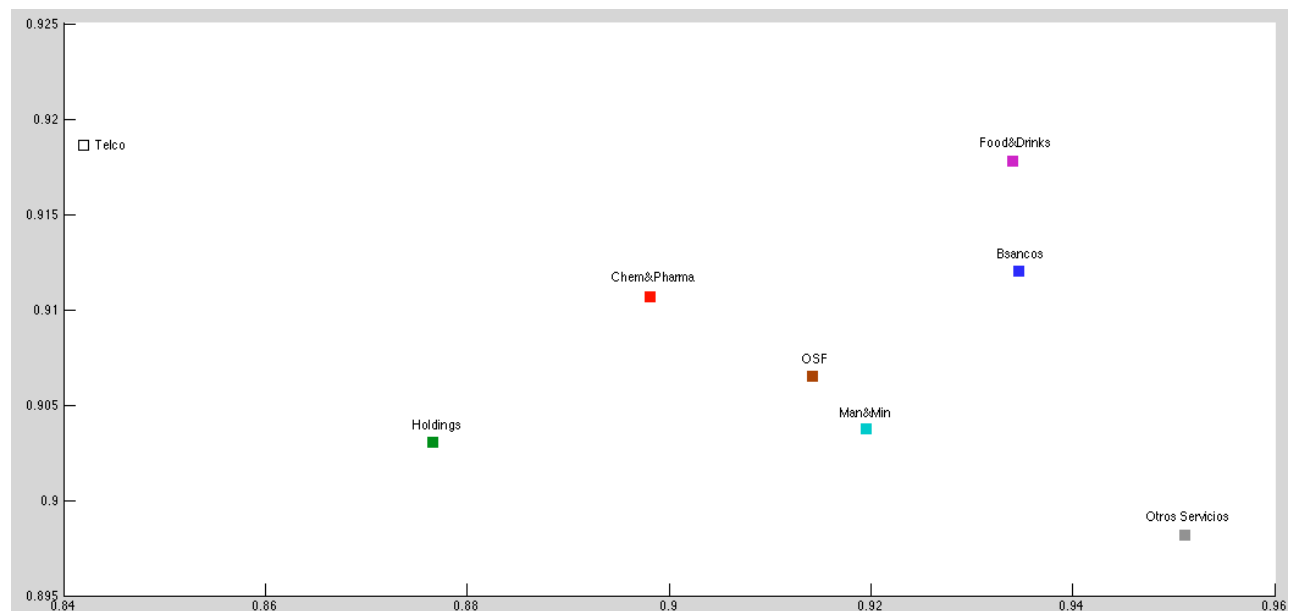
> Fig2.5: Brasil Consolidado:



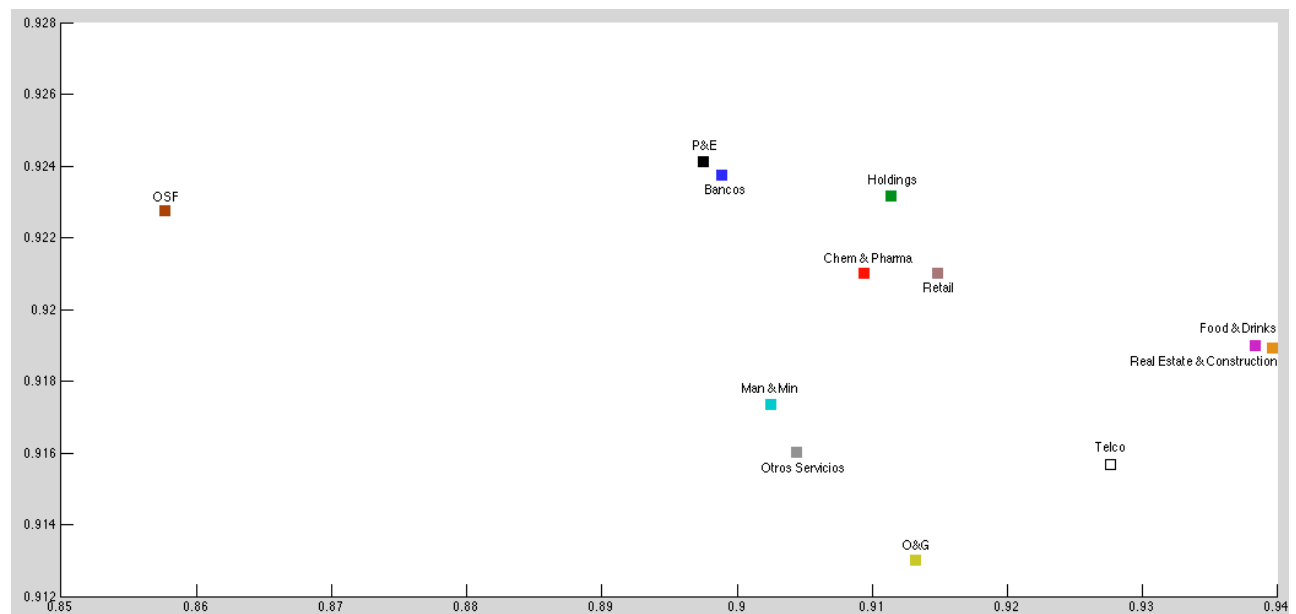
> Fig2.6: Corea del Sur Consolidado:



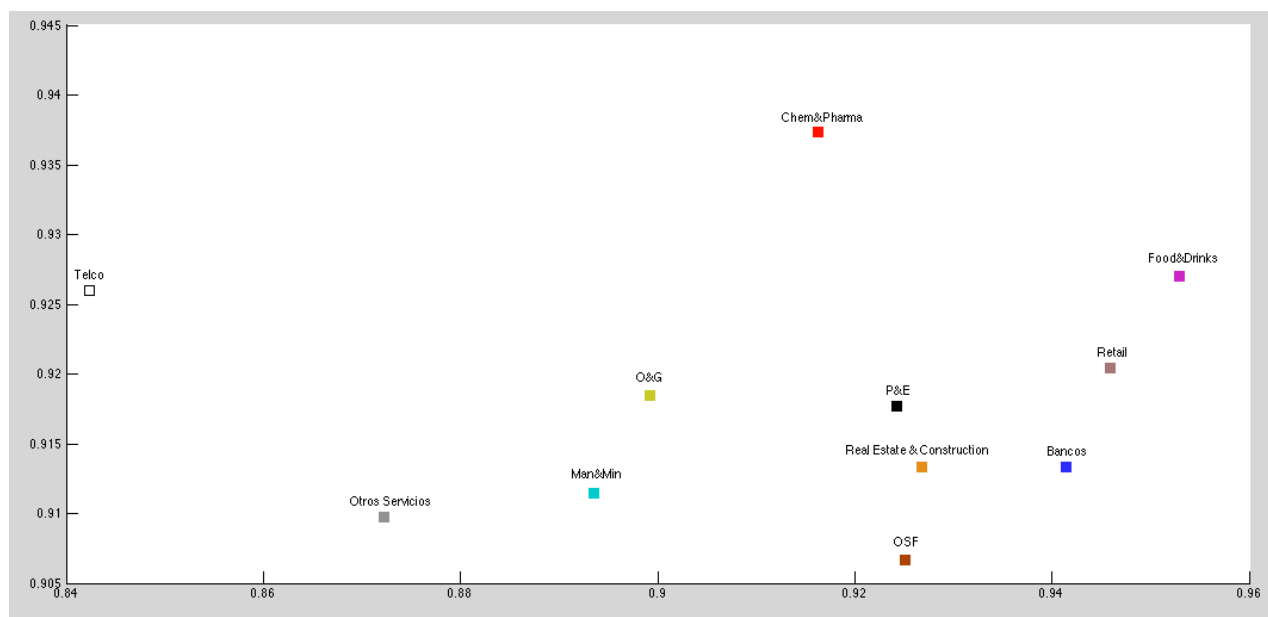
> Fig2.7: Dinamarca Consolidado:



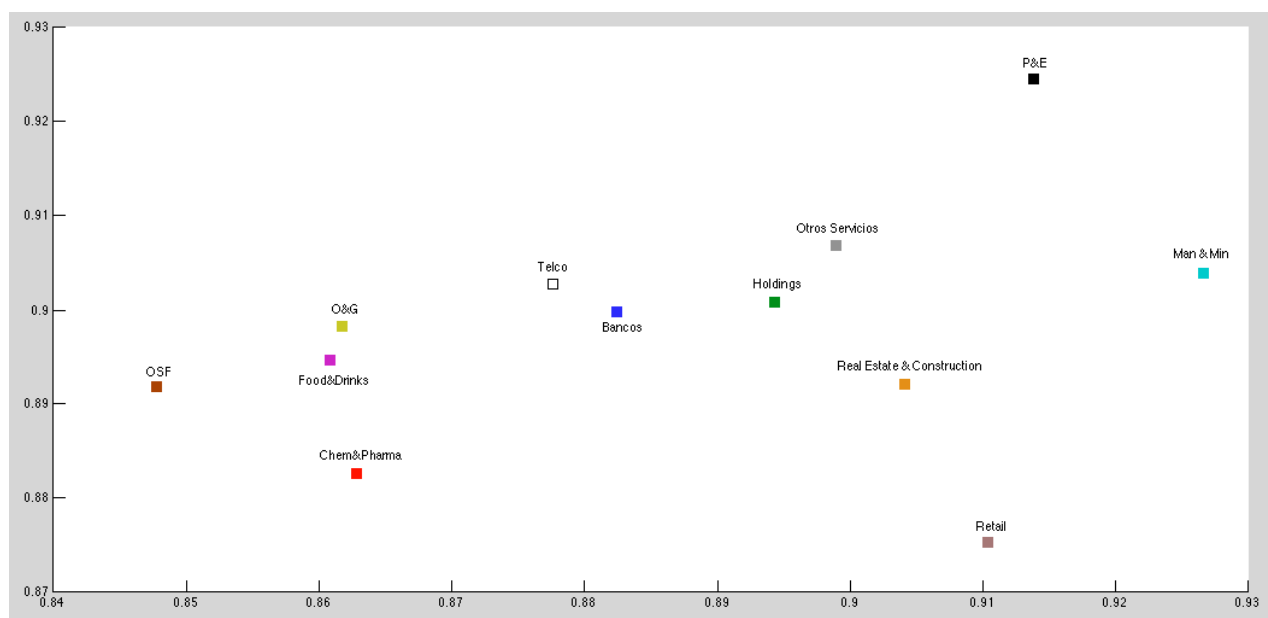
> Fig2.8: Estados Unidos Consolidado:



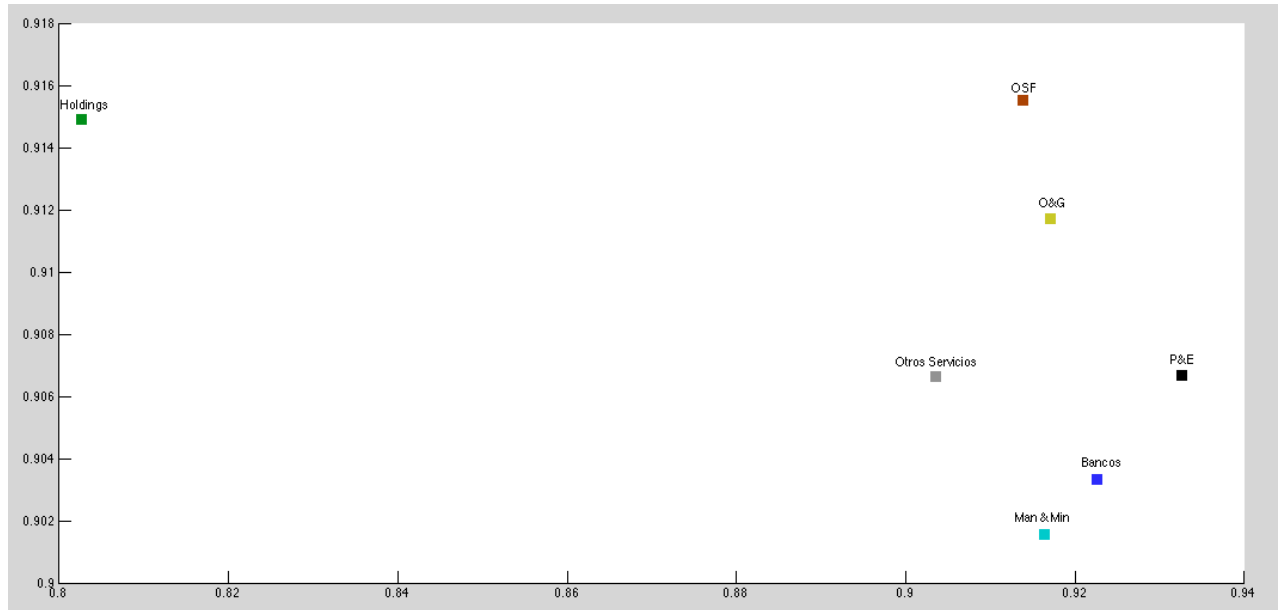
> Fig2.9: Francia Consolidado:



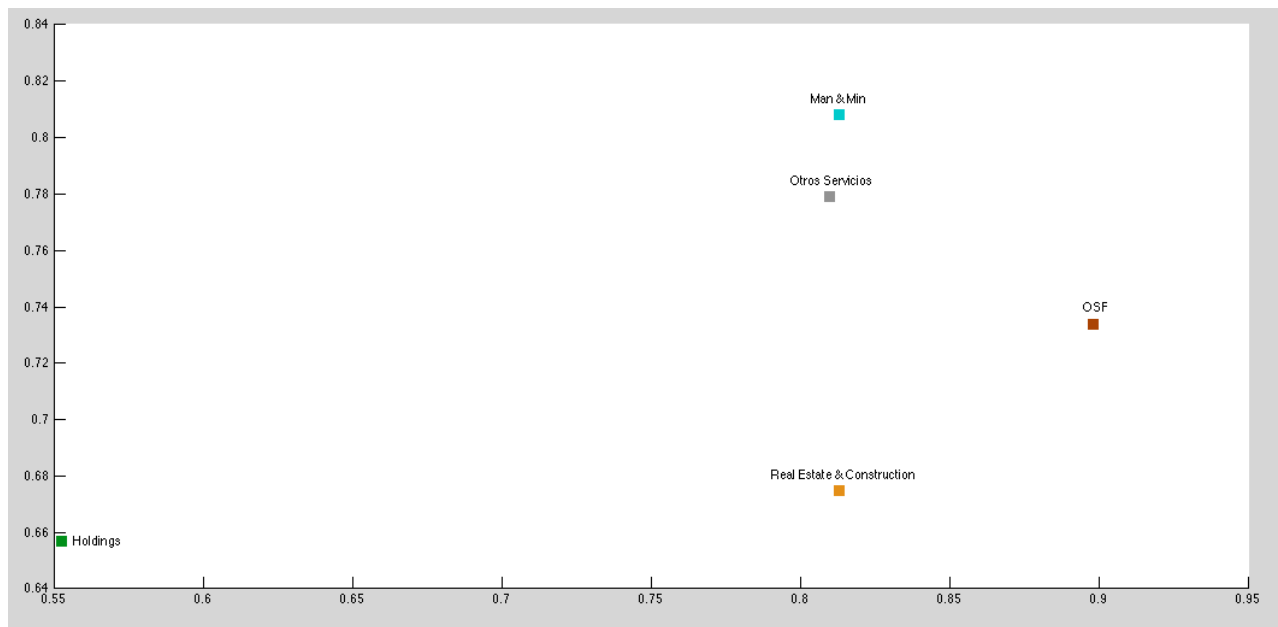
> Fig2.10: Hong Kong Consolidado:



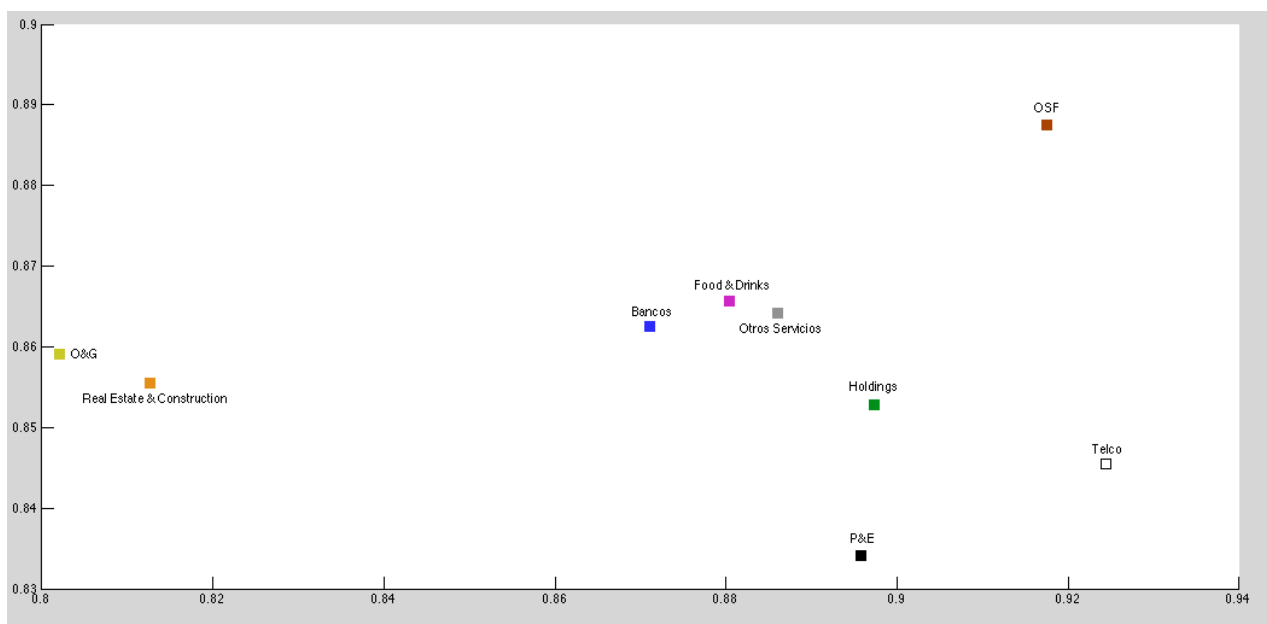
> Fig2.11: India Consolidado:



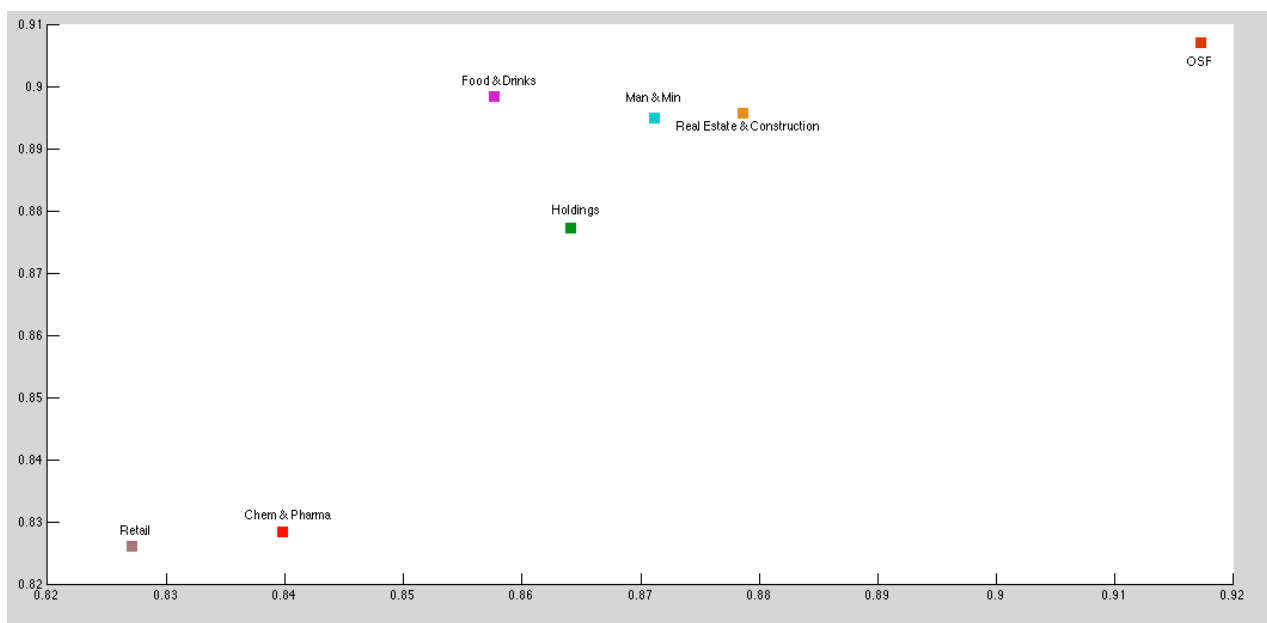
> Fig2.12: Indonesia Consolidado:



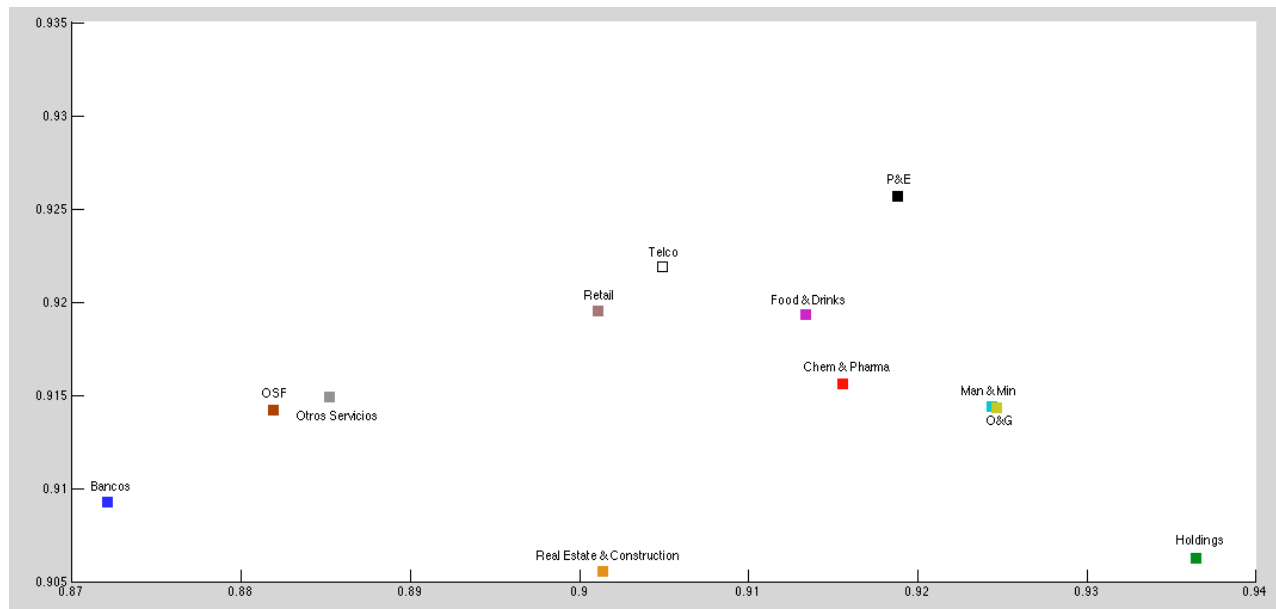
> Fig2.13: Malasia Consolidado:



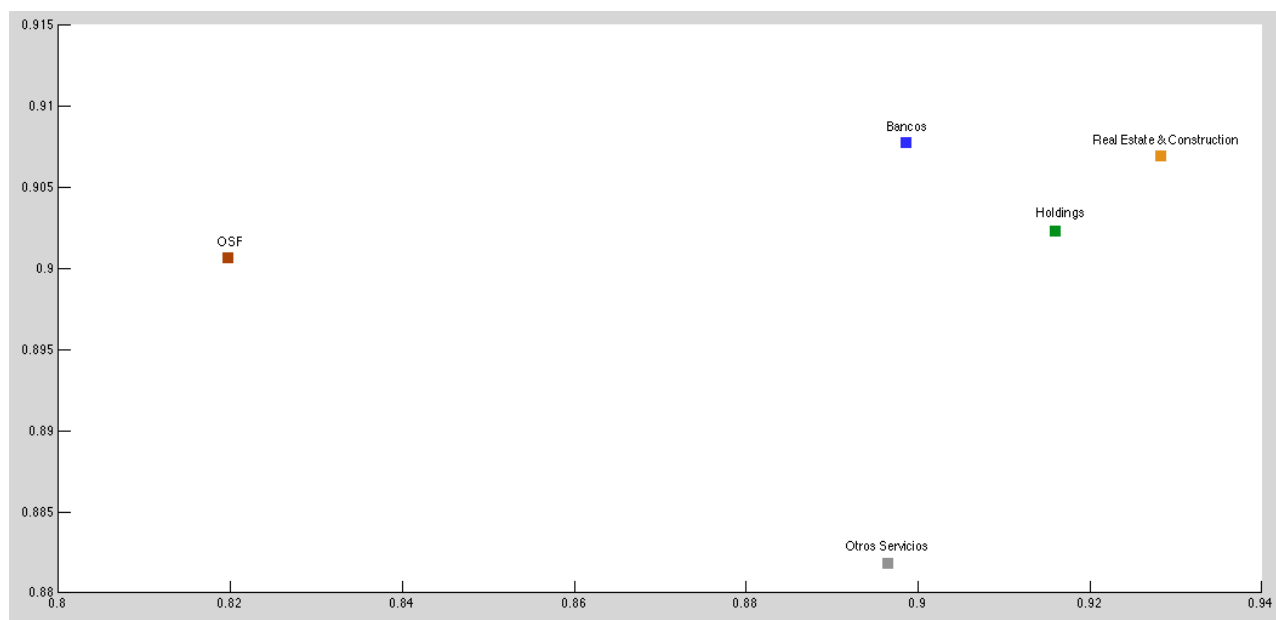
> Fig2.14: México Consolidado:



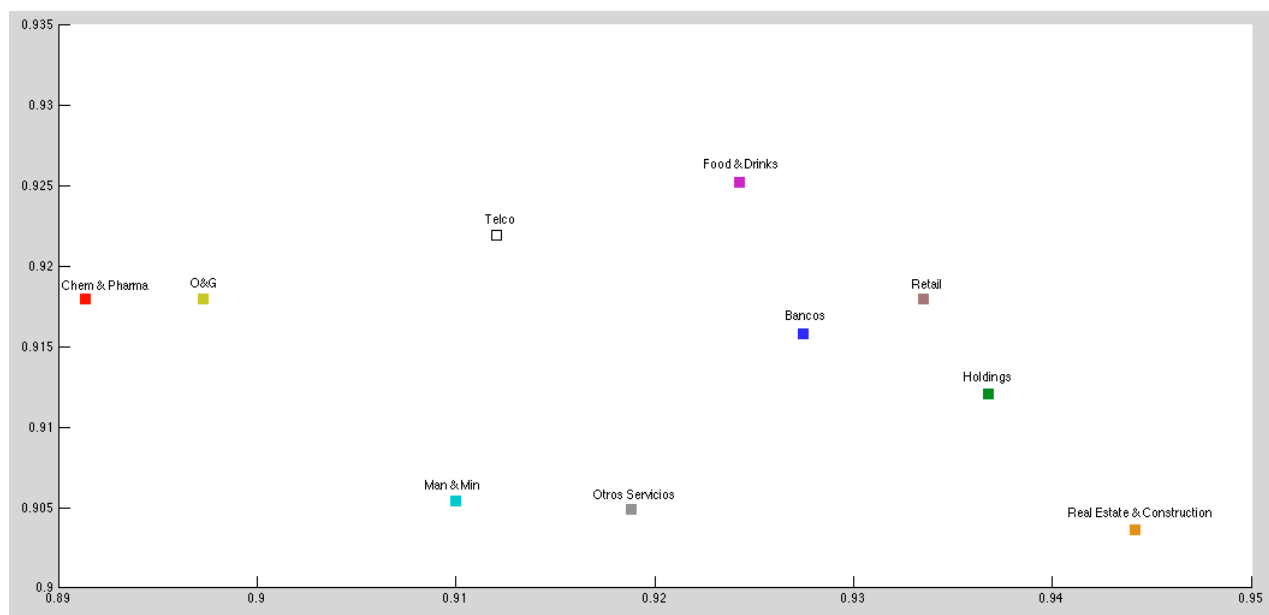
> Fig2.15: Reino Unido Consolidado :



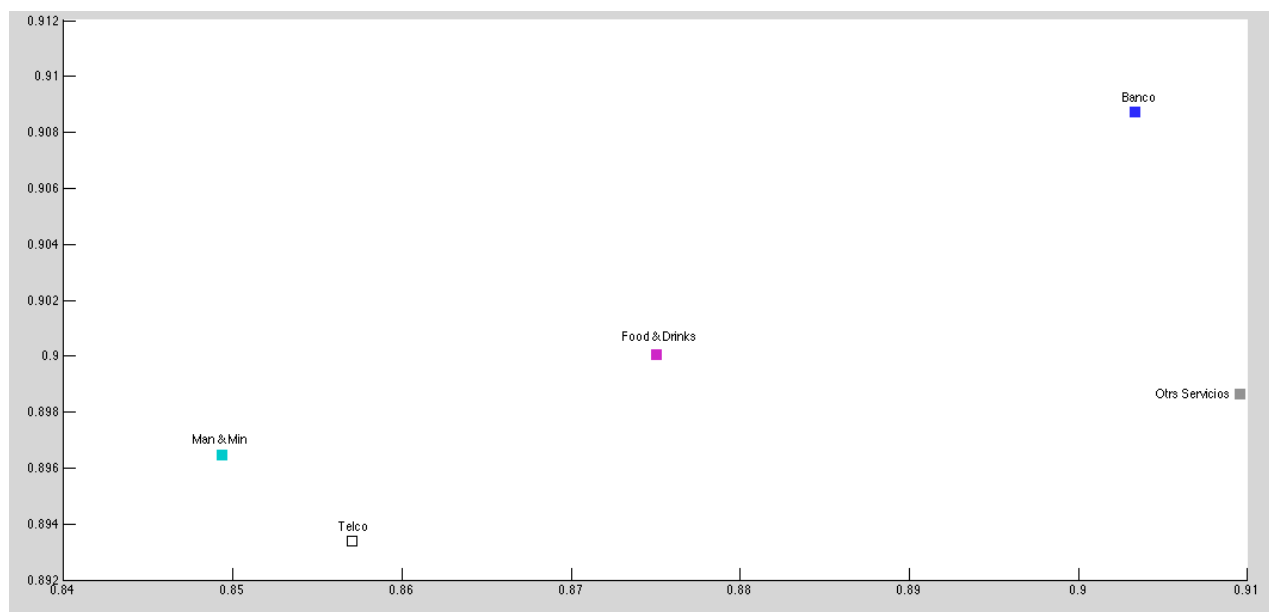
> Fig2.16: Singapur Consolidado:



> Fig2.17: Suecia Consolidado:

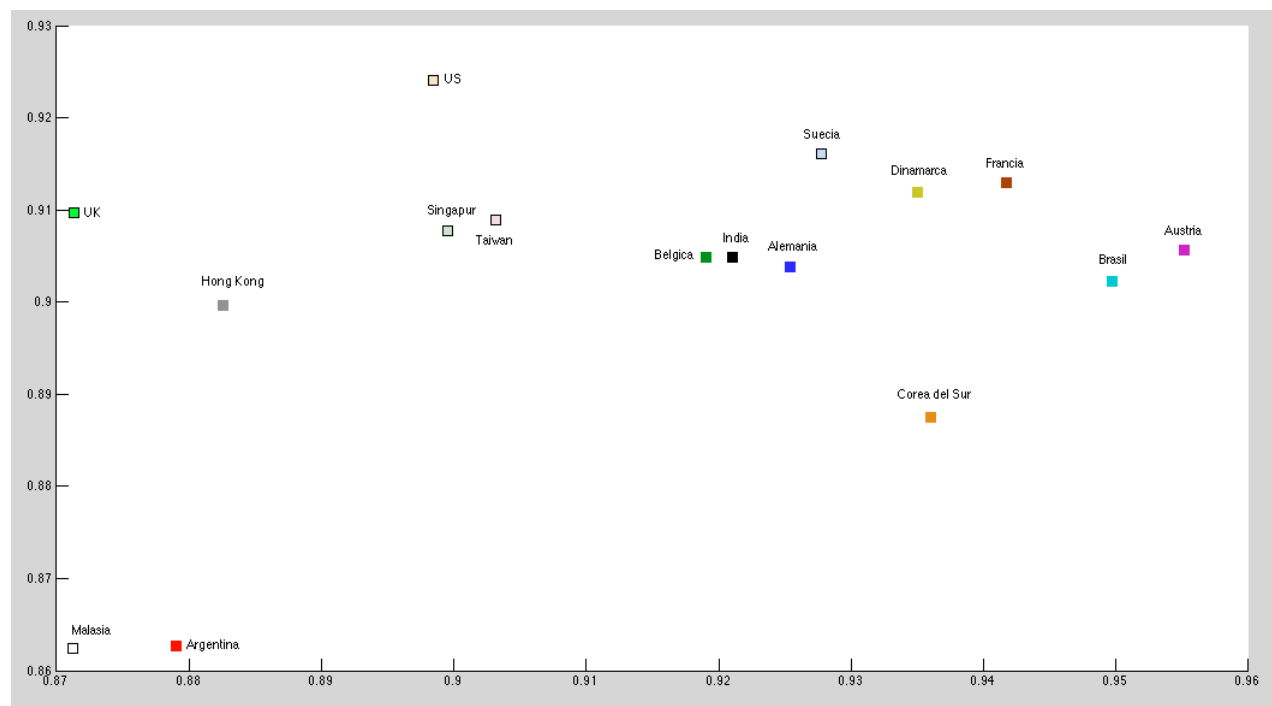


> Fig2.18: Taiwán Consolidado:

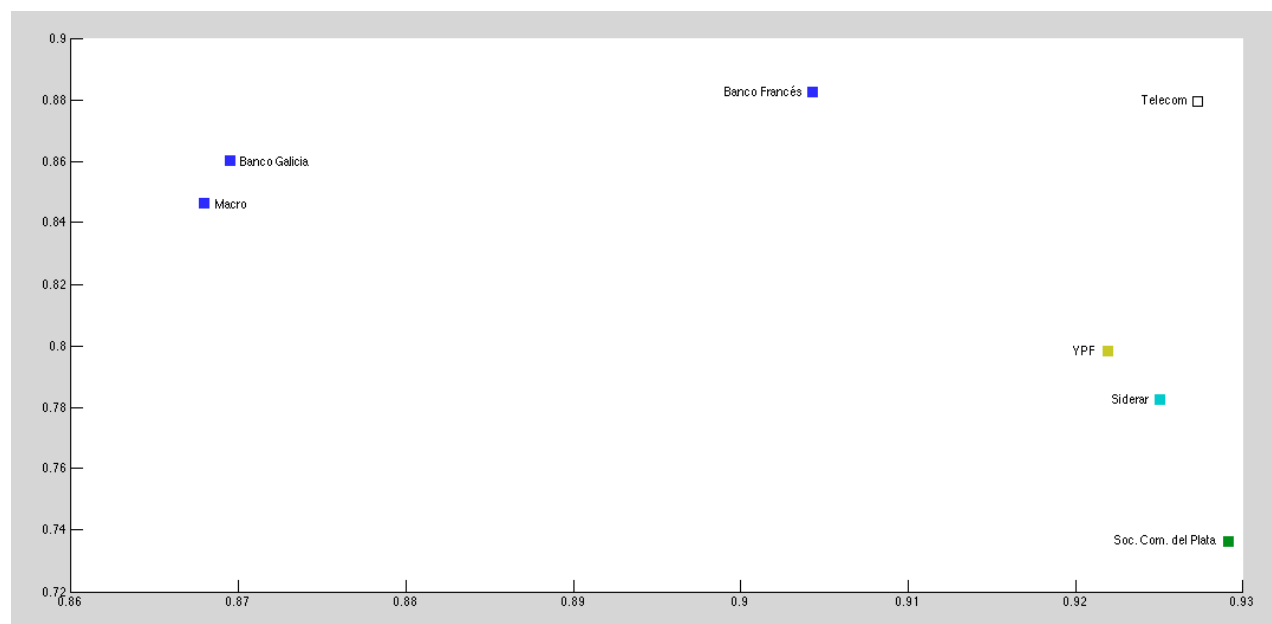


6.3 Gráficos por industrias:

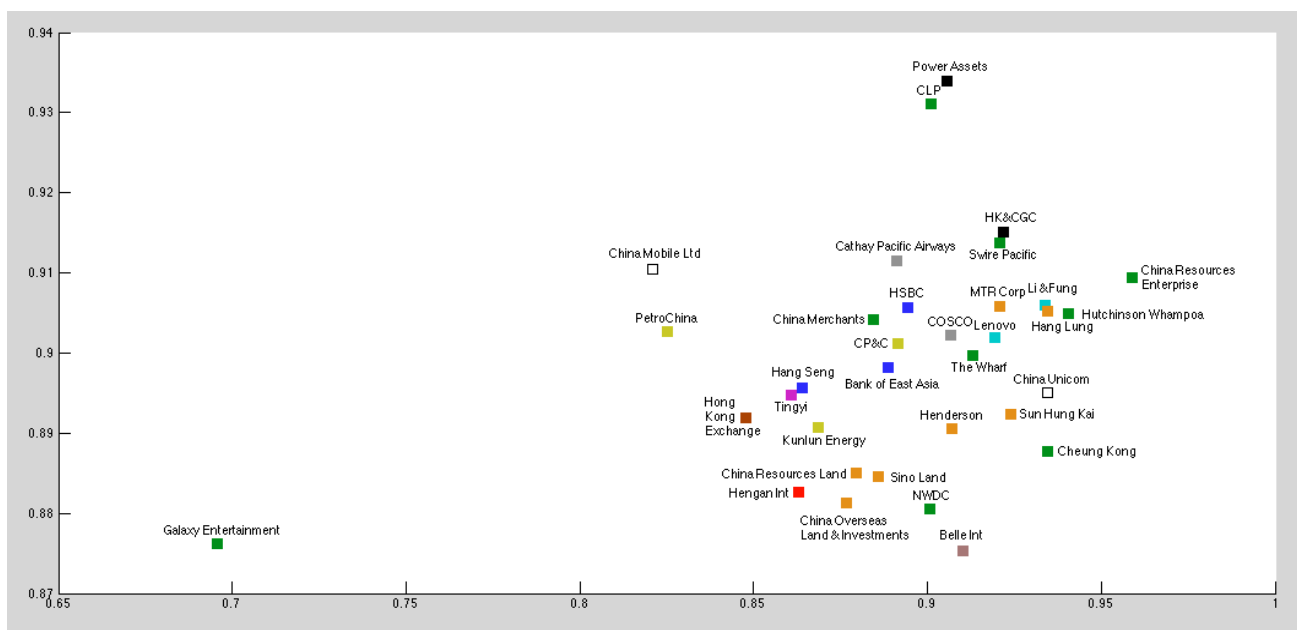
> Fig3.1: Bancos Consolidado:



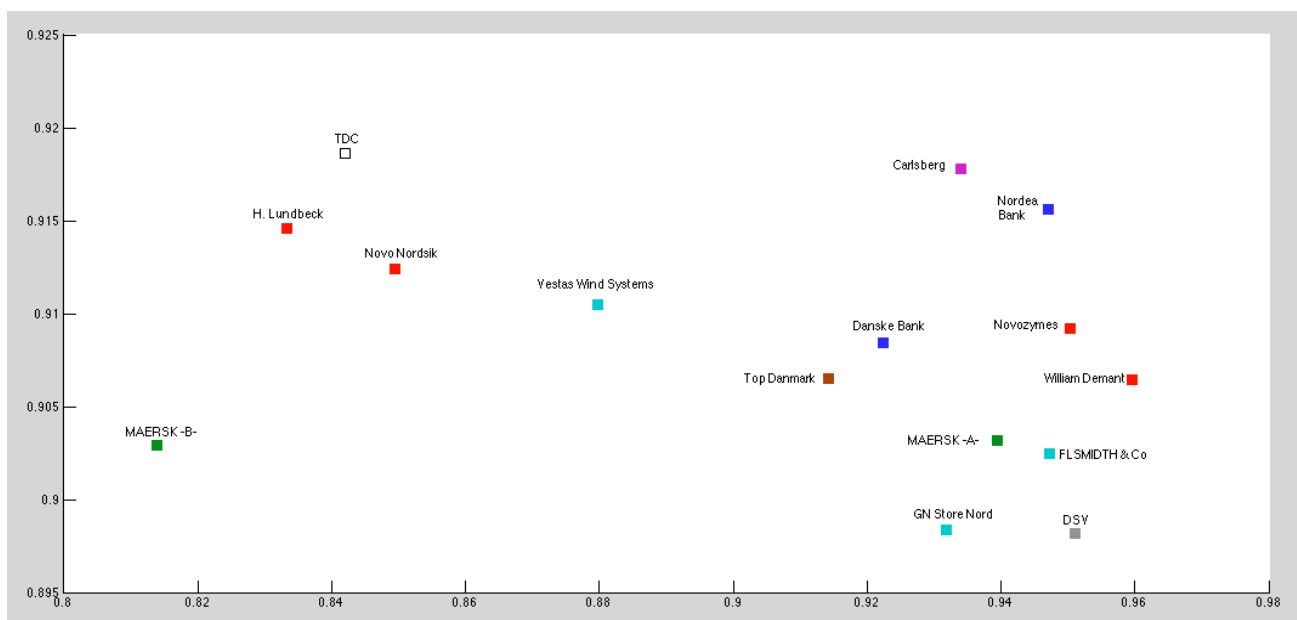
> Fig3.1.1: Argentina:



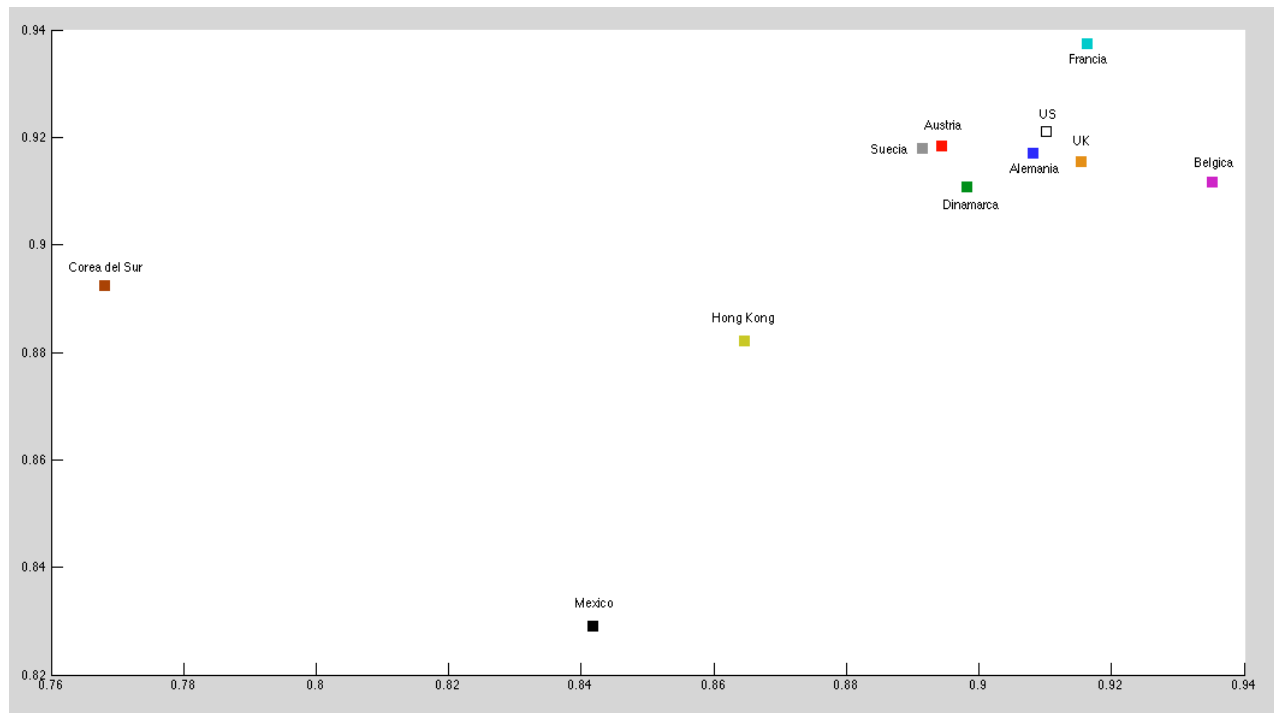
> Fig3.1.2: Hong Kong:



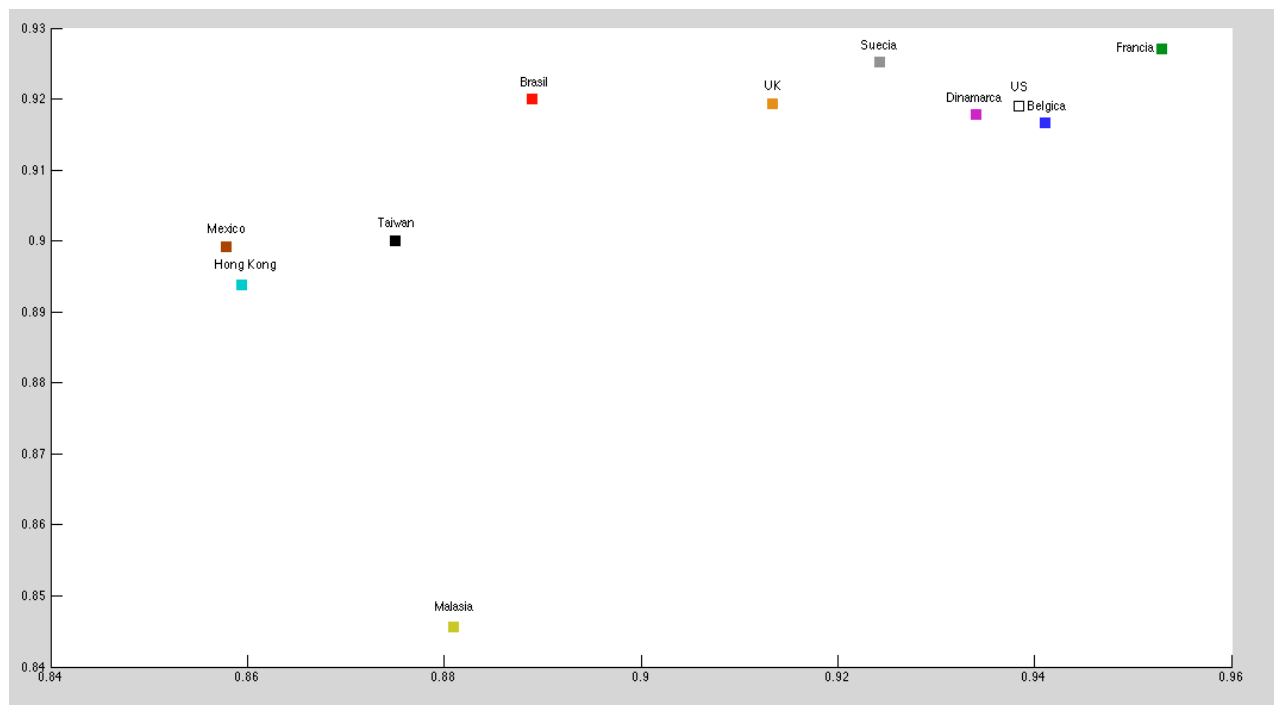
> Fig3.1.3: Dinamarca:



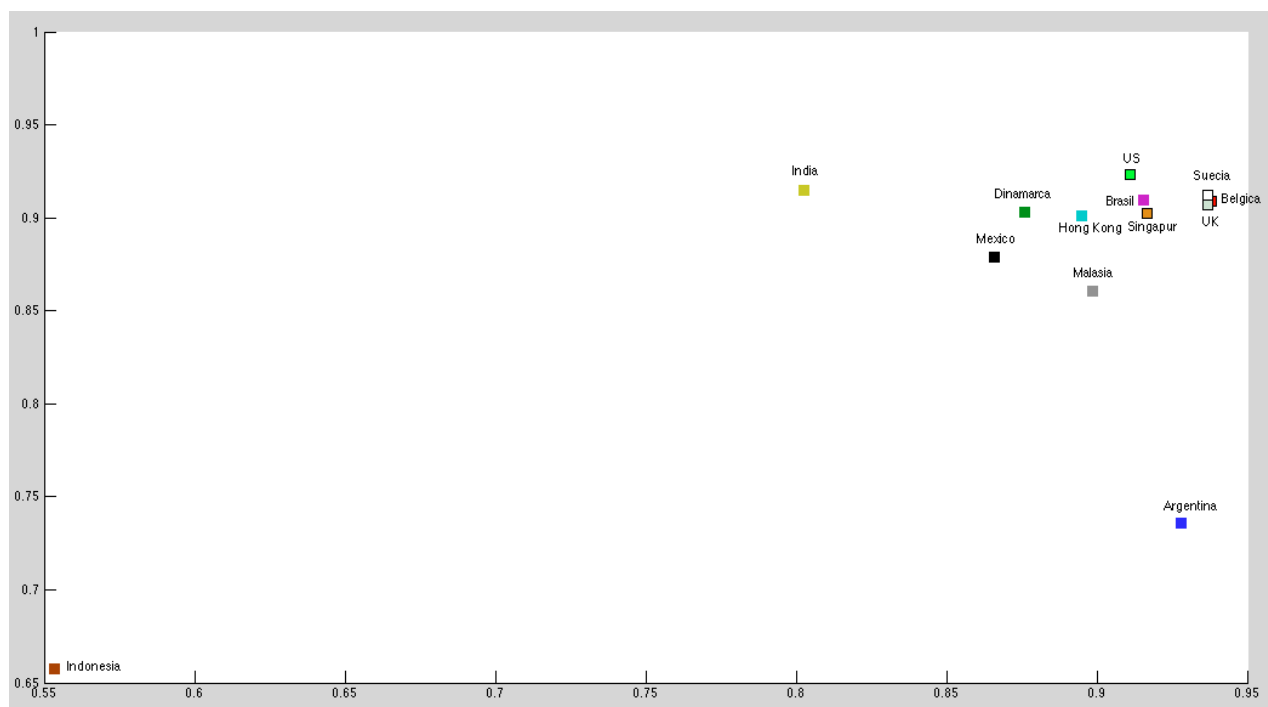
> Fig3.2: Chem & Pharma Consolidado:



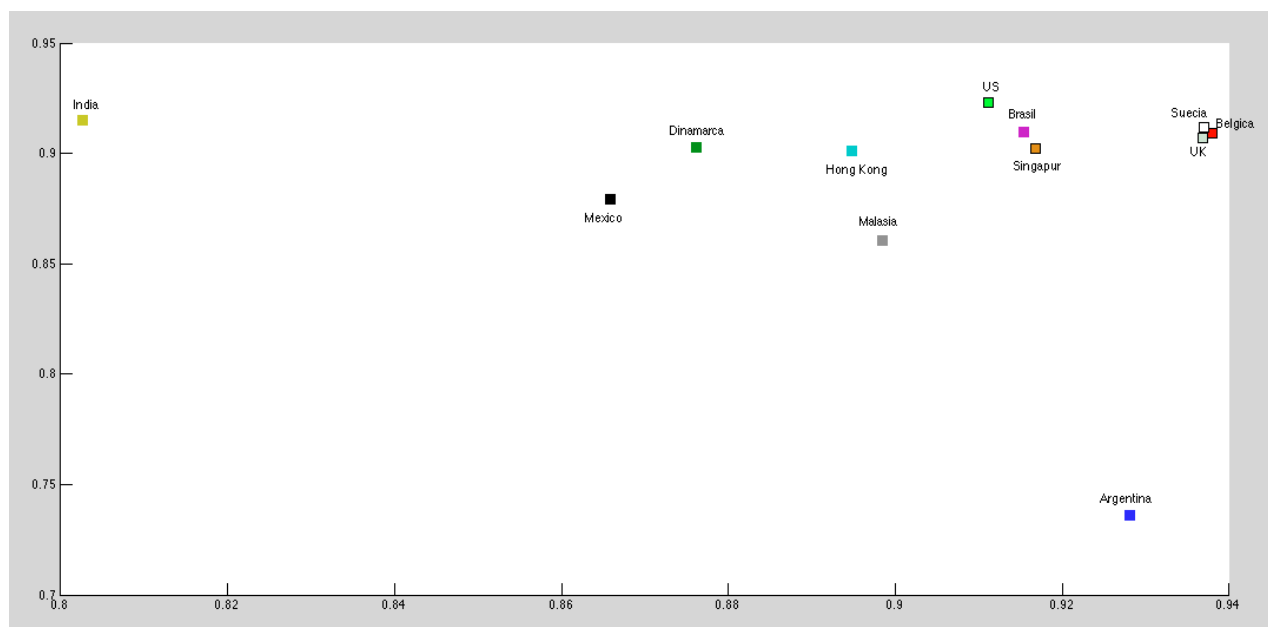
> Fig3.3: Food & Drinks Consolidado:



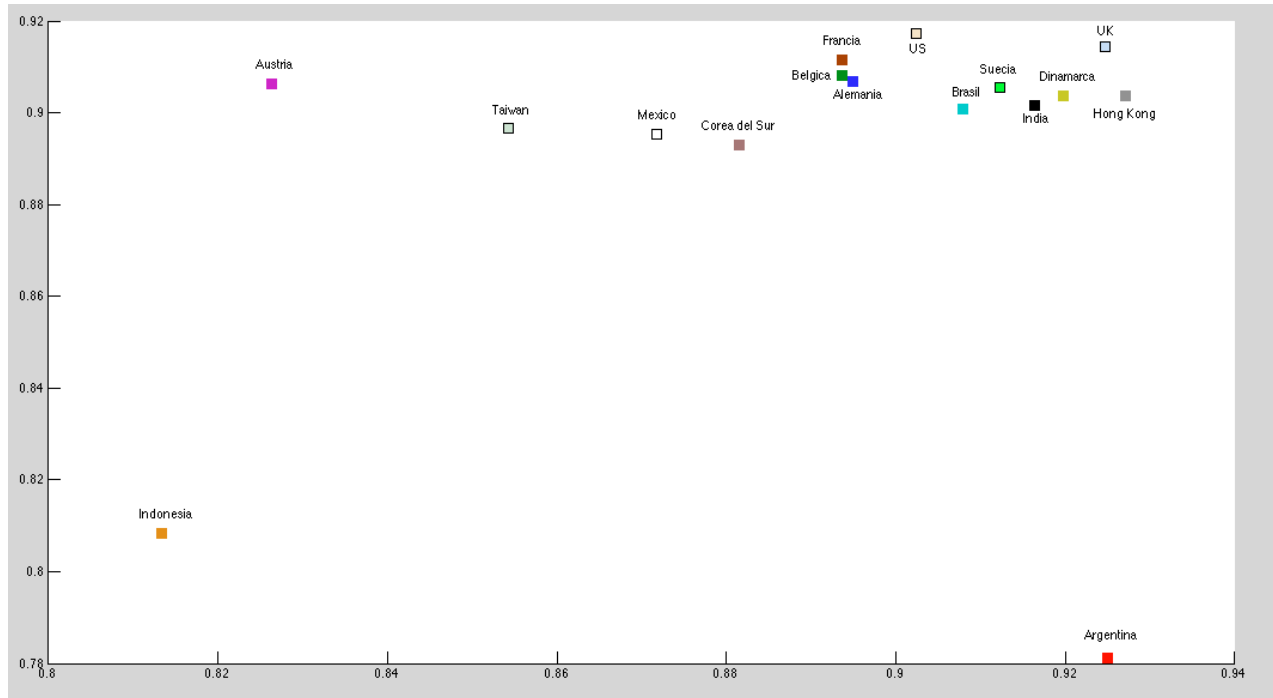
> Fig3.4: Holdings Consolidado:



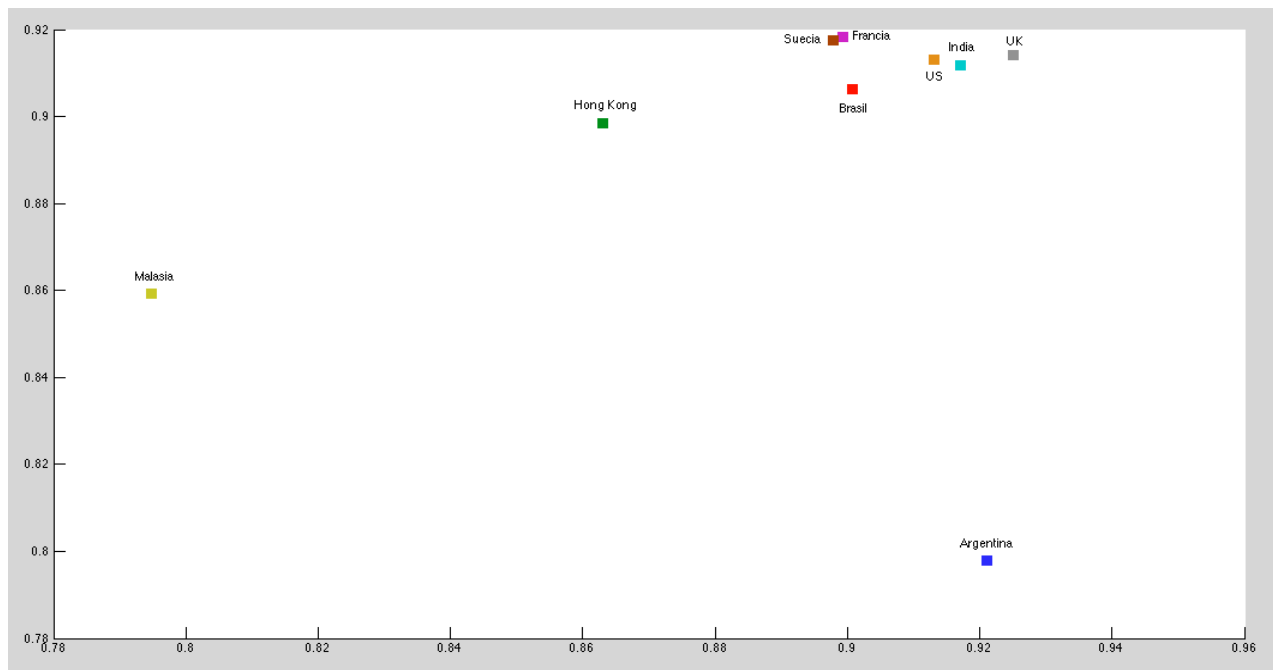
> Fig3.4.1: Holdings Consolidado (sin Indonesia):



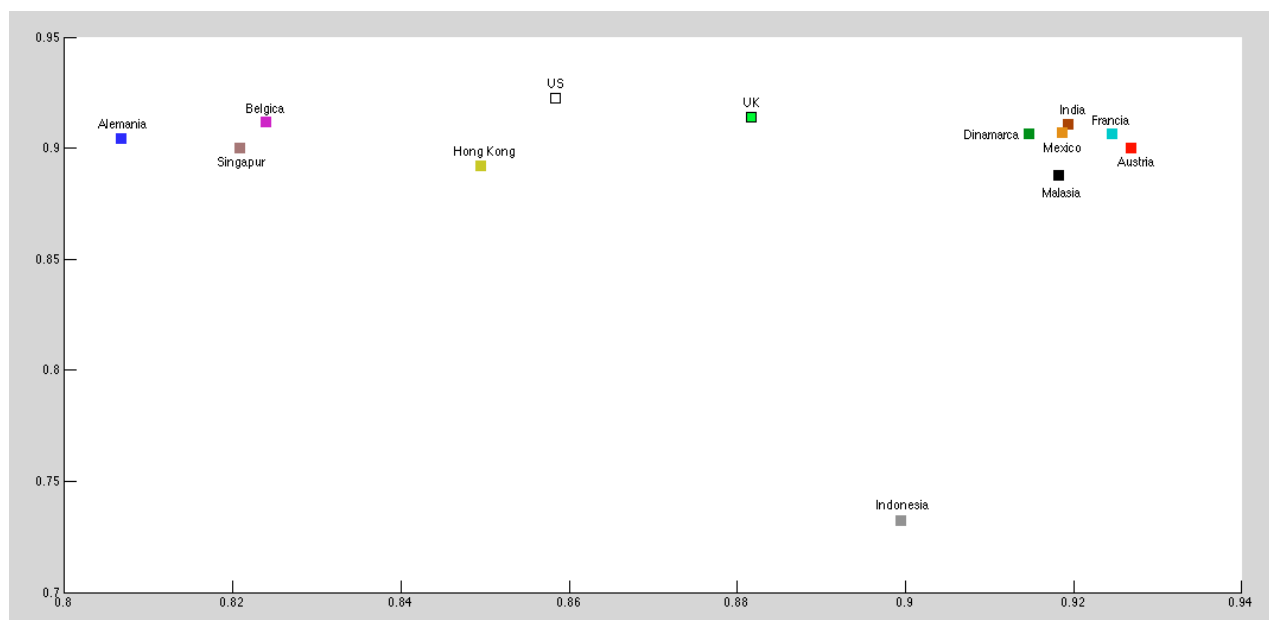
> Fig3.5: Man & Min Consolidado:



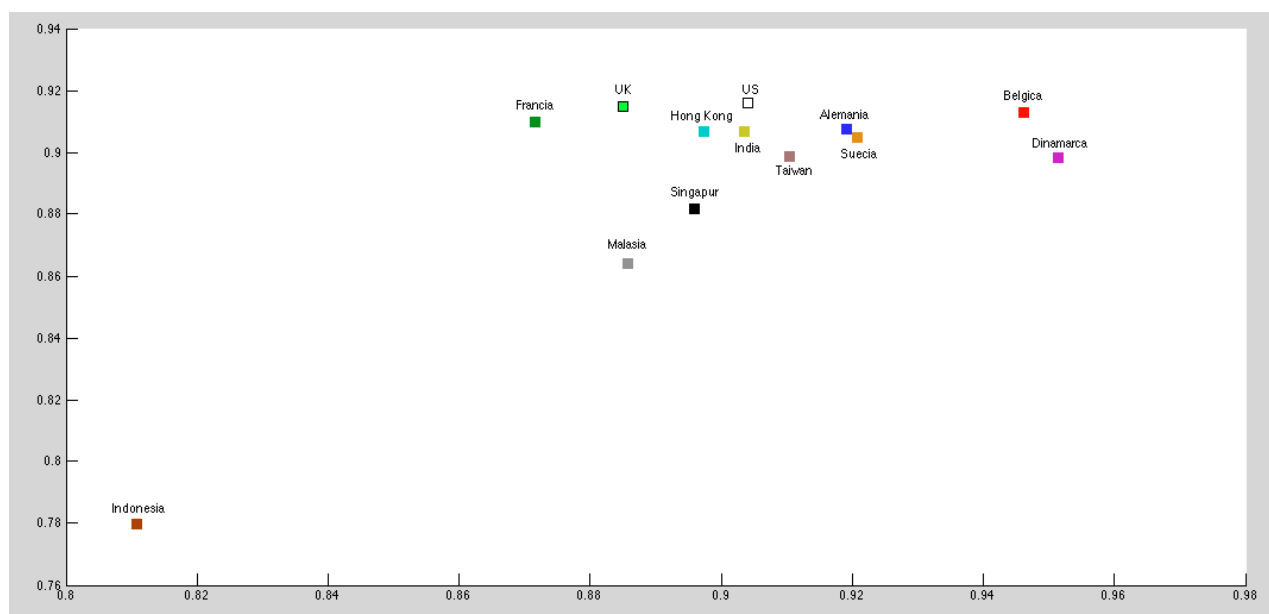
> Fig3.6: O & G Consolidado:



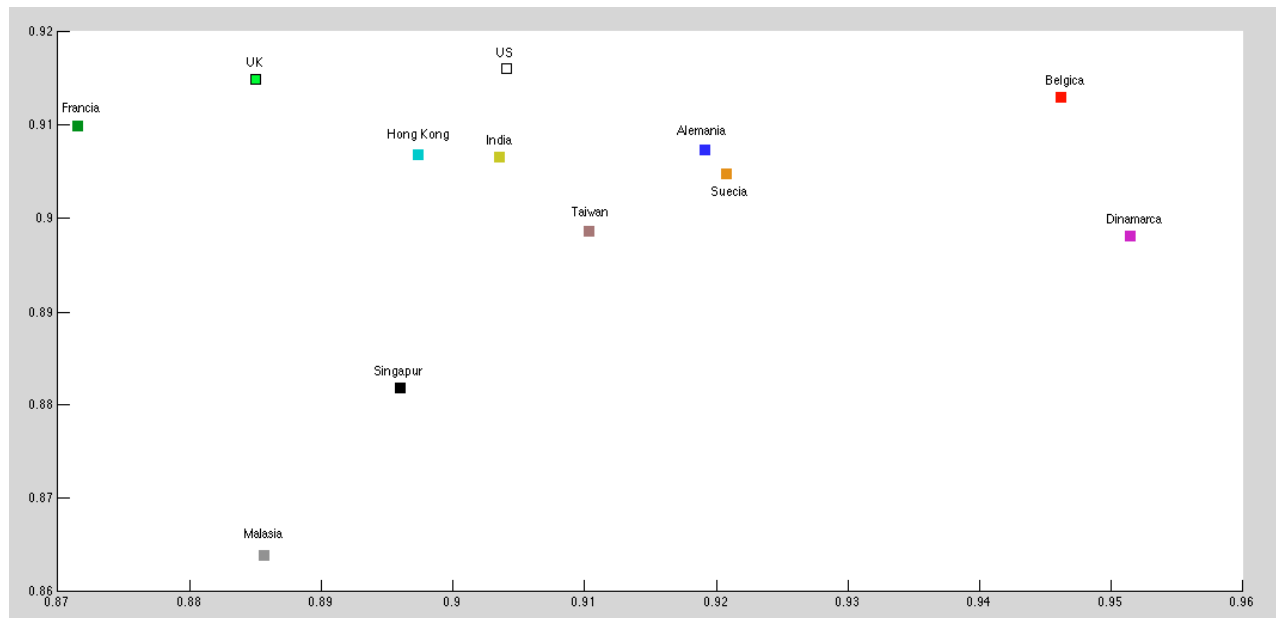
> Fig3.7: OSF Consolidado:



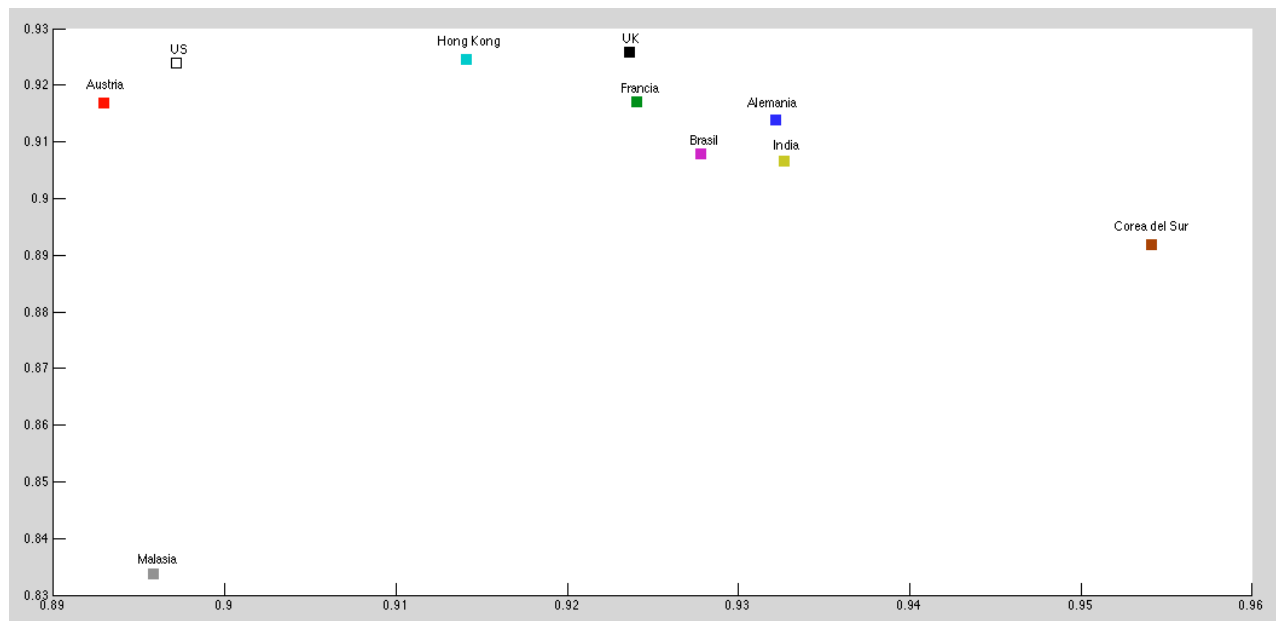
> Fig3.8: Otros Servicios Consolidado:



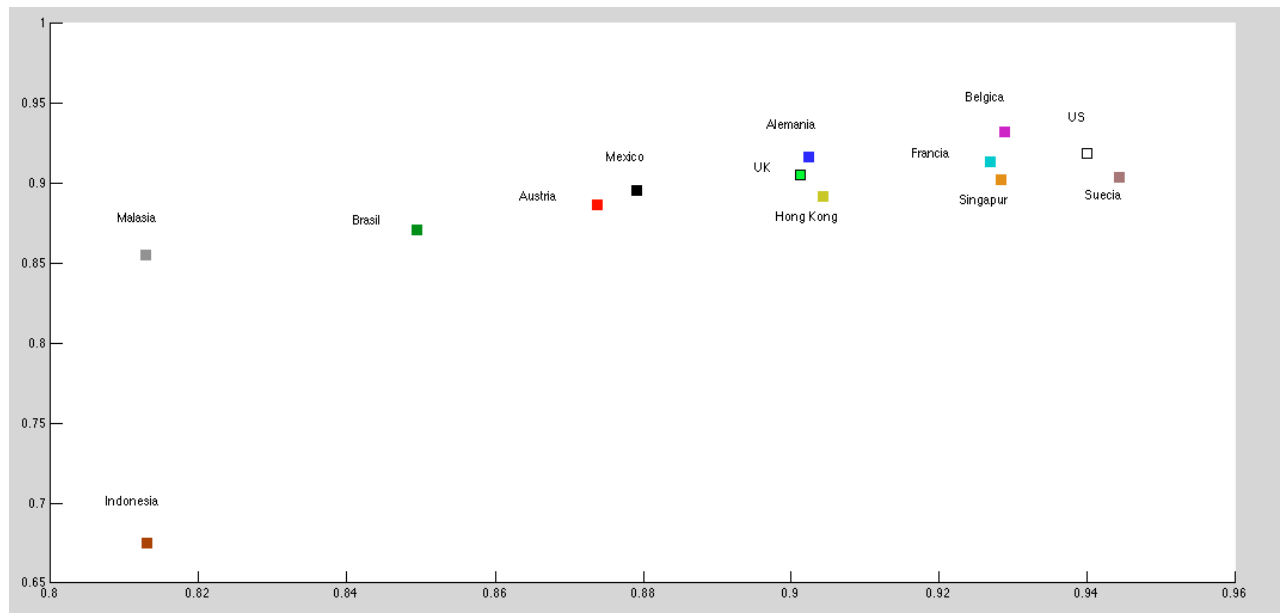
> Fig3.8.1: Otros Servicios Consolidado (sin Indonesia):



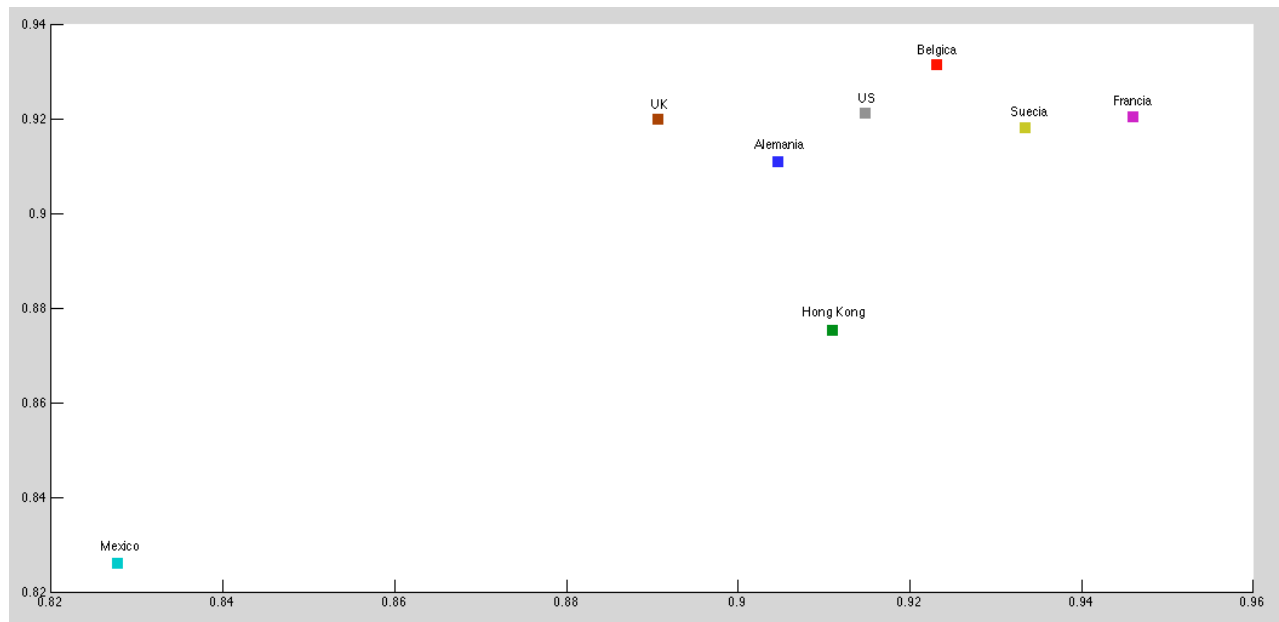
> Fig3.9: P & E Consolidado:



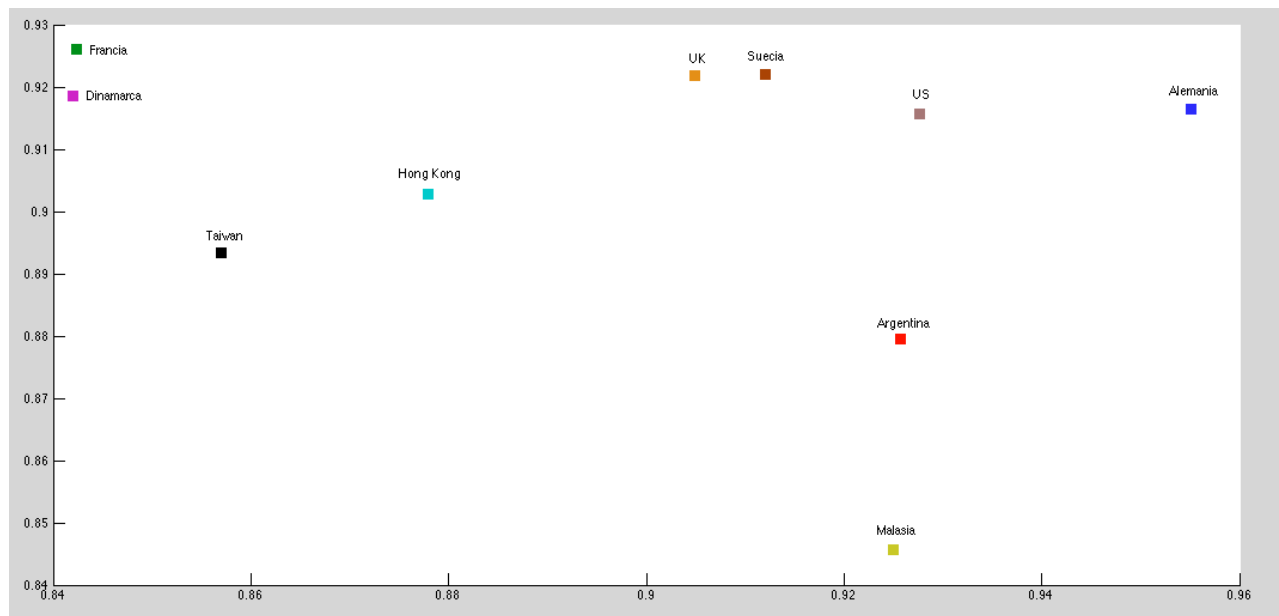
> Fig3.10: Real Estate & Construction Consolidado:



> Fig3.11: Retail Consolidado:

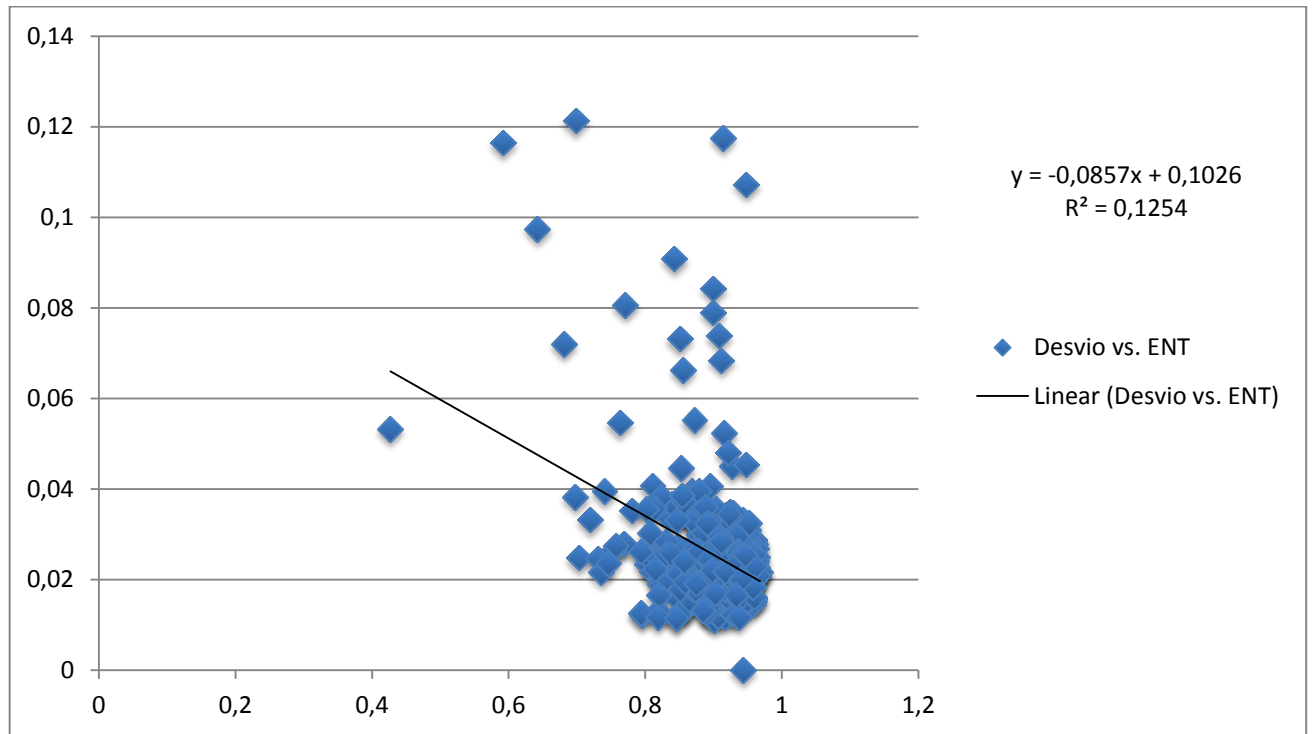


> Fig3.12: TELCO Consolidado:

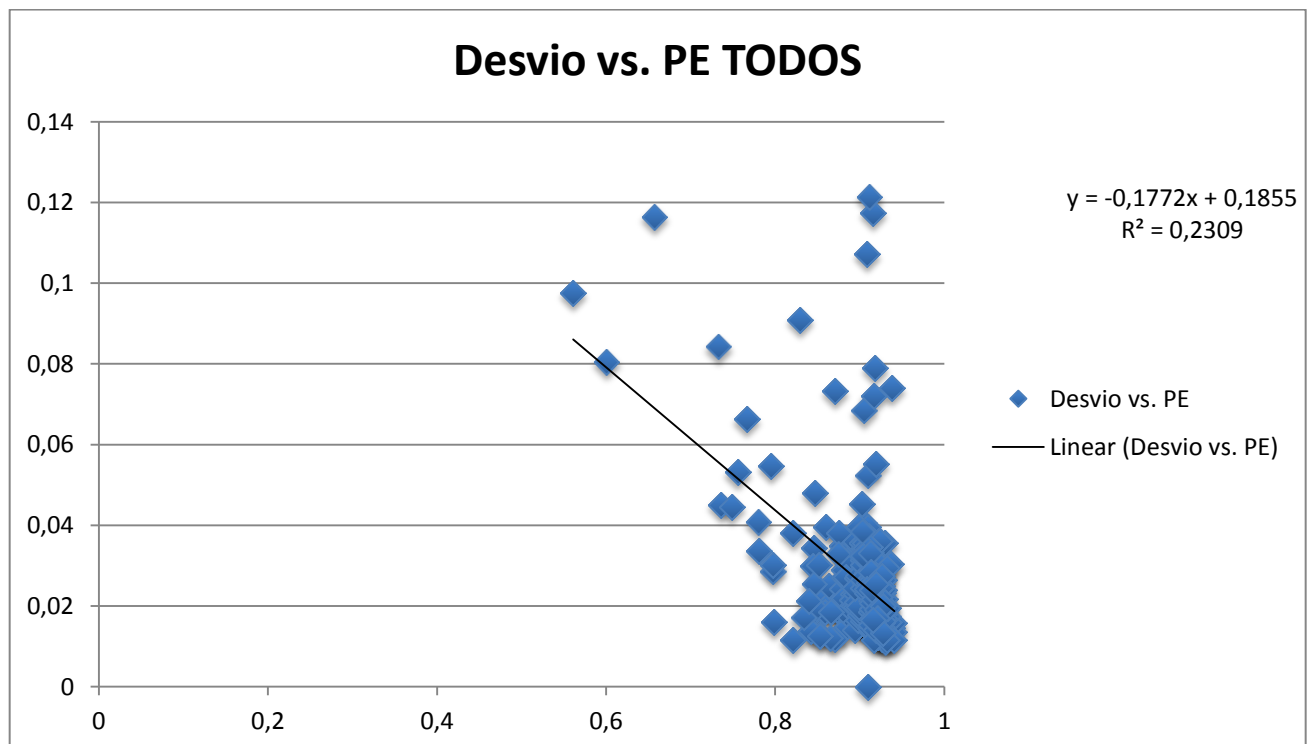


6.4 Gráficos de Entropía vs. Riesgo:

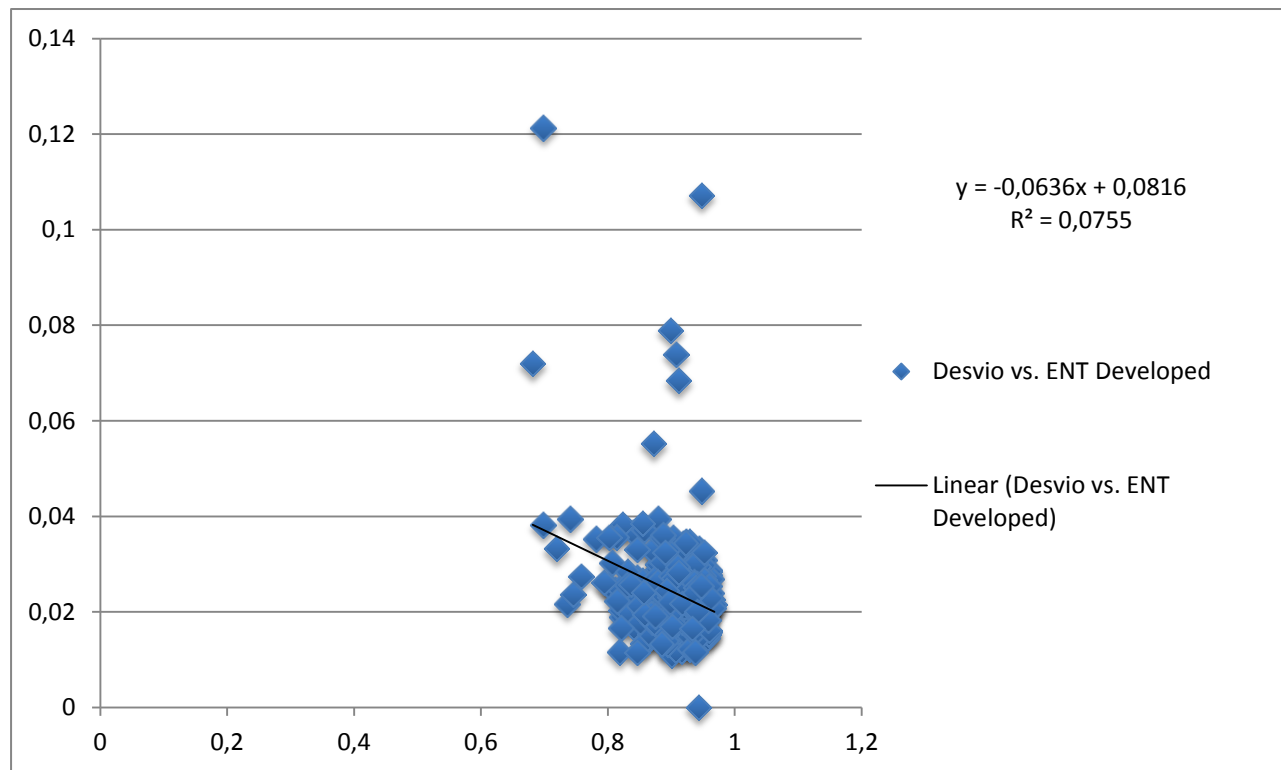
> Fig4.1 Entropía de Shannon vs. Riesgo (Todas las empresas):



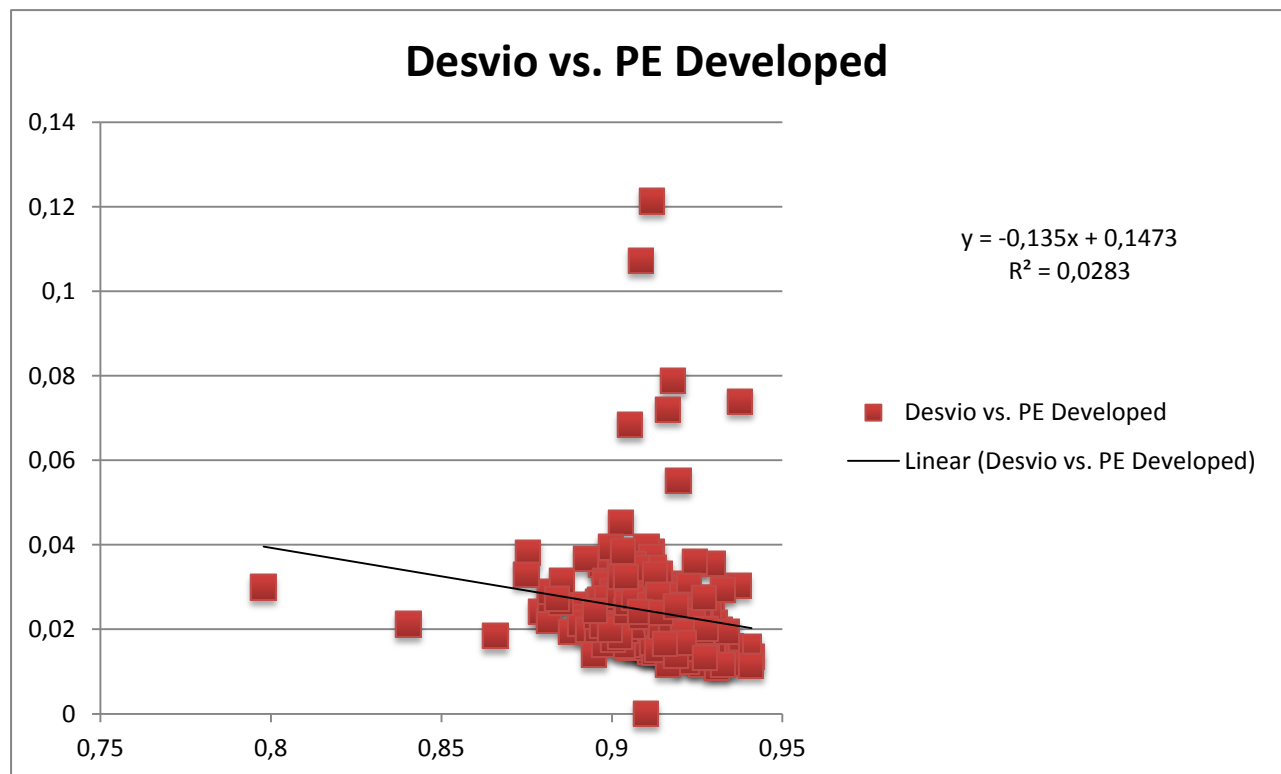
> Fig4.2 Entropía de Permutación vs. Riesgo (Todas las empresas):



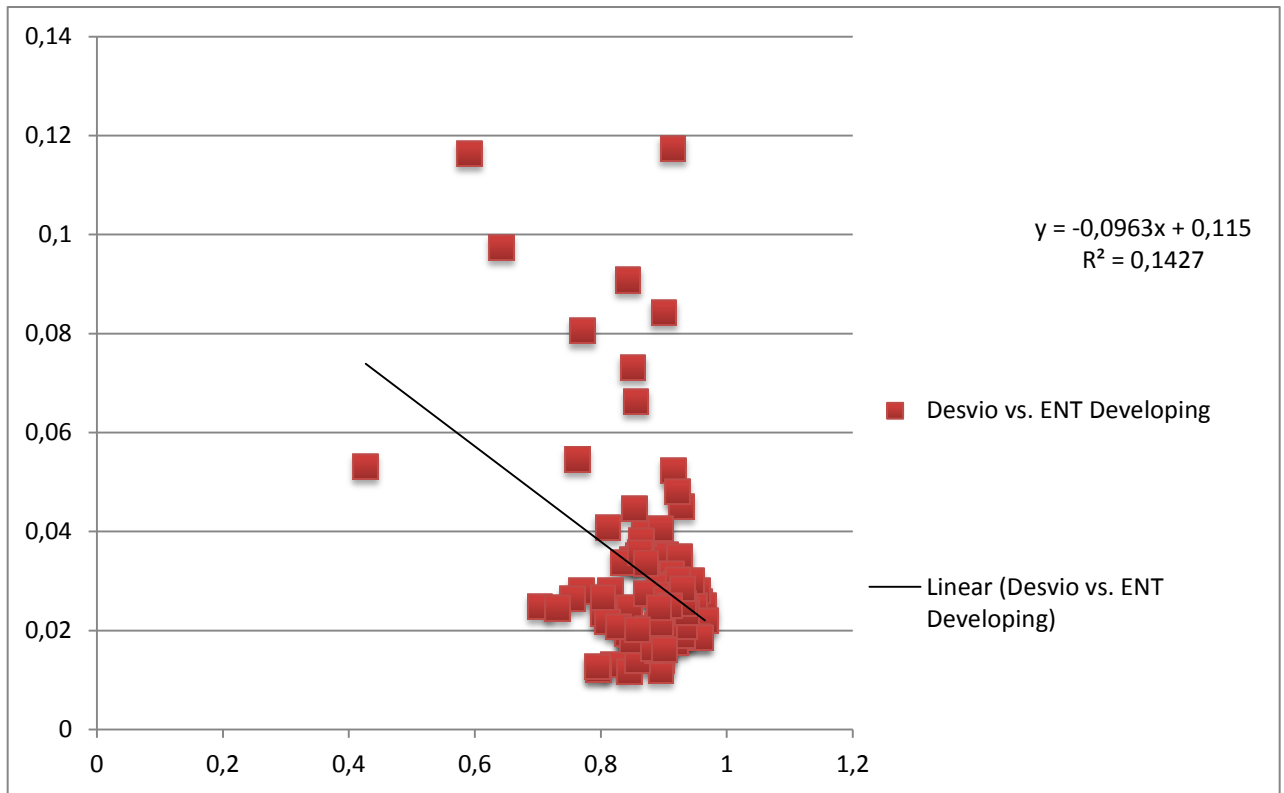
> Fig4.3 Entropía de Shannon vs. Riesgo (Solo empresas de países desarrollados):



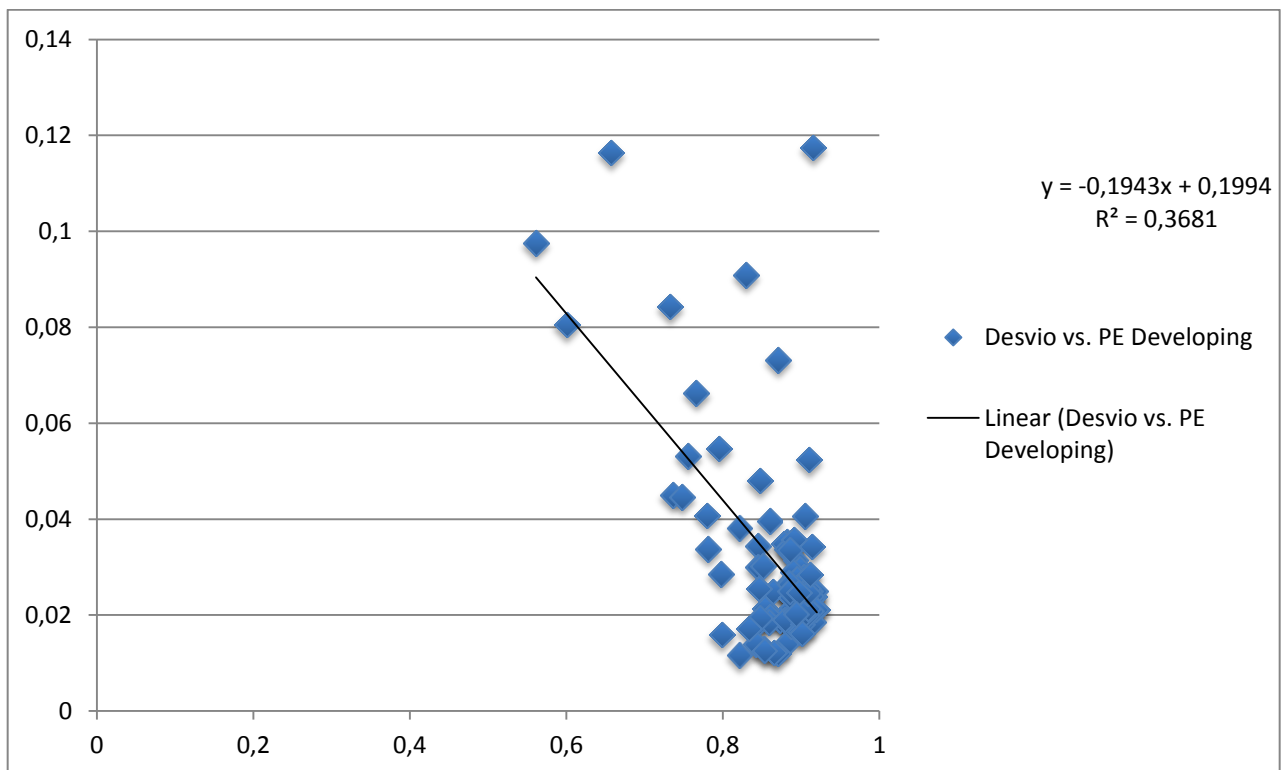
> Fig4.4 Entropía de Permutación vs. Riesgo (Solo empresas de países desarrollados):



> Fig4.5 Entropía de Shannon vs. Riesgo (Solo empresas de países en vías de desarrollo):



> Fig4.6 Entropía de Permutación vs. Riesgo (Solo empresas de países en vías de desarrollo):



6.5 Empresas relevadas por país y por industria

> Fig5.1: Matriz de empresas por industria por país:

País-Ind	Bancos	Chem & Pharm	Food & Drinks	Holdings	Man & Min	O & G	OSF	Otros	P & E	Re & Constr	Retail	TELCO
Alemania	CBK DBK	BAS BAYN BEI FME FRE LIN LXS MRK MUV2 SDF	-	-	BMW CON DAI IFX SIE TKA	-	ALV DB1	DPW LHA SAP	EOAN RWE	HEI	ADS	DTE
Argentina	BMA.BA FRAN.BA GGAL.BA	-	-	COME.BA	ERAR.BA	YPFD.BA	-	-	-	-	-	TECO2.BA
Austria	EBS	LNZ	-	-	218214VI ANDR	-	VIG	-	VER	CAI IIA	-	-
Belgica	KBC	SOLB UCB	ABI	ACKB GBLB	BEKB UMI	-	AGS	DIE	-	BEFB COFB	COLR DELB	-
Brasil	BAS3.SA ITSA4.SA	-	CRUZ3.SA	CCRO3.SA	CSNA3.SA USIM5.SA EMBR3.SA	PETR4.SA	-	-	CPL6.SA ELET3.SA	RSID3.SA	-	-
Dinamarca	DANSKE NDA-DKK	LUN NOVO-B NZYM-B WDH	CARL-B	MAERSK-A MAERSK-B	FLS GN VWS	-	TOP	DSV	-	-	-	TDC

País-Ind	Bancos	Chem & Pharm	Food & Drinks	Holdings	Man & Min	O & G	OSF	Otros	P & E	Re & Constr	Retail	TELCO
Francia	ACA BNP GLE	AI EI OR	BN RI	-	ML RNA SAF STM SU VK	FP	CS	AC CAP PUB VIE	GSZ	DG EN LG SGO TEC	CA MC	VIV
Hong Kong	0005HK 0011HK 0023HK	1044HK	0322HK	0001HK 0002HK 0004HK 0013HK 0017HK 0019HK 0027HK 0144HK 0291HK	0494HK 0992HK	0135HK 0386HK 0857HK	0388HK	1199HK	0003HK 0006HK	0012HK 0016HK 0066HK 0083HK 0101HK 0293HK 0688HK 1109HK	1880HK	20762HK 0941HK
India	ICICIBANK.BO SBI.BO HDFC.BO	-	-	ITC.BO	BHEL.BO HINDALCO.BO HUL.BO MNM.BO TATAMOTORS.BO TATASTL.BO	GAIL.BO ONGC.BO RIL.BO	HDFCBANK.BO	INFY.BO TCS.BO WIPRO.BO	TATAPOWERSL.BO	-	-	-
Indonesia	-	-	-	ITTG.JK TMPI.JK MYRX.JK	BUMI.JK INKP.JK	-	BBLD.JK	MTDL.JK	-	KIJA.JK BIPP.JK	-	-
Korea del Sur	055550.KS	051910.KS	-	-	005930.KS 005380.KS 005490.KS 000270.KS 012330.KS 009540.KS	-	-	-	015760.KS	-	-	-

Mapas de entropía para mercados de valores
de países desarrollados y en vías de desarrollo

País-Ind	Bancos	Chem & Pharm	Food & Drinks	Holdings	Man & Min	O & G	OSF	Otros	P & E	Re & Constr	Retail	TELCO
Malasia	1155.KL 1295.KL 5819.KL	-	2445.KL 4162.KL 4707.KL	1023.KL 1082.KL 4197.KL 3182.KL 1961.KL 1015.KL 4065.KL 4677.KL	-	6033.KL 5681.KL	1066.KL	3816.KL 4715.KL	6742.KL	5148.KL 2194.KL	-	6888.KL 4863.KL
Mexico	-	MEXCHEM.MX	ALSEA.MX BIMBOA.MX FEMSAUBD.MX	ALFAA.MX GMEXICOB.MX	ICHB.MX KIMBERA.MX	-	GFINBURO.MX GFNORTEO.MX	-	-	CEMEXCPO.MX ICA.MX	ELEKTRA.MX LIVEPOLC-1.MX	-
Singapur	D05 O39 U11	-	-	J36 J37 U96	-	-	S68	C6L C07 C52 G13 S63	-	C09 C31 H78	-	-
Suecia	NDA SEB SHB SWED	GETI	SWMA	INVE	ASSA ATCO-A ATCOB BOL ELUX ERIC SAND SCA-B SCV-B SKF-B VOLV	LUPE	-	MTG SECU	-	SKA	HM	TLSN
Taiwan	2801.TW 2881.TW 2886.TW	-	1234.TW 1201.TW 1216.TW	-	2345.TW 2380.TW 2002.TW 1402.TW 2465.TW 9914.TW	-	-	2823.TW 2609.TW 2618.TW	-	-	-	2412.TW

País-Ind	Bancos	Chem & Pharm	Food & Drinks	Holdings	Man & Min	O & G	OSF	Otros	P & E	Re & Constr	Retail	TELCO
UK	BARC HSBA LLOY RBS STAN	AZN CRDA GSK JMAT RB SHP SN	ABF BATS CPG DGE IMT SAB TATE	ANTO	AAL BA BLT REX RIO RR RRS ULVR	BG BP RDSB TLW	ADN AV LGEN LSE OML PRU RSA SDR	ARM BNZ BSY CCL CPI EZJ ITRK ITV PSON REL SGE SVT TT UU WPP WTB	AGK CNA NG SSE	AMEC BAB BLND GKN HMSO IMI LAND MGGT PSN SMIN WEIR WOS	KGF MKS MRW NXT SBRY TPK TSCO	BT-A VOD
US	BAC BK C GS JPM MS PNC USB WFC	ABT AGN BAX BMY CL DD DOW LLY MDT MON MRK PFE PX	GIS KO MCD MO PEP YUM	BEN DHR HON MMM UTX	BA CAT DE EMR F FCX GD GE GLW ITW JNJ KMB LMT NEM PG SCCO	APA APC BHI COP CVX DVN EOG HAL NOV OXY SLB XOM	AIG AXP BRK-B MET TRV	ACN DIS EMC FDX HPQ IBM TWX UNH UNP UPS WLP	D DUK EXC SO	SPG	CVS HD LOW NKE TGT WAG WMT	T

> Fig5.2: Índice de empresas por industria por país:

País-Ind	Bancos	Chem & Pharm	Food & Drinks	Holdings	Man & Min	O & G	OSF	Otros	P & E	Re & Constr	Retail	TELCO	TOTAL
Alemania	2	10			6		2	3	2	1	1	1	28
Argentina	3			1	1	1						1	7
Austria	1	1			2		1		1	2			8
Belgica	1	2	1	2	2		1	1		2	2		14
Brasil	2		1	1	3	1			2	1			11
Dinamarca	2	4	1	2	3		1	1				1	15
Francia	3	3	2		6	1	1	4	1	5	2	1	29
Hong Kong	3	1	1	9	2	3	1	2	2	7	1	2	34
India	3			1	6	3	1	3	1				18
Indonesia				3	2		1	1		2			9
Korea del Sur	1	1			6				1				9
Malasia	3		3	8		2	1	2	1	2		2	24
Mexico		1	3	2	2		2			2	2		14
Singapur	3			3			1	5		3			15
Suecia	4	1	1	1	11	1		2		1	1	1	24
Taiwan	3		3		6			3				1	16
UK	5	7	7	1	8	4	8	16	4	12	7	2	81
US	9	13	6	5	16	12	5	11	4	1	7	1	90
TOTAL	48	44	29	39	82	28	26	54	19	41	23	13	446