

Banco Central de Chile
Documentos de Trabajo

Central Bank of Chile
Working Papers

N° 177

Agosto 2002

**DESESTACIONALIZACIÓN DE SERIES
ECONÓMICAS: EL PROCEDIMIENTO USADO POR
EL BANCO CENTRAL DE CHILE**

Héctor Felipe

Víctor Correa

Leonardo Luna

Francisco Ruiz

La serie de Documentos de Trabajo en versión PDF puede obtenerse gratis en la dirección electrónica: <http://www.bcentral.cl/Estudios/DTBC/doctrab.htm>. Existe la posibilidad de solicitar una copia impresa con un costo de \$500 si es dentro de Chile y US\$12 si es para fuera de Chile. Las solicitudes se pueden hacer por fax: (56-2) 6702231 o a través de correo electrónico: bcch@bcentral.cl.

Working Papers in PDF format can be downloaded free of charge from: <http://www.bcentral.cl/Estudios/DTBC/doctrab.htm>. Printed versions can be ordered individually for US\$12 per copy (for orders inside Chile the charge is Ch\$500.) Orders can be placed by fax: (56-2) 6702231 or e-mail: bcch@bcentral.cl.



BANCO CENTRAL DE CHILE

CENTRAL BANK OF CHILE

La serie Documentos de Trabajo es una publicación del Banco Central de Chile que divulga los trabajos de investigación económica realizados por profesionales de esta institución o encargados por ella a terceros. El objetivo de la serie es aportar al debate de tópicos relevantes y presentar nuevos enfoques en el análisis de los mismos. La difusión de los Documentos de Trabajo sólo intenta facilitar el intercambio de ideas y dar a conocer investigaciones, con carácter preliminar, para su discusión y comentarios.

La publicación de los Documentos de Trabajo no está sujeta a la aprobación previa de los miembros del Consejo del Banco Central de Chile. Tanto el contenido de los Documentos de Trabajo, como también los análisis y conclusiones que de ellos se deriven, son de exclusiva responsabilidad de su o sus autores y no reflejan necesariamente la opinión del Banco Central de Chile o de sus Consejeros.

The Working Papers series of the Central Bank of Chile disseminates economic research conducted by Central Bank staff or third parties under the sponsorship of the Bank. The purpose of the series is to contribute to the discussion of relevant issues and develop new analytical or empirical approaches in their analyses. The only aim of the Working Papers is to disseminate preliminary research for its discussion and comments.

Publication of Working Papers is not subject to previous approval by the members of the Board of the Central Bank. The views and conclusions presented in the papers are exclusively those of the author(s) and do not necessarily reflect the position of the Central Bank of Chile or of the Board members.

Documentos de Trabajo del Banco Central de Chile
Working Papers of the Central Bank of Chile
Huérfanos 1175, primer piso.
Teléfono: (56-2) 6702475, Fax: (56-2) 6702231

**DESESTACIONALIZACIÓN DE SERIES ECONÓMICAS:
EL PROCEDIMIENTO USADO POR EL
BANCO CENTRAL DE CHILE**

Héctor Felipe Bravo

Gerencia de Análisis
Macroeconómico
Banco Central de Chile

Leonardo Luna

Gerencia de Análisis
Macroeconómico
Banco Central de Chile

Víctor Correa

Gerencia de Información e
Investigación Estadística
Banco Central de Chile

Francisco Ruiz

Gerencia de Información e
Investigación Estadística
Banco Central de Chile

Resumen

El siguiente trabajo corresponde a una nota técnica en la que se describe el proceso de desestacionalización utilizado por el Banco Central de Chile. La metodología aquí utilizada fue diseñada por el Census Bureau de los Estados Unidos y corresponde al X-12-ARIMA. El trabajo también incluye un manual de procedimiento para desestacionalizar series a través del programa EX-12 (Macro Excel).

Abstract

This paper was written as a technical note to explain the seasonal adjustment procedure used by the Central Bank of Chile. The methodology used here, named X-12-ARIMA, was developed by the U.S. Census Bureau. This paper also includes a procedure manual for the seasonal adjustment of economic series using the EX-12 program (Macro Excel).

Se agradecen los comentarios recibidos por parte de dos árbitros y de un grupo de analistas del Banco Central de Chile y del Ministerio de Hacienda. Además, se agradece el valioso aporte computacional de Felipe Liendo.

E-mails: hbravo@bcentral.cl; vcorrea@bcentral.cl; llunab@bcentral.cl; fruiiz@bcentral.cl.

1. Introducción

El papel de la estacionalidad es crucial en el análisis de series económicas, pues influye en las propiedades estadísticas de las series de tiempo. En efecto, un mal manejo puede producir una mala especificación de modelos econométricos, provocando no sólo una baja capacidad descriptiva sino que además malas predicciones. Es más, desde un punto de vista temporal, las variaciones que poseen las series en el corto plazo pueden alterar el análisis de coyuntura por lo que resulta más conveniente estudiar la trayectoria de las series sin su componente estacional y preocuparse por los puntos de inflexión.

El objetivo de esta nota es doble, en primer lugar pretende explicar brevemente en qué consiste el proceso de desestacionalización¹ y, además, entregar una rutina sencilla para desestacionalizar series de tiempo (el programa EX-12). Es importante hacer notar que este documento busca dar más transparencia al proceso que está detrás de las series desestacionalizadas que el Banco Central de Chile (BCCh) publica regularmente en el Informe Económico y Financiero. Por lo mismo, esta nota debe entenderse como una guía introductoria para el estudio del proceso de desestacionalización.

En el mundo, muchas Oficinas de Estadística que producen series temporales dedican recursos al análisis y perfeccionamiento de los métodos de desestacionalización y extracción de señales. Dentro de las más conocidas están el Census Bureau de los Estados Unidos, la Oficina de Estadística de Canadá, el Banco de Inglaterra con el procedimiento Burman (1980) y el EUROSTAT. En el BCCh se ha optado por una metodología ampliamente utilizada que se conoce como X-12-ARIMA, la cual fue diseñada por el Census Bureau de los EE.UU.

La estructura del trabajo es la siguiente. En la segunda sección se expone un breve resumen de los principales conceptos que un analista, que trabaje con series desestacionalizadas, debe conocer. Luego, se presenta el manual de uso del programa EX-12 que utiliza el BCCh para desestacionalizar series económicas junto con un ejemplo aplicado al PIB e IMACEC. En la cuarta sección se aborda con detenimiento los conceptos anteriormente expuestos y se describe cómo funciona el proceso de desestacionalización. Aquí también se detalla el procedimiento para ajustar una serie de tiempo por efecto calendario o por días hábiles. Finalmente, el trabajo termina con las conclusiones.

1 Para una descripción más detallada del proceso X-12-ARIMA referirse a X-12-ARIMA Reference Manual (2002) y Ladiray y Quenneville (2001).

2. Descripción del Proceso de Desestacionalización

En la actualidad, se utilizan diversas metodologías para desestacionalizar una serie de tiempo, existiendo modelos de tipo paramétrico y no paramétrico. Por ejemplo, están los modelos de regresión que consideran la existencia de una tendencia lineal con efectos estacionales fijos². En particular, el sistema empleado por el BCCh es el X-12-ARIMA, que es una versión actualizada del X-11-ARIMA³.

En general, la descomposición clásica de una serie de tiempo la divide en los siguientes cuatro componentes:

- a. **Tendencia-ciclo:** que agrupa los movimientos de largo plazo que provienen de fenómenos de crecimiento o decrecimiento ligados en general a la actividad económica, y el ciclo proveniente de las variaciones coyunturales, propia de las fluctuaciones económicas que pasan de la expansión a la recesión.
- b. **Estacionalidad:** que son movimientos recurrentes en ciertos periodos del año, como variaciones climáticas, vacaciones y ciclos agrícolas.
- c. **Efecto calendario:** que determina el impacto de la estructura del calendario sobre una serie. Por ejemplo, el efecto sobre la producción derivado del hecho de que los meses presentan un número diferente de días hábiles o trabajados.
- d. **Irregularidad:** que resulta de errores estadísticos o de eventos accidentales y que no tienen un carácter repetitivo.

Antes de describir el proceso para desestacionalizar es conveniente señalar algunos conceptos previos. La parte ARIMA del nombre de la rutina proviene de, que a partir de este tipo de modelos se realizan proyecciones para ser utilizadas en etapas posteriores⁴. La rutina permite que la selección pueda hacerse de manera automática o definida por el usuario.

Una vez que se dispone de las proyecciones derivadas del modelo ARIMA viene la selección del modelo que describe de mejor manera la serie del tiempo, pudiendo ser de tipo aditivo o multiplicativo. Existen tres criterios para seleccionar el modelo apropiado: (1) dependiendo de la naturaleza de la serie que se este utilizando será el tipo de modelo que se adopte, por ejemplo para un índice de ventas o producción será multiplicativo y para una serie expresada en logaritmos o en tasa de variación será

2 Si la estacionalidad de la variable cambia en el tiempo este método no sirve pues viola los supuestos de regresión implícitos.

3 Los principales métodos y una breve historia de la desestacionalización se encuentran en el libro de Ladiray y Quenneville (2001).

4 Con los modelos ARIMA se realizan proyecciones fuera de muestra para trabajar con promedios móviles centrados y reducir las discrepancias de las revisiones que surgen al introducir un dato adicional.

aditivo, (2) según el gráfico de la serie, si ésta tiene una estacionalidad creciente con tendencia se debe optar por un método multiplicativo y si ésta es estable se elige el otro modelo, finalmente (3) según los indicadores de bondad de ajuste⁵. Si no se dispone del tiempo suficiente para hacer un estudio completo de la serie, se recomienda utilizar la opción (1) o en su defecto la (2).

Una vez seleccionado el tipo de modelo con el cual trabajar se pueden estimar los distintos componentes de una serie de tiempo: tendencia-ciclo (TC_t), estacionalidad (S_t), efecto calendario (K_t) e irregularidad (I_t). En el caso de un modelo multiplicativo la serie equivale a $TC_t * S_t * K_t * I_t$ y en el caso aditivo $TC_t + S_t + K_t + I_t$.

Si bien la metodología X-12-ARIMA es relativamente compleja, ella se construye sobre la base de promedios móviles⁶ de manera iterativa. Para estos, el programa considera tanto una opción automática como una definida por el usuario para una serie de variables claves como lo son el largo o longitud en meses o trimestres del promedio móvil de la tendencia y la estacionalidad.

Otra característica de este método es que permite calcular el efecto de los días de la semana y de los feriados⁷. Si el usuario desea ajustar por los efectos antes mencionados el proceso de desestacionalización contemplará una etapa previa donde se encontrarán estas incidencias sobre la serie en estudio. El programa EX-12 permite hacer estos ajustes de manera automática y en el caso de las series trimestrales puede utilizar las incidencias equivalentes derivadas de la misma serie en frecuencia mensual⁸.

Una vez conocida cada una de las etapas del proceso X-12-ARIMA, resulta conveniente analizar cada uno de los posibles resultados (output) que entrega el programa. Por simplicidad el programa EX-12 entrega distintas hojas donde aparecen las series desestacionadas, la tendencia cíclica, los factores estacionales, entre otras. Todas ellas se explican en la siguiente sección. El X-12-ARIMA cuenta, además, con otras tablas que permiten conocer características tales como la calidad del ajuste, la autocorrelación del componente irregular, análisis de los residuos, detección de outliers, etc. Adicionalmente, existe la posibilidad de obtener sólo la serie desestacionalizada, con lo cual se reduce el tiempo de ejecución del programa.

5 Ver sección 4.2.3.

6 Para una mayor cobertura del tema se recomienda leer la sección 4.1.1.

7 Adicionalmente, se puede incluir algunas fechas especiales tales como Semana Santa o años bisiestos.

8 Para entender de mejor manera cómo se calculan e interpretan los coeficientes del cálculo de días hábiles se recomienda leer la sección 4.3.

3. Manual de Desestacionalización en Excel (EX-12)

3.1. Introducción

Debido a la complejidad y al tiempo requerido para desestacionalizar una serie directamente en X-12-ARIMA se creó en Excel una plataforma que opera mediante Visual Basic. Dicha plataforma permite automatizar el proceso de desestacionalización facilitando el trabajo cuando se realiza esta tarea para un gran número de series.

El programa EX-12 fue creado como una ayuda a X-12-ARIMA. Su objetivo es proporcionar una plataforma en Excel que permita el manejo de varias series en un mismo archivo, las cuales aparecen como columnas dentro de Excel. Aun cuando este EX-12 permite tener una gran flexibilidad sobre X-12-ARIMA, esta flexibilidad no es total. Esto quiere decir que existen otras opciones disponibles en X-12-ARIMA, las cuales no se encuentran habilitadas en EX-12. En particular, y quizás la más importante restricción, es que no es posible cambiar el vector de días hábiles, ni agregarle a este un vector con fechas posteriores al año 2011 ni anteriores a 1985⁹.

Esta plataforma, EX-12, entrega las series más relevantes del proceso de desestacionalización, así como variaciones anuales de la serie original y las anualizadas periodo a periodo de la serie desestacionalizada y de la tendencia cíclica. Además, entrega un promedio móvil de tres periodos no centrado de la serie desestacionalizada. Sin embargo, es necesario aclarar que este programa no fue creado para hacer todos los análisis que permite X-12-ARIMA, sino sólo las tareas más frecuentes. A continuación se presenta una descripción detallada de dicha plataforma o programa¹⁰.

3.2. Funcionamiento General

Previo a la descripción del funcionamiento deben hacerse las siguientes consideraciones:

3.2.1. Formato

El formato de los datos debe ser el *internacional*, es decir punto (.) para la separación de los decimales y coma (,) para los miles. Este formato debe ser el que Excel utilice por defecto. Si esto no es así debe configurarse en el Panel de Control, en el icono Configuración Regional. Si los datos vienen en otro formato puede ser que Excel o X-12-ARIMA no los reconozca como números, o los interprete erróneamente.

Si la configuración es la adecuada, el programa impondrá un formato sin separación de miles y con dos decimales para todas las series en la hoja "Datos". Este es el formato que usará X-12-ARIMA.

9 A partir del año 2003 se realiza un supuesto utilizando las festividades religiosas que proporciona el Departamento de Informaciones del Arzobispado de Santiago y los feriados vigentes a julio del 2002.

10 El archivo de Excel (EX-12) puede ser guardado con cualquier nombre y en cualquier directorio.

3.2.2. Versión de X12

El programa EX-12 ha sido diseñado para trabajar con X-12-ARIMA Release Version 0.2.10 sobre plataformas Windows 95, 98 y 2000, y con la versión Microsoft Excel 97.

El programa EX-12 se puede guardar en cualquier lugar, sin embargo el programa X-12-ARIMA así como los otros archivos relacionados con él deben estar guardados en la carpeta **c:\x12**.

Por comodidad, sería útil que en el directorio **c:\x12** existan accesos directos a los archivos x12a.exe y mcopy.bat. Las propiedades de estos accesos directos debiesen especificar "Cerrar al salir" en la opción programa. Esto evita que se abra una ventana de DOS para cada serie que se desestacionalice.

3.2.3. Funcionamiento

El programa funciona sobre un libro de Excel que tiene doce hojas, utilizadas para entregar las series originales y las salidas de X-12-ARIMA. La primera hoja, llamada "Datos", contiene los datos originales y en ella se especifica el método y modelo de desestacionalización. Las otras siete hojas contienen los archivos de salida más utilizados del X-12-ARIMA:

- Serie desestacionalizada "*D11*" (Datos_sa),
- Tendencia cíclica "*D12*" (Tend_cicl),
- Componente irregular "*D13*" (Irregular),
- Factores estacionales finales "*D16*" (Factores),
- Factores estacionales "*D10*" (Estacionalidad) y
- Factores del efecto calendario "*D18*" (Calendario).

Además, contiene tres hojas donde se transforman algunos de los datos.

- Hoja "*Datos_12*" con la variación anual de la serie original,
- Hoja "*sa_d12*" con la variación anualizada periodo a periodo de la serie desestacionalizada,
- y "*tend_d12*" con la variación anualizada periodo a periodo de la tendencia cíclica,
- y finalmente,
- La hoja "*sa_mov*" con el promedio móvil no centrado de la serie desestacionalizada. Adicionalmente existe una hoja oculta llamada ".SPC", la cual sólo se modifica internamente, y es la encargada de generar el archivo principal que ejecuta X-12-ARIMA.

El programa funciona de la siguiente manera:

- a) En la hoja datos se pegan los datos o insertan las referencias a las series que se desee desestacionalizar. Los datos se presentan en forma vertical empezando en la columna "C".

La fila 11 representa la fecha “Enero de 1985” tanto para las series trimestrales como para las mensuales¹¹. Se debe hacer notar que la posición de partida de una serie que comience en una fecha como enero de 1990, por ejemplo, debe comenzar en la fila equivalente con su fecha (columna “B”), es decir, en la fila 71 si es de frecuencia mensual o en la fila 31 si es trimestral.

Todas estas series se escribirán en forma permanente en el archivo EX-12 en las hojas respectivas, en la misma columna en la cual está la serie original en la hoja “Datos”. Este procedimiento se repetirá para todas las series, marcadas para desestacionalizar, que estén en la hoja “Datos”.

- b) Una vez que se establecen las series a desestacionalizar, se debe especificar el tipo, método y modelo de desestacionalización, que se abordará en detalle en la próxima sección.
- c) Cuando esto ya está definido se presiona el botón azul titulado “Desestacionalizar” (Ver Figura 1).

La acción anterior ejecutara una serie de procedimientos programados en Visual Basic, los cuales ejecutarán el programa X-12-ARIMA entregando la serie desestacionalizada “D11”, la tendencia cíclica “D12”, el componente irregular “D13”, los factores finales estacionales y efecto calendario combinados “D16”, la serie de factores estacionales “D10” y la serie de factores del efecto calendario “D18”.

3.3. Tipo, Método y Modelo de Desestacionalización

En las columnas A y B de la hoja “Datos” se encuentran los rótulos que especifican los distintos tipos de métodos, frecuencia y modelos para desestacionalizar. Esta información debe ser llenada para cada una de las series, a fin de informar a X-12-ARIMA la forma precisa de desestacionalizar. Dichos rótulos o encabezados se presentan en la siguiente tabla.

Figura 1: Rótulos de la Hoja “Datos”

	A	B
1	Actualizar [s/x/n]	
2	Frecuencia y Tipo:	
3	Origen Datos	
4	Modelo Arima (I/O)	
5	Parámetros (Input)	
6	Parámetros (Output)	
7	Promedios Móviles	
	Nombre de la Serie:	
8	Desestacionalizar	
9	Unidades	
10	Simbolo Serie	

¹¹ Al asignar un número “1” en la celda “A10” en la hoja “Datos” se establece la periodicidad mensual, con un “3” la trimestral. Sin embargo, esta periodicidad sirve sólo para tener una referencia para las series puesto que la periodicidad para desestacionalizar se define en la fila “Frecuencia y Tipo”.

Aun cuando en Excel cada rótulo tiene una nota para explicar a qué corresponde, aquí se entrega una explicación, utilizando las series del IMACEC (frecuencia mensual) y del PIB (frecuencia trimestral) como ejemplo.

- a) **Actualizar [s/x/n]:** Aun si existieran muchas series en la hoja "DATOS" se puede especificar exactamente que series se desea desestacionalizar asignando una "s" minúscula en la fila *Actualizar* sobre la columna correspondiente a la o las series. Aquellas que tengan una "n" o cualquier otra letra, no serán desestacionalizadas. La opción "x" permite desestacionalizar la serie, pero sólo copia en Excel la serie desestacionalizada. Aun cuando no se recomienda, esta opción es útil en el caso en que se desee desestacionalizar un gran número de series rápidamente y no se desee analizar los componentes de la serie.
- b) **Frecuencia y Tipo:** En esta línea se establece un código mediante el cual la rutina en Visual Basic identifica la frecuencia y el tipo de desestacionalización. Este código tiene cuatro partes que están identificadas por letras mayúsculas separadas por puntos (W.X.Y.Z). Si los argumentos de este código difieren de los posibles argumentos que se dan más abajo, aparecerá una nota indicando que no se ha definido un tipo para la serie en particular.

Figura 2: Sentencias de EX-12

	A	B	C	D	E
1	Actualizar [s/x/n]		[w].[x].[y].[z]		
2	Frecuencia y Tipo		w : T Trimestral M Mensual		
3	Origen Datos		x : M Multiplicativo (Niveles) A Aditivo (Tasas o Logaritmos)		
4	Modelo Arima (I/O)		y : D Días hábiles N No días hábiles		
5	Parámetros (Input)		T Forzar Totales (no días hábiles)		
6	Parámetros (Output)		z : P Leer el vector de Parámetros		
7	Promedios Móviles		A Leer modelo ARIMA M Leer Modelo completo (parámetros+ARIMA) E Estima vector y ARIMA		
	Nombre de la Serie				
8	Desestacionalizar				
	Unidades				Personas
9					
10	3 Simbolo Serie	y	yt		emp

W: Define la frecuencia, este puede ser mensual "M" o trimestral "T", acorde a la frecuencia de la serie. Por ejemplo, para el caso del IMACEC, de frecuencia mensual, se debe usar M, y una T para el PIB que viene en frecuencia trimestral.

X: Define si la desestacionalización será aditiva "A" o multiplicativa "M". En general, la desestacionalización multiplicativa se utiliza para series en niveles, si estas no están en logaritmos. La desestacionalización aditiva se utiliza para series en niveles que están en logaritmos, o bien para series de tasas de crecimiento o porcentajes.

Y: Establece el uso del efecto calendario en la desestacionalización. Este efecto es distinto del efecto estacional pues busca corregir el efecto de la estructura de los días durante el mes. Los valores de Y pueden ser **D**, **N** y **T**.

- "**D**" define una desestacionalización corregida por efecto calendario,
- "**N**" no corrige por efecto calendario, es decir sólo desestacionaliza.
- "**T**" finalmente **T** fuerza que la serie desestacionalizada tenga en promedio durante el año, el mismo nivel que la serie original¹².

Z: Este último carácter indica la forma en que se determinarán los coeficientes para el efecto de días hábiles y el modelo ARIMA a utilizar.

En caso que se desee entregar un vector de coeficientes o parámetros específicos para los días hábiles se debe usar el valor "**P**", y el vector con los coeficientes se debe poner en la fila 5, llamada "Parámetros (Input)".

Si se desea que estos coeficientes se estimen automáticamente por X-12-ARIMA, pero imponiendo un modelo ARIMA particular, el valor de Z debe ser "**A**", en este caso el modelo ARIMA a utilizar debe estar en la fila 6 "Modelo Arima (I/O)". Este modelo ARIMA debe especificar tanto el modelo para la serie como el modelo para el factor estacional.

Por otra parte, si se quiere imponer tanto los coeficientes de los días hábiles como el modelo ARIMA a utilizar, hay que usar la opción "**M**", en cuyo caso deben haberse provisto tanto del vector de parámetros como del modelo ARIMA.

Finalmente, si se desea que X-12-ARIMA estime automáticamente tanto los coeficientes como el modelo ARIMA se debe utilizar el valor "**E**".

En resumen, se define el tipo como : [w].[x].[y].[z], donde:

- w : **T** : Trimestral
- M** : Mensual
- x : **M** : Multiplicativo (para serie en niveles)
- A** : Aditivo (Tasas o Logaritmos)
- y : **D** : Días hábiles
- N** : No días hábiles
- T** : Forzar Totales (no días hábiles)
- z : **P** : Leer el vector de Parámetros
- A** : Leer modelo ARIMA
- M** : Leer Modelo completo (parametros+ARIMA)
- E** : Estima vector y ARIMA

Adicionalmente, EX-12 entrega el vector de parámetros de días hábiles. La metodología sugerida por el BCCh plantea que si se desea considerar el efecto calendario, estos parámetros deben ser estimados a partir de series con frecuencia mensual, si es que existen. Para poder utilizar esta metodología en forma ágil, EX-12

¹² La opción Force Totals no es compatible con una desestacionalización que considere ajuste por efecto calendario.

entrega dicho vector, donde los coeficientes están divididos por 3, para que puedan ser utilizados como input en la serie con frecuencia trimestral.

Figura 3: Selección de la frecuencia de los datos
 (“1” para frecuencia mensual y “3” para frecuencia trimestral)

6	Parámetros (Output)
7	Promedios Móviles
	Nombre de la Serie
8	Desestacionalizar
9	Unidades
10	3 Símbolo Serie
11	1 Ene-1985
12	2 Abr-1985
13	3 Jul-1985
14	4 Oct-1985
15	5 Ene-1986

- c) **Origen Datos:** Esta línea es para identificar el origen de los datos, es decir si provienen por ejemplo del Banco Central o del INE. Asimismo, también se puede utilizar para identificar al responsable de los datos.
- d) **Modelo Arima (I/O):** En caso de que se desee proveer un modelo ARIMA específico este debe ir en esta fila. Es necesario asignar tanto el modelo para la serie como para el factor estacional. Por ejemplo el modelo (2 0 0)(0 1 1) define un modelo completo, donde el primer vector es para el componente normal y el segundo para la parte estacional. Este representa a una serie en diferencias estacionales¹³ con un componente autorregresivo en su parte normal, y con un promedio móvil en su componente estacional. Para que X-12-ARIMA efectivamente utilice este vector hay que utilizar el valor “A” o “M” en la posición Z en “Frecuencia y Tipo”. En cualquier otro caso EX-12 mostrará, en esta posición, el modelo ARIMA utilizado en la última desestacionalización.
- e) **Parámetros (Input):** Corresponde al lugar para el vector de coeficientes para el efecto calendario.

Este vector tiene nueve componentes (c, ly, d1, d2, d3, d4, d5, d6, d7), de los cuales todos deben ser fijos excepto la constante. Para fijar el coeficiente se le pone una “f” al final del número. Para ilustrar esto con un ejemplo, se utiliza el PIB y el IMACEC. Para desestacionalizar el PIB hasta el primer trimestre de 2002, con datos de IMACEC con datos hasta junio de 2002, el vector de parámetros era “b = (0.019724 0.003327f -0.000149f 0.001094f 0.001555f 0.000302f 0.001020f -0.001831f -0.001508f)”. Se puede observar que todos los valores están seguidos de una “f”, excepto el primero, ya que este último identifica la

¹³ Esta diferencia es de 4 o 12 periodos dependiendo de la frecuencia de la serie.

constante. Para que X-12-ARIMA efectivamente utilice este vector hay que utilizar el valor “P” o “M” en la posición Z en “Frecuencia y Tipo”.

- f) Parámetros (Output):** Esta fila no debe ser intervenida ya que se llena en forma automática al seleccionar la opción “C” en la posición Z, en “Frecuencia y Tipo”. En ese caso el programa llenará automáticamente esta posición al correr X-12-ARIMA.

Hay que tener presente que entregará un vector similar al mostrado en la fila “Parámetros (Input)”, donde los valores del vector efectivo estarán divididos por 3. La idea de esto es que al solicitar el vector de parámetros a la serie de IMACEC, estos sirvan inmediatamente para la serie del PIB. Por lo tanto, si uno corre una serie en frecuencia mensual, y se desea saber el verdadero valor de los coeficientes, el valor que aparece en “Parámetros (Output)” se debe multiplicar por tres.

- g) Promedios Móviles:** Estos son los promedios móviles para la desestacionalización. Si no se asignan, el programa X-12-ARIMA los estima automáticamente. El formato para estos es $sN_1xN_2\#N_3^{14}$, donde N_1 y N_2 son los valores para el promedio del efecto estacional y N_3 es el valor para calcular la tendencia cíclica.

A modo de ejemplo, el PIB utiliza un promedio “s3x9#13”. Esto quiere decir que para calcular el efecto estacional primero se toma un promedio móvil centrado de 3, y luego uno de 9, sobre los trimestres en cada año. El primer promedio “3” toma el promedio entre el valor del trimestre corriente en ese año, en el año pasado y en el próximo. Después hace lo mismo para cuatro años hacia delante y cuatro hacia atrás, para completar el promedio “9”. Matemáticamente esto es equivalente a tener un promedio centrado de largo 11 donde se tomarán cinco años para adelante, cinco años para atrás y el dato central.

El número 13, que viene después, es el promedio para calcular la serie de tendencia y ciclo. Esto quiere decir que simplemente toma un promedio móvil de trece trimestres para estimar el ciclo y la tendencia. Para el caso del IMACEC en vez de trimestres tomará meses.

- h) Nombre de la Serie:** Este espacio es para escribir el nombre completo de la serie, sin importar el formato.
- i) Unidades:** Este espacio es para escribir las unidades en que se encuentra la serie, sin importar el formato.
- j) Símbolo Serie:** Este espacio es para escribir un símbolo o nombre corto para la serie. Es necesario que este nombre no incluya caracteres distintos de los alfanuméricos, excepto “_”. Con este nombre, X-12-ARIMA ejecutará el proceso de desestacionalización.

14 Para todas las series, los promedios deben ser escritos con este mismo formato.

3.3.1. Problemas de Desestacionalización

Aun cuando todo el proceso de desestacionalización haya sido hecho en la forma antes descrita por EX-12, pueden surgir algunos errores. En algunos casos esos errores son un problema en la especificación que X-12-ARIMA utiliza por defecto (default), en otros es simplemente una falta de sincronización.

Tiempo de Ejecución

Existe un problema de sincronización entre el procedimiento ejecutado en Excel y la desestacionalización de X-12-ARIMA. Para solucionar esto Visual Basic tiene un tiempo de espera mientras X-12-ARIMA desestacionaliza la serie.

Si el procedimiento falla o demora demasiado EX-12 mostrará la siguiente ventana que dice:

Figura 4: Posible error de ejecución



Si efectivamente X-12-ARIMA todavía está ejecutándose o se desea dar más tiempo al programa presione “Continuar”. Puede hacer esto cuantas veces desee, pero lo más probable es que si el cuadro sale más de dos veces y la ventana de X-12-ARIMA está cerrada, esto se deba a un problema en la desestacionalización.

Si efectivamente hubo un error X-12-ARIMA generará un archivo con el error producido. EX-12 permite leer ese error presionando el botón “Log Error” en el cuadro antes mencionado. Aunque no es necesario, se recomienda cerrar los mensajes de error luego de leerlos. Si se desea también puede detenerse la ejecución de EX-12.

Si finalmente EX-12 funcionó después de presionar “Continuar”, no debe preocuparse, ya que este cuadro no genera ninguna alteración al proceso original de desestacionalización. Esto es cierto, aun cuando se haya leído el archivo de error¹⁵.

15 El archivo de error podría estar vacío, debido a que X-12-ARIMA todavía no lo ha generado. También podría decir que fue producido por X-12-ARIMA, pero no mostrar ningún error. Eventualmente podría existir un error que no sea suficiente para interrumpir el proceso de desestacionalización. Sólo en el caso que el error sea importante el proceso de

Sólo en el caso que el error sea importante, esto lo determina X-12-ARIMA, el proceso se detendrá. En cada caso la solución dependerá del tipo de error encontrado. En estos caso, el error más frecuente es el que la serie es no invertible. La solución es asignar un modelo ARIMA apropiado o bien reducir el periodo muestral de la serie.

Error de Especificación

Aún cuando el programa en Excel intenta dar una gran versatilidad sobre X-12-ARIMA, es posible que X-12-ARIMA mismo no sea capaz de desestacionalizar una serie. El programa ocupa por defecto cinco distintos modelos ARIMA para el proceso de desestacionalización, y utiliza un criterio χ^2 para elegir el mejor. Existen casos en que ninguno de los modelos seleccionados por X-12-ARIMA es eficiente.

Esto puede producir dos distintos tipos de errores. El primero y más complicado es que el modelo utilizado no permita invertir la serie. En este caso aparecerá un error en que dice “NDP error - divide by zero”.

La solución es asignar un modelo ARIMA apropiado o bien reducir el periodo muestral de la serie.

El otro problema que se puede producir es que el modelo ARIMA elegido efectivamente permita invertir la serie, pero no proyecte los factores estacionales y calendario para los próximos trimestres. Para solucionar esto necesariamente habría que proveer a X-12 con un modelo ARIMA predefinido.

3.3.2. Ejemplos aplicados

En esta parte del trabajo se incluyen algunos ejemplos para un grupo de series de uso frecuente en estudios económicos. Cabe hacer notar que estos ejemplos son sólo una referencia práctica y en ningún caso pretenden ser el procedimiento más adecuado de tratar estas series. En la Figura 5 aparece un cuadro con las siguientes series: nivel de empleo, tasa de desempleo, agregado monetario M1A real y el Índice de Precios al Consumidor. Los ejemplos del PIB e IMACEC se explican detenidamente en la sección 3.4.2

desestacionalización se detendrá. Esto último ocurrirá independiente de si el usuario lee o no el archivo de error.

Figura 5: Algunos ejemplos aplicados.

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	Actualizar [s/x/n]		s	s	x	s	s	n
2	Frecuencia y Tipo		M.M.D.A	T.M.D.M	M.M.N.E	M.A.N.E	M.M.D.E	M.M.N.E
3	Origen Datos		Banco Central de Chile	Banco Central de Chile	Instituto Nacional de Estadísticas	Instituto Nacional de Estadísticas	Banco Central de Chile	Instituto Nacional de Estadísticas
4	Modelo Arima (I/O)		(2 0 0)(0 1 1)	(1 0 0)(0 1 1)				
5	Parámetros (Input)			b=(0.019724				
6	Parámetros (Output)		b=(0.019724					
7	Promedios Móviles		s3x9#39	s3x9#13				
8	Nombre de la Serie Desestacionalizar		Imacec	PIB total Real	Nivel de Empleo	Tasa de Desempleo	Agregado Monetario	Índice de Precios al Consumidor
9	Unidades		mill \$ 96	mill \$ 96	Miles de Personas	%	mill. de \$ 96	índice
10	Simbolo Serie		y	yt	emp	tasa_desemp	M1A	IPC
11	1	Ene-1985						

En el caso del nivel de empleo, que aparece en la columna E, éste se desestacionaliza con la siguiente instrucción: M.M.N.E, donde se está representando una serie de frecuencia mensual con un tipo de modelo multiplicativo el que no considera el efecto de los días o calendario y que además estima su modelo ARIMA internamente.

La rutina para la tasa de desempleo es diferente (M.A.N.E), su frecuencia también es mensual pero el modelo debe ser aplicado en forma aditiva pues se trata de una tasa. Aquí tampoco son relevantes la composición de los días y el modelo ARIMA también es determinado por el programa.

El agregado monetario M1A real tiene la siguiente instrucción M.M.D.E, es decir, serie mensual de tipo multiplicativo con incidencia de los días¹⁶ y el modelo ARIMA es determinado por el programa.

Finalmente, el Índice de Precios al Consumidor (M.M.N.E) que también se publica mensualmente por su naturaleza se desestacionaliza multiplicativamente, no incluyendo efecto de días y el modelo ARIMA es determinado por el programa.

3.3.3. Ejecución Manual

Si se desea ejecutar X-12-ARIMA en forma manual, ya sea porque no funciona o por otra razón, debe abrir una ventana en DOS, cambiarse al directorio c:\x12 y ejecutar "x12a dato". Esto ejecutará el programa X12A sobre la última serie que se desestacionalizó o trató de desestacionalizar.

¹⁶ Por ejemplo, una mayor cantidad de fines de semana, debido a motivos de transacción, incrementa la demanda por saldos reales.

3.4. Un Ejemplo Aplicado: Desestacionalización del IMACEC y del PIB

3.4.1. Procedimiento de desestacionalización del producto: rutina actual

En la actualidad el BCCh publica series desestacionalizadas para el PIB e IMACEC utilizando el método X-12-ARIMA. Por razones de carácter estadístico la evolución de ambas series no es coincidente en el corto plazo, esto es, la evolución del PIB trimestral no es necesariamente similar a la del IMACEC llevado a niveles trimestrales. La principal razón para lo anterior se encuentra en que el procedimiento de desestacionalización es aplicado a series de frecuencia distinta¹⁷, mensual versus trimestral. Adicionalmente, estas series son corregidas del efecto calendario a través de un método de regresión (con correlación en los residuos) y los coeficientes estimados, asociados a cada día laboral o hábil, no guardan necesariamente la relación de proporcionalidad que debería existir entre ambas series, es decir, no se cumple que los coeficientes del PIB equivalen a un tercio del valor de los coeficientes del IMACEC.

En efecto, las velocidades de expansión¹⁸ que se desprenden de las series publicadas de PIB e IMACEC (promedio trimestral) desestacionalizados presentaron diferencias¹⁹, existiendo trimestres incluso con signo distinto. Estas diferencias se explican fundamentalmente porque las estimaciones del efecto calendario para cada serie que no guardan la debida relación de proporcionalidad.

Para solucionar estos inconvenientes se adoptaron los siguientes acuerdos:

- i) Primero se diseñó una matriz que contuviese aquellas variables relevantes para la estimación del efecto calendario, esto es, efecto días laborales y feriados, sobre la producción.
- ii) Los modelos ARIMA utilizados para prolongar las series originales dejan de ser estimados por defecto y pasan a ser identificados dependiendo de las características de cada serie. Además estos modelos serán revisados semestralmente.
- iii) Los promedios móviles, para el cálculo de los componentes estacionales y de la tendencia-ciclo, serán coherentes en términos de periodos tanto para el IMACEC como para el PIB. Con ello se aproxima la tendencia-ciclo del IMACEC con la correspondiente del PIB.
- iv) Se imponen los parámetros estimados para el efecto calendario del IMACEC al PIB con el propósito de respetar la debida proporcionalidad de los coeficientes asociados a este efecto (coeficientes de estimaciones mensuales se dividen por

17 Esta explicación aparece en una nota de pie de página de los respectivos cuadros del Informe Económico Financiero.

18 Por velocidad de expansión se entiende la tasa de variación del periodo corriente con respecto a su nivel anterior anualizado.

19 Ver Informes Económico y Financiero del primer semestre de 2002.

tres para transformarlos en coeficientes trimestrales). Estos parámetros se calculan a partir de la serie mensual ya que ella posee un mayor número de observaciones y variabilidad de las variables relevantes.

3.4.2. Etapas de la rutina de desestacionalización

Desestacionalización del IMACEC y el PIB con el X-12-ARIMA

La desestacionalización del IMACEC y PIB se realiza en dos pasos:

- IMACEC: El programa calcula la componente atribuible del efecto de los días hábiles con la estimación de un modelo econométrico y luego la descompone en tendencia-ciclo, estacionalidad, e irregularidad.
- PIB: El programa calcula la componente atribuible del efecto de los días hábiles con la estimación de un modelo econométrico, pero cuyos coeficientes fueron estimados en la serie equivalente en frecuencia mensual y luego se descompone la serie resultante en tendencia-ciclo, estacionalidad, e irregularidad.

Con respecto a las opciones técnicas que es necesario adoptar para la desestacionalización de una serie de tiempo, por ejemplo, PIB e IMACEC, conviene hacer los siguientes alcances:

Efecto Calendario

Para corregir los efectos del calendario con la composición de los feriados en Chile, es necesario, que el programa disponga de la información correspondiente.

En el IMACEC se construyeron siete variables, seis para cada día de la semana, Lunes, Martes, Miércoles, Jueves, Viernes, Sábado y el total de feriados del mes excluyendo los Domingos. La construcción de las variables anteriores se explica en la sección 4.3.

Como fue explicado, el X-12-ARIMA corrige el efecto calendario estimando los coeficientes a través un modelo lineal. La estimación de los coeficientes del modelo en el caso trimestral, tiene dos desventajas con respecto al caso mensual:

- Menos datos o grados de libertad.
- Las variables de días hábiles por trimestre tienen una menor variabilidad.

La situación anterior hace que la estimación independientemente de la frecuencia mensual o trimestral, genere resultados significativamente distintos entre dos series que deberían ser compatibles entre sí. Para solucionar el problema anterior, se ha optado por estimar los coeficientes en la frecuencia mensual y luego asignar esos coeficientes (divididos por 3) al modelo en el caso trimestral.

Modelo Estacional

Dado que en ambas series (IMACEC y PIB), presentan una estacionalidad que depende del nivel de la tendencia, se adoptó en cada caso un modelo multiplicativo.

Modelo ARIMA

Para seleccionar el modelo más apropiado se utilizó un criterio de información Bayesiano. Los modelos seleccionados fueron los siguientes:

IMACEC: Modelo (2, 0, 0)x(0, 1, 1) que tiene la siguiente expresión con el operador de rezagos:

$$(1 - f_1 B - f_2 B^2) \cdot (1 - B^{12}) \cdot \log(IMACEC_t^*) = (1 - q_{12} B^{12}) \cdot e_t \quad 20$$

PIB trimestral: Modelo (1, 0, 0)x(0, 0, 1) que tiene la siguiente expresión con el operador de rezagos:

$$(1 - f_1 B) \cdot (1 - B^4) \cdot \log(PIB_t^*) = (1 - q_4 B^4) e_t \quad 21$$

Promedio Móvil para estimar el Componente Estacional

Para determinar el promedio móvil a utilizar en la estimación del componente estacional, el programa calcula la razón de estacionalidad móvil MSR = I/S (Tablas 1 y 2).

Si MSR es inferior a 1,5, entonces, es conveniente adoptar un promedio móvil estacional 3.

Si MSR queda ubicado entre 1,5 y 2,5, entonces, es conveniente adoptar un promedio móvil estacional 3x3.

Si MSR queda ubicado entre 2,5 y 5,0, entonces, es conveniente adoptar un promedio móvil estacional 3x5.

Si MSR queda ubicado entre 5 y 7, entonces, es conveniente adoptar un promedio móvil estacional 3x9.

Si MSR es superior a 7, entonces, el componente estacional es fijado de acuerdo al valor promedio de la serie sin Tendencia-ciclo.

²⁰ Log(IMACEC_t^{*}) representa al logaritmo natural de la serie IMACEC corregida de efecto calendario.

²¹ Log(PIB_t^{*}) representa al logaritmo natural de la serie PIB corregida de efecto calendario.

Tabla 1: PIB

D 9.A Moving seasonality ratio

	1st	2nd	3rd	4th
I	0.485	0.764	0.821	0.749
S	0.244	0.155	0.166	0.296
RATIO	1.988	4.930	4.953	2.536

Tabla 2 IMACEC

D 9.A Moving seasonality ratio

	Jan	Feb	Mar	Apr
I	0.536	0.686	0.835	0.615
S	0.207	0.222	0.284	0.288
RATIO	2.594	3.088	2.942	2.138
	May	Jun	Jul	Aug
I	0.985	1.088	1.153	0.739
S	0.164	0.157	0.174	0.157
RATIO	6.003	6.941	6.611	4.697
	Sep	Oct	Nov	Dec
I	0.649	0.985	0.790	0.785
S	0.156	0.284	0.343	0.323
RATIO	4.156	3.468	2.301	2.433

Promedio Móvil para estimar el Componente Tendencia - Ciclo

Para determinar el promedio móvil a utilizar en la estimación de la componente estacional, el programa calcula la razón I/C. (Tablas 3 y 4)

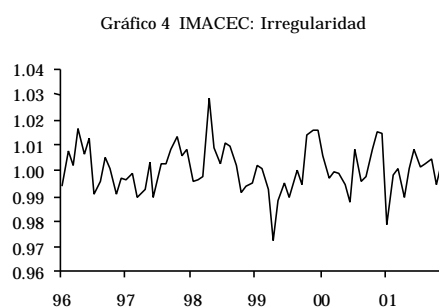
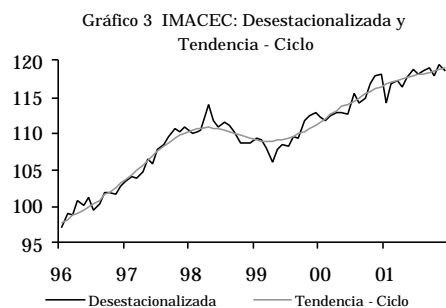
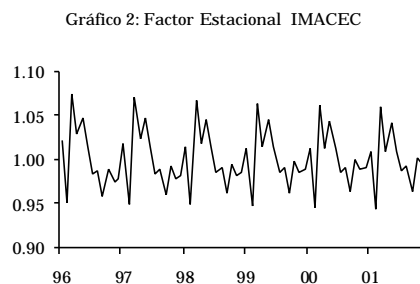
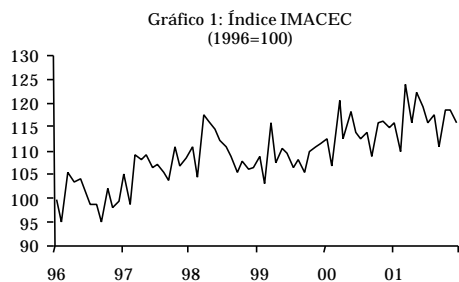
Tabla 3 IMACEC

F 2. Summary Measures

F 2.E: I/C Ratio for months span

SPAN	1	2	3	4	5	6
I/C	1.69	1.04	0.77	0.60	0.49	0.42
SPAN	7	8	9	10	11	12
I/C	0.34	0.28	0.24	0.22	0.19	0.17

Datos Mensuales



Si I/C es inferior a 1,0, entonces, conviene adoptar un promedio móvil de Henderson de largo 9.

Si I/C se ubica entre 1,0 y 3,5, entonces, conviene adoptar un promedio móvil de Henderson de largo 13.

Si I/C es superior a 3,5, entonces, conviene adoptar un promedio móvil de Henderson de largo 23.

Datos Trimestrales

Si I/C es inferior a 1,0, entonces, conviene adoptar un promedio móvil de Henderson de largo 5.

Si I/C se superior a 1,0, entonces, conviene adoptar un promedio móvil de Henderson de largo 7.

En el caso del la Tendencia-Ciclo no solamente se utilizó el criterio de razón I/C, adicionalmente se buscaron ciclos con un largo mayor a 1 año que no presentaran irregularidades.

Tabla 4 PIB
F 2. Summary Measures
F 2.E: I/C Ratio for quarters span

SPAN	1	2	3	4
I/C	0.73	0.40	0.22	0.16

Gráfico 5 Producto Interno Bruto

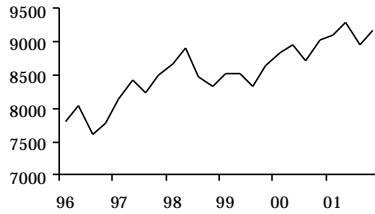


Gráfico 6 PIB: Factor Estacional

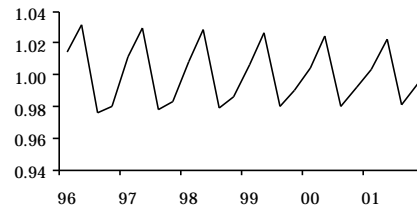


Gráfico 7 Desestacionalizada y Tendencia

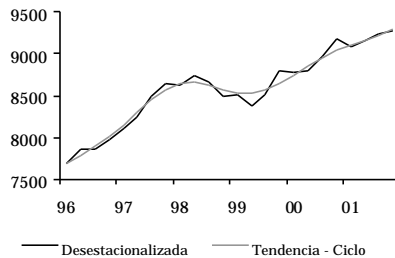
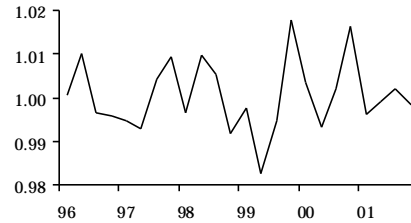


Gráfico 8 PIB: Irregularidad



Desestacionalización con el Programa X-12-ARIMA

El programa X-12-ARIMA opera en ambiente DOS. Para procesar una serie, es conveniente construir tres archivos de texto, por ejemplo, en el caso del IMACEC se construyen tres archivos donde reside el programa C:\X12:

- **IMACEC.SPC:** Programa con instrucciones o comandos que ejecuta X-12-ARIMA.
- **IMA.TXT:** Datos con la serie para desestacionalizar.
- **DIAS_MES.TXT:** Datos con las variables para corregir por el efecto de los días hábiles.

Luego se da el comando, en DOS, "x12a IMACEC" y el programa genera las tablas solicitadas como texto con los nombres IMACEC.D*²².

Los programas con el código X-12-ARIMA, se muestran en el ANEXO.

Desestacionalización con EX-12

- EX-12 permite al usuario obviar el manejo de los comandos DOS y los archivos de texto.
- El ingreso de la serie y la programación de las especificaciones técnicas anteriores se hacen en el ambiente EXCEL.
- EX-12 permite desestacionalizar series Mensuales y Trimestrales.
- Las variables de días hábiles tanto mensuales como trimestrales están incluidas en EX-12.

²² El * representa cualquier número que tenga asociado alguna tabla como por ejemplo 11, 12 o 13.

Para desestacionalizar una serie, basta que sea copiada en la hoja "DATOS" y en una columna a partir de la "C" con el encabezado.

En las siguientes tablas, se detallan las etapas e instrucciones en el programa EX-12, aplicadas en la desestacionalización del IMACEC y del PIB.

Tabla 5: Serie Mensual: El IMACEC

ETAPA	IMACEC Base 96=100.	Instrucción EX-12
Observaciones previas	Empalme 1986-1996 por tasas de variación anuales.	La programación sólo se hace en la hoja "DATOS"
Periodo y frecuencia de la Serie Original.	1986-2001 Mensual	Fila 2: Ver la sección 3.3 b) M.M.D.A
Lectura de la Serie Original.	Lectura Serie Formato	Copiar la serie en la hoja "DATOS", en una columna a partir de la "A".
Ajuste por días hábiles.	7 variables por día de la semana (Lunes a Sábado) y el total de días feriados) El programa estima, según un modelo lineal, coeficientes para cada variable, más una constante.	Fila 2: Ver la sección 3.3 b) M.M.D.A
Modelo ARIMA	Modelo (2 0 0)x(0 1 1)	Fila 4: Ver sección 3.3 d) (2 0 0)(0 1 1) Si se opta por un modelo automático anotar: M.M.D.E
Modelo de Estacionalidad	Multiplicativo	Fila 2: Ver la sección 3.3 b) M.M.D.A
Promedio móvil para estimar la estacionalidad	3x9	Fila 7: Ver la sección 3.3 g) s3x9#39
Promedio móvil para estimar la tendencia	Largo = 39	Fila 7: Ver la sección 3.3 g) s3x9#39
Componentes solicitadas al programa	<ul style="list-style-type: none"> • Factor Estacional. • Desestacionalizada. • Tendencia-Ciclo. • Irregular. • Días Hábiles. 	Las tablas, d11, d16, d10, d18, d13 y d12, son copiadas por EX-12.

Tabla 6: Serie Trimestral del PIB

ETAPA	PIB Base 96=100.	Instrucción EX-12
Observaciones previas	Empalme 1986-1996 por tasas de variación anuales.	La programación sólo se hace en la hoja "DATOS"
Periodo y frecuencia de la Serie Original.	1986-2001 Trimestral	Fila 2: Ver la sección 3.3 b) T.M.D.P
Lectura de la Serie Original.	Lectura Serie Formato	Copiar la serie en la hoja "DATOS", en una columna a partir de la "C".
Ajuste por días hábiles.	7 variables por día de la semana (Lunes a Sábado) y el total de días feriados) Los coeficientes del modelo son los estimados para el IMACEC divididos por 3.	Fila 2: Ver la sección 3.3 b) T.M.D.P
Modelo ARIMA	Modelo (1 0 0) x (0 1 1)	Fila 4: Ver sección 3.3 d) (1 0 0)(0 1 1) Si se opta por un modelo automático anotar: T.M.D.E
Modelo de Estacionalidad	Multiplicativo	Fila 2: Ver la sección 3.3 b) T.M.D.P
Promedio móvil para estimar la estacionalidad	3x9	Fila 7: Ver la sección 3.3 g) s3x9#13
Promedio móvil para estimar la tendencia	Largo = 13	Fila 7: Ver la sección 3.3 g) s3x9#13
Componentes solicitadas al programa	<ul style="list-style-type: none"> • Factor Estacional. • Desestacionalizada. • Tendencia-Ciclo. • Irregular. • Días Hábiles. 	Las tablas, d11, d16, d10, d18, d13 y d12, son copiadas por EX-12.

4. Marco Conceptual del Proceso de Desestacionalización

4.1. Desestacionalización con promedios móviles

Considerando una serie temporal Y_t que admite una descomposición entre tendencia, ciclo, estacionalidad e irregularidad. El objetivo de los diferentes métodos de desestacionalización es encontrar una transformación del proceso Y_t , de forma tal de eliminar el componente estacional. Dentro de los métodos disponibles, y uno de los más utilizados, se encuentra el X-12-ARIMA. Este método permite realizar una estimación no paramétrica del componente estacional con la ayuda de promedios móviles, generalmente este procedimiento se conoce como X-11.

4.1.1. Generalidades sobre los promedios móviles²³

Operador de rezago

Se define el operador de rezago B (backward) o L (lag) como el operador lineal $BY_t = Y_{t-1}$ y el operador de adelanto F (forward) $FY_t = Y_{t+1}$

Además, se define la función inversa $B \circ F = F \circ B = I$ (I es el operador identidad), en lo que sigue se usará la siguiente notación $F = B^{-1}$ y $B = F^{-1}$.

Polinomios de operadores en “B”

Es posible componer los operadores, es decir, $B^p = \underbrace{B \circ B \circ \dots \circ B}_{p\text{ veces}}$ donde $p \in N$, y la convención de definir $B^0 = I$

Sea A el siguiente polinomio: $A(z) = a_0 + a_1z + \dots + a_pz^p$. Se notará $A(B)$ al operador $A(B) = a_0 + a_1B^1 + \dots + a_pB^p = \sum_{k=0}^p a_k B^k$. Sea Z_t una serie temporal definida como $Z_t = A(B)Y_t = \sum_{k=0}^p a_k Y_{t-k}$

Promedios móviles

Un promedio móvil es un operador lineal definido como una combinación lineal de operadores de rezago, es decir:

²³ Para una descripción más detallada de las propiedades de los promedios móviles, ver el capítulo 3 de Gouriéroux y Monfort, 1997.

$$M = \sum_{i=-m_1}^{m_2} \mathbf{q}_i B^{-i} \text{ donde } m_1, m_2 \in \mathbb{N}$$

el cual puede ser reescrito de la siguiente manera:

$$M = B^{m_1} \sum_{i=0}^{m_1+m_2} \mathbf{q}_{i-m_1} B^{-i} = B^{m_1} \sum_{i=0}^{m_1+m_2} \mathbf{q}_{i-m_1} F^i = B^{m_1} \Theta(F)$$

donde $\Theta(\cdot)$ es un polinomio llamado polinomio característico de M, de grado $m_1 + m_2$ y de orden $m_1 + m_2 + 1$.

Si $m_1 = m_2 = m$, el promedio móvil es centrado. Adicionalmente, si M es centrado y $\forall i, \mathbf{q}_i = \mathbf{q}_{-i}$ el promedio móvil es simétrico.

Generalmente se consideran promedios móviles de orden $m = 2p + 1$ definidos por:

$$M_m(Y_t) = \frac{1}{m} (B^p + \dots + I + \dots + B^{-p}) Y_t = \frac{1}{m} (Y_{t-p} + \dots + Y_t + \dots + Y_{t+p})$$

Adicionalmente, se pueden definir promedios móviles centrados y simétricos de orden par ($m = 2p$) definidos por:

$$\begin{aligned} M_m(Y_t) &= \frac{1}{m} \left(\frac{1}{2} B^p + B^{p-1} + \dots + I + \dots + B^{-(p-1)} + \frac{1}{2} B^{-p} \right) Y_t \\ &= \frac{1}{m} \left(\frac{1}{2} Y_{t-p} + Y_{t-(p-1)} + \dots + Y_t + \dots + Y_{t+(p-1)} + \frac{1}{2} Y_{t+p} \right) \end{aligned}$$

Este promedio móvil de orden par es en efecto un promedio móvil de orden impar, el cual se notara $M_{2 \times p}$ y define como sigue:

$$M_{2 \times p}(Y_t) = M_m(Y_t) = \frac{1}{2p} (Y_{t-p} + 2Y_{t-(p-1)} + \dots + 2Y_t + \dots + 2Y_{t+(p-1)} + Y_{t+p})$$

Ejemplos:

- Promedio móvil de 2×4 , el cual permite estimar una tendencia para series trimestrales es de la siguiente forma:

$$M_{2 \times 4}(Y_t) = \frac{1}{8} (Y_{t-2} + 2Y_{t-1} + 2Y_t + 2Y_{t+1} + Y_{t+2})$$

- Promedio móvil de 2×12 , el cual permite estimar una tendencia para series mensuales es de la siguiente forma:

$$M_{2 \times 12}(Y_t) = \frac{1}{24} (Y_{t-6} + 2Y_{t-5} + \dots + 2Y_t + \dots + 2Y_{t+5} + Y_{t+6})$$

- Promedio móvil de 3×3 :

$$\begin{aligned}
M_{3 \times 3}(Y_t) &= M_3 M_3(Y_t) = \frac{1}{3}(B + I + B^{-1}) * \frac{1}{3}(B + I + B^{-1})Y_t \\
&= \frac{1}{9}(B^2 + 2B + 3I + 2B + B^{-2})Y_t \\
&= \frac{1}{9}(Y_{t-2} + 2Y_{t-1} + 3Y_t + 2Y_{t+1} + Y_{t+2})
\end{aligned}$$

- Promedio móvil de 3×9:

$$\begin{aligned}
M_{3 \times 9}(Y_t) &= M_3 M_9(Y_t) = \frac{1}{3}(B + I + B^{-1}) * \frac{1}{9}(B^4 + \dots + I + \dots + B^{-4})Y_t \\
&= \frac{1}{27}(Y_{t-5} + 2Y_{t-4} + 3Y_{t-3} + \dots + 3Y_t + \dots + 3Y_{t+3} + 2Y_{t+4} + Y_{t+5})
\end{aligned}$$

Los dos primeros ejemplos permiten eliminar la estacionalidad, mantener las tendencias lineales y reducir la varianza de un ruido blanco.

Promedios móviles de Henderson

Estos promedios móviles son utilizados en el método X-11 para estimar la tendencia (incluido el ciclo) sobre la serie corregida de las variaciones estacionales. Se basan en el operador $H = \sum (\Delta^3 q_i)^2$, donde Δ es el operador de primeras diferencias. Esta cantidad es nula en el caso donde los q_i se encuentren sobre una parábola y H mide la distancia entre la forma parabólica y la forma funcional que definen los q_i . Henderson buscó los promedios móviles centrados, de orden impar, que conservan los polinomios de grado 2, y que minimizan la función $H: \min_{q_i} \sum (\Delta^3 q_i)^2$

$$s.a. \quad \sum_{i=-p}^p q_i = 1, \quad \sum_{i=-p}^p i q_i = 0, \quad \sum_{i=-p}^p i^2 q_i = 0$$

lo cual entrega como resultado:

$$q_i = \frac{315((n-1)^2 - i^2)(n^2 - i^2)((n+1)^2 - i^2)(3n^2 - 16 - 11i^2)}{8n(n^2 - 1)(4n^2 - 1)(4n^2 - 9)(4n^2 - 25)}$$

Estos promedios móviles no tienen propiedades especiales con respecto a la eliminación de la estacionalidad, sin embargo suavizan las series relativamente bien y conservan las tendencias cuadráticas en forma local.

4.2. El procedimiento X-11

4.2.1. Filosofía del algoritmo

Al considerar una serie mensual Y_t que se puede descomponer aditivamente se tiene que: $Y_t^c = TC_t + S_t + K_t + I_t$

donde

Y_t^c : serie original

TC_t : componente de tendencia-ciclo

S_t : componente estacional

K_t : componente calendario

I_t : componente irregular

Antes de utilizar el algoritmo X-11 la serie debe ser corregida del efecto calendario (que es explicado en la sección 4.3), sea Y_t ($=TC_t + S_t + I_t$) la serie corregida de efecto calendario. El algoritmo realiza los siguientes pasos para desestacionalizar la serie Y_t .

Estimación de la tendencia con la ayuda del promedio móvil M_{tc}

$$TC^{(1)} = M_{tc}(Y_t)^{24}$$

donde el promedio móvil M_{tc} es elegido de manera de reproducir la tendencia (incluido el ciclo) eliminando el componente estacional e irregular.

Estimación del componente estacional e irregular $(S_t + I_t)$: $(S_t + I_t)^{(1)} = Y_t - TC_t^{(1)}$

Estimación del componente estacional por promedio móvil M_s :

$$S_t^{(1)} = M_s(Y_t - TC_t^{(1)}) \text{ e } I_t^{(1)} = Y_t - TC_t^{(1)} - S_t^{(1)}$$

En este punto, la idea es suavizar el componente $(S_t + I_t)^{(1)}$ de cada mes para extraer la evolución del coeficiente estacional del mes respectivo. Así, el promedio móvil M_s utilizado deberá reproducir el componente estacional de cada mes y reducir la mayor cantidad posible del componente irregular. Finalmente, los coeficientes estacionales son normalizados.

Estimación de la serie corregida de las variaciones estacionales y del efecto calendario:

$$Y_{SA_t} = (TC_t^{(1)} + I_t^{(1)}) = Y_t - S_t^{(1)}$$

24 Los superíndices corresponden a cada una de las etapas del proceso. Por ejemplo, el (1) representa la primera estimación (iteración) de cada uno de los componentes.

La dificultad de este algoritmo recae finalmente en la elección de los promedios móviles M_{ic} y M_s .

4.2.2. Descripción del algoritmo²⁵

El algoritmo, para el caso de series con frecuencia mensual, es el siguiente:

1. Estimación de la tendencia utilizando un promedio móvil de 2×12

$$TC^{(1)} = M_{2 \times 12}(Y_t)$$

Este promedio móvil conserva las tendencias lineales, elimina la estacionalidad y minimiza la varianza de la perturbación.

2. Estimación del componente estacional e irregular: $(S_t + I_t)^{(1)} = Y_t - TC^{(1)}$
3. Estimación del componente estacional con un promedio móvil de 3×3 sobre cada mes: $S_t^{(1)} = M_{3 \times 3}(Y_t - TC_t^{(1)})$ y $I_t^{(1)} = Y_t - TC_t^{(1)} - S_t^{(1)}$

El promedio móvil de 3×3 conserva los componentes lineales y es de la siguiente forma:

$$\begin{aligned} M_{3 \times 3} &= \frac{1}{3}(B^4 + I + B^{-4}) * \frac{1}{3}(B^4 + I + B^{-4}) \\ &= \frac{1}{9}(B^8 + 2B^4 + 3I + 2B^{-4} + B^{-8}) \end{aligned}$$

Finalmente, los coeficientes estacionales son normalizados de forma tal que la suma sobre un periodo de doce meses sea nula, es decir: $\overline{S_t^{(1)}} = S_t^{(1)} - M_{2 \times 12}(S_t^{(1)})$

4. Estimación de la serie corregida de las variaciones estacionales:

$$Y_{SA_t}^{(1)} = Y_t - \overline{S_t^{(1)}}$$

Esta primera estimación de la serie corregida de las variaciones estacionales tiene, por construcción, menos estacionalidad.

5. Estimación de la tendencia por un promedio móvil de Henderson sobre 13 términos: $TC_t^{(2)} = M_{13}^H(Y_{SA_t}^{(1)})$

6. Estimación del componente estacional e irregularidad: $(S_t + I_t)^{(2)} = Y_t - TC^{(2)}$

²⁵ En este resumen sólo se describe la opción por defecto del X-11. Sin embargo, el usuario puede asignar diferentes promedios móviles para el cálculo de la estacionalidad y de la tendencia-ciclo.

7. Estimación del componente estacional con la ayuda de un promedio móvil de 3×5 : $S_t^{(2)} = M_{3 \times 5}(Y_t - TC_t^{(2)})$ y $I_t^{(2)} = Y_t - TC_t^{(2)} - S_t^{(2)}$

El promedio aquí utilizado tiene siete términos el cual conserva los componentes lineales. Los coeficientes estacionales son normalizados de siguiente forma:

$$\overline{S_t^{(2)}} = S_t^{(2)} - M_{2 \times 12}(S_t^{(2)})$$

8. Estimación de la serie corregida de las variaciones estacionales:

$$Y_{SA_t^{(2)}} = Y_t - \overline{S_t^{(2)}}$$

Adicionalmente, el proceso X-11 tiene una rutina para detectar las observaciones atípicas (outliers) presentes en la serie, los cuales son calculados en la etapa número dos, siete y ocho.

4.2.3. Estadísticas de calidad del ajuste

X-12-ARIMA presenta un grupo de once indicadores los cuales permiten tener una idea de la calidad del ajuste estacional realizado. Los valores de estos indicadores están entre 0 y 3, y los valores inferiores a 1 son aceptables, es decir, mientras más pequeños son estos valores mejor es su comportamiento. Un indicador sintético de la desestacionalización es construido como una combinación de estos indicadores. Los indicadores son:

M1: Contribución del componente irregular a la varianza total.

M2: Contribución del componente irregular a la varianza total de la serie bruta estacionaria.

M3: Mide la contribución del componente irregular sobre la evolución de la serie desestacionalizada.

M4: Mide la autocorrelación presente en el componente irregular a partir de la duración promedio de las secuencias.

M5: Número de meses para que variaciones absolutas de la tendencia-ciclo sean mayores a las variaciones del componente irregular.

M6: Evolución anual del componente irregular en relación a la evolución del componente estacional.

M7: Variabilidad del componente estacional en relación a la magnitud del componente estacional.

M8: Amplitud de las variaciones del componente estacional.

M9: Cambios lineales del componente estacional.

M10: M8 para los últimos 3 años.

M11: M9 para los últimos 3 años.

Finalmente, la estadística global de calidad es:

$$Q = \frac{10M1 + 11M2 + 10M3 + 8M4 + 11M5 + 10M6 + 18M7 + 7M8 + 7M9 + 4M10 + 4M11}{100}$$

4.3. Efecto calendario

Sea la serie original Y_t^c producto de la agregación de un factor estocástico Y_t y de un factor atribuible al efecto calendario (K_t), es decir, $Y_t^c = Y_t + K_t$.

Adicionalmente, se supone que cada tipo de día trabajado tiene un efecto fijo y determinístico de la siguiente forma: $K_t = \sum_{i=1}^7 b_i X_{it}$ (1)

donde

X_{it} : número de días de tipo "i" en el mes "t"

$$i = \begin{array}{l} 1 \rightarrow \text{lunes} \\ 2 \rightarrow \text{martes} \\ 3 \rightarrow \text{miércoles} \\ 4 \rightarrow \text{jueves} \\ 5 \rightarrow \text{viernes} \\ 6 \rightarrow \text{sábado} \\ 7 \rightarrow \text{domingo} \end{array}$$

La ecuación (1) se reescribe de la siguiente forma:

$$K_t = \sum_{i=1}^6 \tilde{b}_i (X_{it} - X_{7t}) + \bar{b} N_t \quad (2)$$

donde N_t es el número total de días del mes "t".

Eliminando los componentes estacionales y de tendencia de la ecuación (2) se obtiene el modelo propuesto por Young (1965):

$$K_t = \sum_{i=1}^6 \tilde{b}_i (X_{it} - X_{7t}) + \bar{b} LY_t \quad (3)$$

donde:

$$LY_t = \begin{cases} -0.25 & t \in \{\text{febrero año no bisiesto}\} \\ 0.75 & t \in \{\text{febrero año bisiesto}\} \\ 0 & \forall t \notin \{\text{febrero}\} \end{cases}$$

4.3.1. Incorporación de los días feriados

El efecto calendario incluido los días feriados se puede descomponer en:

$$K_t = \sum_{i=1}^7 b_i^1 X_{it}^1 + \sum_{i=1}^6 b_i^2 X_{it}^2 \quad (4)$$

donde

X_{it}^1 = número de días no feriados del tipo “i” en el mes “t” (el domingo no se considera feriado).

$X_{it}^2 = X_{it} - X_{it}^1$ = número de días feriados del tipo “i” en el mes “t”

En la ecuación (4) los vectores asociados a los días feriados presentan poca variabilidad, por lo cual es coherente agregar los días feriados en un solo vector, es decir:

$$K_t = \sum_{i=1}^7 b_i^1 X_{it}^1 + \bar{b}_1 \sum_{i=1}^6 X_{it}^2 \quad (5)$$

De forma equivalente al modelo sin días feriados, la ecuación (5) se puede descomponer en:

$$K_t = \sum_{i=1}^6 \tilde{b}_i^1 (X_{it}^1 - X_{7t}) + \bar{b}_1 N_t^2 + \bar{b}_2 LY_t \quad (6)$$

donde: $N_t^2 = \sum_{i=1}^6 X_{it}^2$: número de días feriados del mes “t”.

4.3.2. Interpretación y testeo

Los coeficientes de la ecuación (6) se interpretan de la siguiente forma:

- \tilde{b}_i efecto asociado al tipo de día no feriado (“i”) en un mes determinado. Es decir, mide los cambios sobre la serie promedio, derivado del hecho de tener o no un día más del tipo “i”.
- \bar{b}_1 efecto asociado a los días feriados en un mes determinado. Es decir, mide los cambios sobre la producción, derivado del hecho de tener o no un día feriado (con una estructura de días trabajados constante).
- \bar{b}_2 efecto tamaño del mes (asociado a los años bisiestos o leap year).

Es importante destacar que los meses del año tienen un número de días fijos, y por lo tanto un día feriado adicional va acompañado necesariamente con la disminución de un día trabajado del tipo “i”. Es decir, el efecto total sobre la producción derivado del hecho de tener un día feriado adicional será igual a $\bar{b}_1 - \tilde{b}_i^1$, el cual depende del tipo de día “i” no trabajado (lunes, martes, miércoles, jueves o viernes).

Finalmente la serie corregida del efecto calendario (días trabajados y feriados) se define como: $Y_t = Y_t^c - K_t = Y_t^c - \sum_{i=1}^6 \tilde{b}_i^1 (X_{it}^1 - X_{7t}) - \bar{b}_1 N_t - \bar{b}_2 LY_t$ (7)

Los tests aplicables son los siguientes:

$H_0 : \tilde{b}_1^1 = \dots = \tilde{b}_6^1 = 0$, que corresponde a la ausencia de efecto calendario ligado a la repartición de los días.

$H_0 : \tilde{b}_1^1 = \dots = \tilde{b}_6^1 = \bar{b}^1 = 0$ [$b_1 = \dots = b_7 = 0$], que mide la ausencia de efecto calendario.

$H_0 : \tilde{b}_1^1 = \dots = \tilde{b}_5^1, \tilde{b}_6^1 = 0$, que considera un efecto calendario estructural en los días laborales.

4.3.3. Estimación

Si se supone que la serie original presenta una tendencia estocástica y que todas las raíces unitarias asociadas a las frecuencias estacionales están presentes. Sea $Y_t^c = Y_t + d_t \mathbf{b}$ la serie original, d_t matriz de variables exógenas y X_t una serie de representación SARIMA.²⁶

$$Y_t \text{ es de la forma siguiente: } (1 - B^S)Y_t = \frac{\Theta(B) \Theta_S(B^S)}{\Phi(B) \Phi_S(B^S)} \mathbf{e}_t$$

Diferenciando el modelo $Y_t^c = Y_t + d_t \mathbf{b}$ por $\Delta_S = (1 - B^S)$, se obtiene:

$$(1 - B^S) Y_t^c = \frac{\Theta(B) \Theta_S(B^S)}{\Phi(B) \Phi_S(B^S)} \mathbf{e}_t + (1 - B^S) d_t \mathbf{b} \Leftrightarrow$$

$$\Delta_S Y_t^c = \Delta_S d_t \mathbf{b} + \frac{\Theta(B) \Theta_S(B^S)}{\Phi(B) \Phi_S(B^S)} \mathbf{e}_t$$

Este es un modelo SARIMA con variables explicativas que se estiman a través del método de máxima verosimilitud.

²⁶ Los modelos SARIMA corresponden a modelos ARIMA con componentes estacionales.

4.4. Test de raíces unitarias estacionales

Muchas de las series de tiempo económicas no son estacionarias y son caracterizadas por formas estacionales importantes. Existen al menos dos criterios para evaluar las raíces estacionales: el primero es a través del análisis de la densidad espectral y el segundo es un método elaborado por Hylleberg, Engle, Granger y Yoo²⁷ (1990).

En este trabajo se considera la segunda propuesta, la cual permite realizar tests de forma conjunta, sobre la hipótesis de raíz unitaria a las frecuencias estacionales y a la frecuencia cero (tendencia estocástica). La presencia de una raíz unitaria en las frecuencias unitarias revela una estacionalidad que varía en el tiempo. Este test ayuda a determinar el operador de diferenciación correcto, permitiendo modelar las series temporales y, de esta forma, determinar el mejor modelo ARIMA.

Sea x_t la serie de interés, generada por la ecuación $j(B)y_t = e_t$, donde e_t es un ruido blanco y $j(B)$ es un polinomio de retardos, sean g_k las raíces de la ecuación característica asociada a $j(B)$. La frecuencia asociada a una determinada raíz es el valor de a en Re^{ai} , la representación polar de la raíz. Una raíz es estacional si $a = 2\pi j/s$ ($j=1, \dots, s-1$), donde s es el número de observaciones por año (4 o 12). El método de contraste desarrollado por HEGY consiste en linealizar el polinomio $j(B)$ en torno a la raíz unitaria de la frecuencia cero y las $s-1$ raíces unitarias estacionales.

4.4.1. Datos trimestrales

$$\text{Sea } j(B)y_t = e_t$$

$$j(z) = 0 \Rightarrow \begin{cases} |z| > 1 \\ |z| = 1 \end{cases} \text{ si } z \in \{1, -1, i, -i\}$$

es decir, el polinomio tiene la siguiente representación:

$$\begin{aligned} j(z) &= (1 - z^4) \\ &= (1 + z)(1 - z)(1 + z^2) \\ &= (1 + z)(1 - z)(1 + iz)(1 - iz) \end{aligned}$$

Las raíces estacionales son: $-1; \pm i$ y las frecuencias estacionales asociadas: $p; \pm p/2$.

²⁷ En adelante, al hacer referencia a los autores Hylleberg, Engle, Granger y Yoo se utilizará la sigla HEGY.

El polinomio $\mathbf{j}(z)$ es causal y se anula sobre el círculo unitario a lo más en $1, -1, i$ y $-i$. El objetivo es realizar los siguientes tests:

$$\begin{aligned}\mathbf{j}(1) &= 0 \\ \mathbf{j}(-1) &= 0 \\ \mathbf{j}(i) &= 0 \quad (\mathbf{j}(-i) = \overline{\mathbf{j}(i)})\end{aligned}$$

Se reescribe el modelo con la introducción de parámetros donde la nulidad será equivalente a cada una de las hipótesis anteriores, es decir:

$$\begin{aligned}\mathbf{j}^*(z) = 0 &\Rightarrow |z| > 1 \\ \mathbf{j}^*(B)y_t^* &= \mathbf{p}_1 y_{1,t-1} + \mathbf{p}_2 y_{2,t-1} + \mathbf{p}_3 y_{3,t-2} + \mathbf{p}_4 y_{3,t-1} + \mathbf{e}_t\end{aligned}$$

donde

$$\begin{aligned}y_t^* &= (1 - B^4)y_t \\ y_{1,t} &= (1 + B + B^2 + B^3)y_t \\ y_{2,t} &= -(1 - B + B^2 - B^3)y_t \\ y_{3,t} &= -(1 - B^2)y_t\end{aligned}$$

Los tests a realizar son:

$$\begin{aligned}H_0(0) : \mathbf{p}_1 &= 0, \text{ raíz unitaria a la frecuencia } 0 \text{ (tendencia estocástica)} \\ H_0(\mathbf{p}) : \mathbf{p}_2 &= 0, \text{ raíz unitaria a la frecuencia } \mathbf{p} \text{ (periodicidad semestral)} \\ H_0(\mathbf{p}/2) : \mathbf{p}_3 = \mathbf{p}_4 &= 0, \text{ raíz unitaria a la frecuencia } \frac{\mathbf{p}}{2} \text{ (periodicidad anual)}\end{aligned}$$

Bajo las hipótesis alternativas $H_A(0) \cap H_A(\mathbf{p}) \cap H_A(\mathbf{p}/2)$ la $E(y_t) = 0$, hipótesis que no es verificada en las series económicas en niveles, la solución es agregar variables explicativas en la regresión (constante, tendencia y variables mudas estacionales), es decir:

$$\mathbf{j}^*(B)y_t^* = \mathbf{p}_1 y_{1,t-1} + \mathbf{p}_2 y_{2,t-1} + \mathbf{p}_3 y_{3,t-2} + \mathbf{p}_4 y_{3,t-1} + c + dt + \sum_{j=1}^3 \mathbf{a}_j D_{jt} + \mathbf{e}_t$$

El polinomio $\mathbf{j}^*(B)$ permite corregir de manera paramétrica la autocorrelación de los residuos, asegurando que los \mathbf{e}_t sean ruido blanco. Se supone conocido el orden (p^*) del polinomio $\mathbf{j}^*(B)$, es decir:

$$\mathbf{j}^*(B) = 1 - \sum_{j=1}^{p^*} \mathbf{j}_j^* B^j \quad (\text{por construcción } \mathbf{j}^*(0) = 1)$$

En estricto rigor p^* es desconocido y para calcularlo se utiliza algún criterio de información (por ejemplo el BIC), sobre la estimación del siguiente modelo parametrizado:

$$y_t^* = p_1 y_{1,t-1} + p_2 y_{2,t-1} + p_3 y_{3,t-2} + p_4 y_{3,t-1} + c + dt + \sum_{j=1}^3 a_j D_{jt} + \sum_{j=1}^{p^*} j_j^* y_{t-j}^* + e_t$$

Esta ecuación es estimada por mínimos cuadrados ordinarios y los tests de hipótesis no tienen una distribución estándar normal, las tablas se encuentran tabuladas en HEGY (1990). Adicionalmente, ésta depende de la presencia del intercepto, la tendencia, y de las variables mudas (dummies) estacionales en la regresión. Para las frecuencias cero y p se examina simplemente el estadístico de Student relevante para la hipótesis nula $p_k = 0$ contra la alternativa $p_k < 0$. Para las otras raíces se realiza un test simultaneo de $p_4 = p_3 = 0$ mediante un estadístico de Fisher.

Ejemplo:

Sean las siguientes hipótesis verificadas $H_0(0) \cap H_0(p) \cap H_A(p/2)$, el polinomio que elimina las raíces unitarias presentes en la serie y_t es $(1-B)(1+B)$, entonces se puede modelar bajo la forma estacionaria ARMA la siguiente serie:

$$z_t = (1-B^2) y_t = \frac{\Theta(B)}{\Phi(B)} h_t.$$

4.4.2. Datos mensuales

Sea $j(B) y_t = e_t$

$$j(z) = 0 \Rightarrow \begin{cases} |z| > 1 \\ |z| = 1 \text{ si } z = \exp\left(\frac{2kp}{12}\right), k = 0, 1, \dots, 11 \end{cases}$$

es decir, el polinomio $j(z)$ tiene la siguiente representación:

$$j(z) = (1-z^{12}) = (1+z) \cdot (1-z) \cdot (1+z^2) \cdot (1+z+z^2) \cdot (1-z+z^2) \cdot (1+\sqrt{3}z+z^2) \cdot (1-\sqrt{3}z+z^2)$$

Las raíces estacionales son: $-1; \pm i; -\frac{1}{2}(1 \pm \sqrt{3}i); \frac{1}{2}(1 \pm \sqrt{3}i); -\frac{1}{2}(\sqrt{3} \pm i); \frac{1}{2}(\sqrt{3} \pm i)$ y las frecuencias estacionales asociadas: $p; \pm p/2; \mp 2p/3; \pm p/3; \mp 5p/6; \pm p/6$.

De forma equivalente al caso trimestral la ecuación a estimar es la siguiente:

$$\begin{aligned}
y_t^* = & \mathbf{p}_1 y_{1,t-1} + \mathbf{p}_2 y_{2,t-1} + \mathbf{p}_3 y_{3,t-2} + \mathbf{p}_4 y_{3,t-1} + \mathbf{p}_5 y_{4,t-2} + \mathbf{p}_6 y_{4,t-1} \\
& + \mathbf{p}_7 y_{5,t-2} + \mathbf{p}_8 y_{5,t-1} + \mathbf{p}_9 y_{6,t-2} + \mathbf{p}_{10} y_{6,t-1} + \mathbf{p}_{11} y_{7,t-2} + \mathbf{p}_{12} y_{7,t-1} \\
& + c + dt + \sum_{j=1}^3 \mathbf{a}_j D_{jt} + \sum_{j=1}^p \mathbf{j}_j y_{t-j}^* + \mathbf{e}_t
\end{aligned}$$

donde:

$$\begin{aligned}
y_t^* &= (1 - B^{12})y_t \\
y_{1,t} &= (1+B)(1+B^2)(1+B^4+B^8)y_t \\
y_{2,t} &= -(1-B)(1+B^2)(1+B^4+B^8)y_t \\
y_{3,t} &= -(1-B^2)(1+B^4+B^8)y_t \\
y_{4,t} &= -(1-B^4)(1-B^2+B^4)(1-B+B^2)y_t \\
y_{5,t} &= -(1-B^4)(1-B^2+B^4)(1+B+B^2)y_t \\
y_{6,t} &= -(1-B^4)(1-\sqrt{3}B+B^2)(1+B^2+B^4)y_t \\
y_{7,t} &= -(1-B^4)(1+\sqrt{3}B+B^2)(1+B^2+B^4)y_t
\end{aligned}$$

Los tests a realizar son:

$H_0(0) : \mathbf{p}_1 = 0$, raíz unitaria a la frecuencia 0 (tendencia estocástica)

$H_0(\mathbf{p}) : \mathbf{p}_2 = 0$, raíz unitaria a la frecuencia \mathbf{p} (periodicidad bimensual)

$H_0(\mathbf{p}/2) : \mathbf{p}_3 = \mathbf{p}_4 = 0$, raíz unitaria a la frecuencia $\frac{\mathbf{p}}{2}$ (periodo cada 4 meses)

$H_0(2\mathbf{p}/3) : \mathbf{p}_5 = \mathbf{p}_6 = 0$, raíz unitaria a la frecuencia $\frac{2\mathbf{p}}{3}$ (periodicidad trimestral)

$H_0(\mathbf{p}/3) : \mathbf{p}_7 = \mathbf{p}_8 = 0$, raíz unitaria a la frecuencia $\frac{\mathbf{p}}{3}$ (periodicidad semestral)

$H_0(5\mathbf{p}/6) : \mathbf{p}_9 = \mathbf{p}_{10} = 0$, raíz unitaria a la frecuencia $\frac{5\mathbf{p}}{6}$ (periodo cada 2,4 meses)

$H_0(\mathbf{p}/6) : \mathbf{p}_{11} = \mathbf{p}_{12} = 0$, raíz unitaria a la frecuencia $\frac{\mathbf{p}}{6}$ (periodicidad anual)

Al igual que en el caso de series trimestrales los tests de hipótesis no tienen una distribución estándar normal y las tablas se encuentran tabuladas en Beaulieu y Miron (1993).

5. Conclusiones

Este trabajo fue diseñado para formalizar el proceso de desestacionalización que realiza el BCCh. Para ello se entrega una breve revisión del proceso de desestacionalización X-12-ARIMA. Adicionalmente, se incluyó una rutina sencilla para desestacionalizar series de tiempo denominada EX-12.

Cabe hacer notar que este documento representa una señal de transparencia en la economía pues proporciona las principales herramientas para el análisis de coyuntura y la elaboración de modelos de comportamiento. Adicionalmente, el resto de los agentes podrán reproducir parte de las series que el BCCh publica regularmente.

Adicionalmente, en la página WEB del BCCh está disponible el EX-12 que contiene diversos archivos necesarios para el proceso de desestacionalización. Ellos son:

- Programa X-12-ARIMA del U.S. Census Bureau
- El programa EX-12 del Banco Central de Chile
- El presente documento

, y otros archivos necesarios para ejecutar EX-12.

6. Bibliografía

- Beaulieu, J. And Miron, J., 1993. "Seasonal Unit Roots in Aggregate U.S. Data". *Journal of Econometrics* 55.
- Burman, J.P., 1980. "Seasonal Adjustment by Signal Extraction". *Journal of the Royal Statistical Society, Series A*, N° 143.
- Cleveland W., and S. Devlin, 1980. "Calendar Effects in Monthly Time Series: Detection by Spectrum Analysis". *Journal of the American Statistical Association*, Vol. 75.
- Enders, W., 1995. "Applied Econometric Time Series". Wiley & Sons Editors.
- Findley D., B. Monsell, W. Bell, M. Otto, and C. Bor-Chung, 1998. "Bew Capabilities and Methods of the X-12-ARIMA Seasonal Adjustment Program". *Journal of Business and Economic Statistics*, vol. 16.
- Gouriéroux C., Monfort A., 1997. *Time Series and Dynamic Models*, Cambridge University Press.
- Hamilton J.D., 1995. *Time Series Analysis*. Princeton University Press.
- Hylleberg, S., R. Engle, C. Granger, and B. Yoo, 1990. "Seasonal Integration and Cointegration". *Journal of Econometrics* 44.
- _____, 1992. "Modeling Seasonality". *Advanced Texts in Econometrics*. Oxford.
- McNulty M., and W. Huffman, 1989. "The Sample Spectrum of Time Series with Trading Day Variation". *Economics Letters* 31, North-Holland.
- Marshall, P., 2000. "Desestacionalización de Series Económicas: Metodología X-12-ARIMA", Enero. Mimeo.
- Miron (1993)
- U.S. Census Bureau, 2002. X-12-ARIMA Reference Manual Version 0.2.10. September.
- Ladiray, D., and B. Quenneville, 2001. *Seasonal Adjustment with the X-11 Method*. Lecture Notes in Statistics. Springer.
- Soto, R., 2000. "Ajuste Estacional e Integración en Variables Macroeconómicas". Documento de Trabajo N°73. Banco Central de Chile.
- Soukup R., D. Findley, 1999 "On the Spectrum Diagnostics Used by X-12-ARIMA to Indicate the Presence of Trading Day Effects After Modeling or Adjustment". U.S. Census Bureau. September. Disponible en: <http://www.census.gov/srd/www/sapaper.html>.
- _____, 2000. "Detection and Modeling of Trading Day Effects". U.S. Census Bureau. July. Disponible en: <http://www.census.gov/srd/www/sapaper.html>.
- Todd, R.M., 1990. "Periodic linear-quadratic methods for modeling seasonality". *Journal of Economic Dynamics and Control*, vol. 14, n° 3-4: 763-795.
- Young A.H., 1965. "Estimating Trading-day Variations in Monthly Economic Series". Technical Paper n°12. Bureau of Census, US Department of Commerce.

7. Anexos: Archivo X-12-ARIMA.

7.1.1. Archivo Programa: IMACEC.spc

```
series
{
title="IMACEC MENSUAL"
start=1986.1
period=12
file="C:\x12\IMACEC.txt"
format="datevalue"
decimals = 4
}
transform
{
power=0
adjust=none
}
regression
{
variables=(const,lpyear)
user=(d1,d2,d3,d4,d5,d6,t2)
start=1985.1
usertype=(td)
file="C:\x12\dias_mes.txt"
format="datevalue"
}
arima
{
model =(2 0 0)(0 1 1)
}
outlier
{
}
check
{
}
# Se estima el modelo de lineal con los vectores de días de la semana.
estimate
{
# Se guardan los coeficientes estimados para utilizarlos en el PIB trimestral.
save=(mdl)
}
X-11
{
mode=mult seasonalma=s3x9 trendma=39 save=(d10 d11 d12 d13 d18)
}
```

7.1.2. Archivo Programa: pib.spc

```
series
{
title="PIB TRIMESTRAL"
start=1986.1
period=4
file="c:\x12\pib.txt"
format="datevalue"
decimals = 4
# print=all
# save=(a1)
}
transform
{
power=0 adjust=none
}
regression
{
variables=(const,lpyear)
user=(d1,d2,d3,d4,d5,d6,t2)
start=1985.1
usertype=(td)
file="c:\x12\dias_tri.txt"
format="datevalue"
b=( 0.019724 0.003327f -0.000149f 0.001094f 0.001555f 0.000302f 0.001020f -0.001831f -
0.001508f)
}
arima
{
model =(1 0 0)(0 1 1)
}
outlier
{
}
check
{
}
estimate
{
save=(mdl)
}
X-11
{
mode=mult seasonalma=s3x9 trendma=13 save=(d10 d11 d12 d13 d18)
}
```


Índice

1. Introducción	1
2. Descripción del Proceso de Desestacionalización	2
3. Manual de Desestacionalización en Excel (Ex-12)	4
3.1. Introducción	4
3.2. Funcionamiento General.....	4
3.3. Tipo, Método y Modelo de Desestacionalización.....	6
3.4. Un Ejemplo Aplicado: Desestacionalización del IMACEC y del PIB.....	14
4. Marco Conceptual del Proceso de Desestacionalización	20
4.1. Desestacionalización con Promedios Móviles	21
4.2. El Procedimiento X-11	24
4.3. Efecto Calendario	27
4.4. Test de Raíces Unitarias Estacionales	30
5. Conclusiones	34
6. Bibliografía	35
7. Anexos: Archivo X-12-ARIMA	36

**Documentos de Trabajo
Banco Central de Chile**

**Working Papers
Central Bank of Chile**

NÚMEROS ANTERIORES

PAST ISSUES

La serie de Documentos de Trabajo en versión PDF puede obtenerse gratis en la dirección electrónica: <http://www.bcentral.cl/Estudios/DTBC/doctrab.htm>. Existe la posibilidad de solicitar una copia impresa con un costo de \$500 si es dentro de Chile y US\$12 si es para fuera de Chile. Las solicitudes se pueden hacer por fax: (56-2) 6702231 o a través de correo electrónico: bcch@bcentral.cl.

Working Papers in PDF format can be downloaded free of charge from: <http://www.bcentral.cl/Estudios/DTBC/doctrab.htm>. Printed versions can be ordered individually for US\$12 per copy (for orders inside Chile the charge is Ch\$500.) Orders can be placed by fax: (56-2) 6702231 or e-mail: bcch@bcentral.cl.

DTBC-176 Agosto 2002
Is There Enough Evidence Against Absolute Convergence?
Rómulo A. Chumacero

DTBC-175 Agosto 2002
Dollarization and Economic Performance: What do We Really Know?
Sebastian Edwards e I. Igal Magendzo

DTBC-174 Agosto 2002
Productivity and Economic Growth: The Case of Chile
Harald Beyer B. y Rodrigo Vergara M.

DTBC-173 Agosto 2002
Greenfield FDI vs. Mergers and Acquisitions: Does the Distinction Matter?
César Calderón, Norman Loayza y Luis Servén

DTBC-172 Julio 2002
15 Years of New Growth Economics: What Have We Learnt?
Xavier Sala-i-Martin

DTBC-171 Julio 2002
Inflation Targeting in Brazil, Chile, and Mexico: Performance, Credibility, and the Exchange Rate
Klaus Schmidt-Hebbel y Alejandro Werner

DTBC-170	Julio 2002
Evaluation of the P900 Program: A Targeted Education Program for Underperforming Schools	
Andrea Tokman	
DTBC-169	Julio 2002
Industrial Policies and Growth: Lessons from International Experience	
Marcus Noland y Howard Pack	
DTBC-168	Julio 2002
Quantity and Quality of Economic Growth	
Robert J. Barro	
DTBC-167	Julio 2002
Monetary Union: European Lessons, Latin American Prospects	
Eduard Hochreiter, Klaus Schmidt-Hebbel y Georg Winckler	
DTBC-166	Junio 2002
Monetary Policy Implementation and Results in Twenty Inflation-Targeting Countries	
Klaus Schmidt-Hebbel y Matías Tapia	
DTBC-165	Junio 2002
Estimating Gaps and Trends for the Chilean Economy	
Gabriela Contreras M. y Pablo García S.	
DTBC-164	Junio 2002
It's Not Factor Accumulation: Stylized Facts and Growth Models	
William Easterly y Ross Levine	
DTBC-163	Junio 2002
Macroeconomic Management in Emerging Economies and the International Financial Architecture	
José De Gregorio	
DTBC-162	Junio 2002
Two-Part Tariff Competition with Switching Costs and Sales Agents	
Solange Berstein	
DTBC-161	Junio 2002
Saving and Life Insurance Holdings at Boston University – A Unique Case Study	
B. D. Bernheim, Solange Berstein, Jagadeesh Gokhale y L. J. Kotlikoff	