

INFORME SOBRE EL INDICADOR i28

por Rafael Pinter¹

Introducción

El presente informe pretende describir el indicador i28 y presentar los resultados de unas pruebas realizadas con él. El objetivo de dicho indicador es obtener modelos del funcionamiento de mercados bursátiles, o de otro tipo, siempre que se disponga de una colección adecuada de datos sobre el funcionamiento de ese mercado.

Se hace una evaluación de i28, aplicándolo a un problema concreto: operaciones bursátiles a corto plazo. Para ello se evalúa sobre tres periodos temporales distintos (conjuntos o ventanas de evaluación). Por supuesto los datos utilizados para obtener el modelo (el indicador i28) son anteriores a los periodos sobre los que se va a realizar la evaluación.

A continuación se describe brevemente el funcionamiento del indicador. Después se presentan los resultados obtenidos al operar, de forma automática, en tres periodos distintos. También se compara con los resultados obtenidos por algunos indicadores del Análisis Técnico (AT), operando en condiciones similares. Finalmente se plantean algunas conclusiones.

¹ Contacto: Tel: +34 609720658; Email: rafaelpinter@gmail.com
23 de junio de 2025

1. Breve descripción del indicador i28

El objetivo del indicador i28 es obtener un modelo del funcionamiento del mercado bursátil de un determinado ticker. Una vez obtenido el modelo, funciona como los indicadores de Análisis Técnico (AT), dando señales de compra o venta. En ambos casos (i28 e indicadores AT) el objetivo es dar una indicación o propuesta, al terminar t , para operar en $t+1$ (en el caso de i28, $p_t = M_{i28}(x_t)$). Lo que llamamos t es una vela concreta, que puede ser un día (o una semana, o una hora, según la serie temporal que estemos analizando) determinado, y lo que llamamos $t+1$ es la vela inmediatamente siguiente.

Los indicadores clásicos del AT, como MACD, suelen ser un modelo del mercado que se expresa matemáticamente. En cambio, i28 es una aplicación informática que analiza una serie de datos disponibles para intentar obtener, a partir de ellos, un modelo del funcionamiento del mercado.

Se podría intentar obtener un modelo para realizar operaciones bursátiles a largo, medio o corto plazo, o se podría intentar optimizar una cartera. Para realizar el aprendizaje se pueden usar series temporales de precios (precios diarios, semanales, etc), o utilizar datos procedentes del Análisis Fundamental, o de la coyuntura económica, según el objetivo buscado.

En lo que sigue nos ocuparemos únicamente de series temporales diarias de precios, con el objetivo de realizar operaciones de unos pocos días de duración.

2. Descripción de las pruebas a realizar

Para poder realizar una evaluación objetiva se ha diseñado una prueba que cumpla las siguientes condiciones: (1) las operaciones se han de realizar automáticamente, para evitar cualquier sesgo introducido por un operador humano que deba interpretar las propuestas de un determinado indicador; (2) para realizar la prueba se han de elegir unos subconjuntos de la serie temporal completa que sean los mismos para todos los indicadores a evaluar; (3) estos subconjuntos deben ser nuevos para i28, es decir i28 ha realizado su análisis sobre otra parte de la serie temporal, y no ha tenido ningún acceso a los datos de estos subconjuntos. Es importante resaltar este último punto: i28 sólo ha tenido acceso, durante el proceso de aprendizaje, a datos anteriores a los conjuntos de evaluación.

Se evaluarán, sobre los mismos subconjuntos los siguientes indicadores: i28, MACD, Estocástico y Demand Index.

Cada indicador se evaluará sobre cada uno de los ticker (AAPL, GOOG, INTC, MSFT, NQ, ORCL y SBUX) de la prueba, independientemente. En realidad habrá siete evaluaciones sobre cada conjunto de evaluación, una por ticker, para cada indicador.

2.1. Conjuntos de evaluación

Las pruebas las realizaremos sobre los siguientes subconjuntos de la serie temporal completa:

- La serie H (o subconjunto H, o ventana H) formada por las sesiones del periodo entre el 8/06/2020 y el 3/06/2022, o sea : $H = \{x_t | 2020 - 06 - 08 \leq t \leq 2022 - 06 - 03\}$, siendo x_t el vector de precios de la sesión t , $x_t = (x_t^{OPEN}, x_t^{LOW}, x_t^{HIGH}, x_t^{CLOSE})$. Abarca dos años.
- La serie I (o subconjunto I, o ventana I) formada por las sesiones del periodo entre el 6/06/2022 y el 5/06/2024, o sea : $I = \{x_t | 2022 - 06 - 06 \leq t \leq 2024 - 06 - 05\}$, siendo x_t el vector de precios de la sesión t , $x_t = (x_t^{OPEN}, x_t^{LOW}, x_t^{HIGH}, x_t^{CLOSE})$. Abarca otros dos años.
- Posteriormente se ha incluido una nueva serie, la serie J (o subconjunto J, o ventana J) formada por las sesiones entre el 6/06/2024 y el 6/06/2025, o sea : $J = \{x_t | 2024 - 06 - 06 \leq t \leq 2025 - 06 - 06\}$, siendo x_t el vector de precios de la sesión t , $x_t = (x_t^{OPEN}, x_t^{LOW}, x_t^{HIGH}, x_t^{CLOSE})$. Abarca un año. Se ha incluido esta nueva serie para ver el comportamiento de los indicadores durante el periodo de turbulencias provocado por la crisis de los aranceles.

Para obtener el modelo, i28 realiza el análisis sobre la parte de la serie temporal anterior a esos subconjuntos, es decir, únicamente sobre las sesiones anteriores al 8/06/2020. Por lo tanto, los conjuntos (H, I y J) sobre los que se va a realizar la evaluación están completamente inexplorados.

Sobre estos conjuntos se evaluarán los siguientes tickers: AAPL, GOOG, INTC, MSFT, NQ (índice del Nasdaq), ORCL y SBUX.

2.2. Cálculo del beneficio obtenido sobre el conjunto de evaluación

La medida que se utilizará como resultado final de la evaluación, también cuando se evalúen indicadores del Análisis Técnico, será el beneficio obtenido. Para calcularlo se procederá de la siguiente forma: Para cada sesión del conjunto de evaluación el indicador presenta una propuesta de operación. Se realiza la operación, si procede (ya que la propuesta puede ser “no operar”), y se calcula el beneficio o pérdida obtenido. El resultado final es la suma de los beneficios (o pérdidas) de las operaciones individuales. A continuación se explica con más detalle.

Se considera un único ticker y un conjunto de sesiones consecutivas para ese ticker (el conjunto de evaluación). El número de elementos del conjunto es N .

En primer lugar, se obtiene una lista de todas las operaciones que el indicador propone para ese ticker y ese conjunto (Ver “Anexo A. Generación de operaciones”).

Se obtiene el beneficio (expresado en tanto por cien) de cada operación individual de la siguiente forma:

- 1) Si se trata de una operación “compra” (Buy): $r_{oper} = 100 * \ln\left(\frac{p_f}{p_i}\right) - costes$, siendo p_i el precio inicial (precio de compra), p_f el precio final (precio de venta) y $costes$, los costes asociados a la operación. Se ha tomado $costes = 0.2$ (0.2%)
- 2) Si se trata de una operación “venta al descubierto” (Sell): $r_{oper} = 100 * \ln\left(\frac{p_i}{p_f}\right) - costes$, siendo p_i el precio inicial (precio de venta), p_f el precio final (precio de compra) y $costes$, los costes asociados a la operación. Se ha tomado $costes = 0.2$ (0.2%)

El beneficio total, para todas las operaciones propuestas por el indicador para ese ticker sobre esa ventana ($O \equiv \{operaciones\}$), será: $r_{total} = \sum_{oper \in O} r_{oper}$.

Finalmente, el beneficio anualizado, más útil para realizar comparaciones, será: $r = \frac{22*12*r_{total}}{N}$. Estamos considerando únicamente los días en que se opera, que son cinco días por semana, por eso multiplicamos por 264 en vez de multiplicar por 360. El conjunto de evaluación tampoco contiene sábados, domingos o festivos, por lo que N es el número de días hábiles.

Hay que notar que, tanto la forma de calcular el beneficio, como los algoritmos para generar operaciones, son los mismos para todos los indicadores evaluados. La única diferencia está en el procedimiento que hemos denominado “obtenemos la propuesta para la siguiente vela” (ver anexo A): aquí es donde cada indicador proporciona un resultado ($p \in [-1.0, +1.0]$) diferente, obtenido de su propio generador de propuestas. Es decir “obtenemos la propuesta para la siguiente vela” significa, en el caso de i28, $p_t = M_{i28}(x_t)$. Para los indicadores del AT utilizados se describirá, más adelante, la generación de propuestas.

2.3. Generación automática de operaciones

Como se ha dicho, las operaciones se generan automáticamente. Aunque es probable que un operador humano mejorara los resultados obtenidos, la operación automática es necesaria para obtener unos resultados sin ningún sesgo de subjetividad. En el Anexo “A. Generación de operaciones” se describe con detalle cómo se generan las operaciones de forma automática.

Se usa el mismo algoritmo de generación de operaciones para i28 y para los demás indicadores que se comparan (MACD, Estocástico y DI), con la única diferencia de la generación de propuestas, de la que se hablará más adelante.

A grandes rasgos la generación de operaciones funciona como se describe a continuación.

- Para cada posición (vela) se obtiene una propuesta del indicador. Es lo que en el Anexo A se llama “obtenemos la propuesta para la siguiente vela”. Esta es la única parte que es diferente para cada indicador. En el caso de los indicadores del AT, la forma de obtener propuestas se describe en el Anexo C. En el caso de i28, la propuesta en t ($p_t = M_{i28}(x_t)$) para operar en $t+1$ la obtiene la aplicación a partir de la serie temporal en t (x_t). En todos los casos, la propuesta es un valor entre -1.0 y +1.0, correspondiendo el valor -1.0 a la mayor intensidad de “posición corta” o Sell y el valor +1.0 a la mayor intensidad de “posición larga” o Buy.
- A partir de la propuesta se puede realizar una operación. Para realizar una operación la propuesta ha de ser muy clara, lo que significa, para Buy, una propuesta mayor o igual que +0.8 y, para Sell, una propuesta menor o igual que -0.8.
- Si ya hay una operación abierta para ese ticker, se puede abrir una segunda operación pero, en este caso, se necesita, para Buy, una propuesta mayor o igual que +0.9 y, para Sell, una propuesta menor o igual que -0.9. En el caso de que haya dos operaciones abiertas para ese ticker, no tienen por qué ser ambas Buy o Sell. Si ya hay dos operaciones abiertas no se pueden abrir más, en ningún caso.
- Cuando se inicia una operación se le asigna un stop loss (del 1.5%). La operación se mantiene abierta durante una o varias sesiones (velas). En cada nueva vela (nuevo valor de t), si el precio se ha movido favorablemente, se cambia el stop loss para proteger la ganancia.
- Una vez iniciada una operación, su cierre no depende de propuestas futuras. Se cierra cuando el mercado cambia y el precio alcanza al stop loss. Se pueden ver los detalles en el apéndice A (comprobarCierreBuy y comprobarCierreSell). Cuando termina el conjunto que se está evaluando, las operaciones que puedan quedar abiertas son cerradas incondicionalmente.

2.4. Indicadores del Análisis Técnico

También se han evaluado algunos indicadores del Análisis Técnico, sobre los mismos conjuntos de evaluación. Los indicadores evaluados han sido MACD, Estocástico y Demand Index (DI).

Se han utilizado los mismos algoritmos (descritos en la sección anterior) para realizar automáticamente operaciones durante todo el periodo de tiempo correspondiente a los conjuntos de evaluación y para calcular el beneficio obtenido. La única diferencia tiene que ver con el algoritmo “opera”, y más concretamente con la sentencia que dice “obtenemos la propuesta para la siguiente vela”. En este caso, la forma de obtener las propuestas se describe en el anexo C.

3. Evaluación de i28

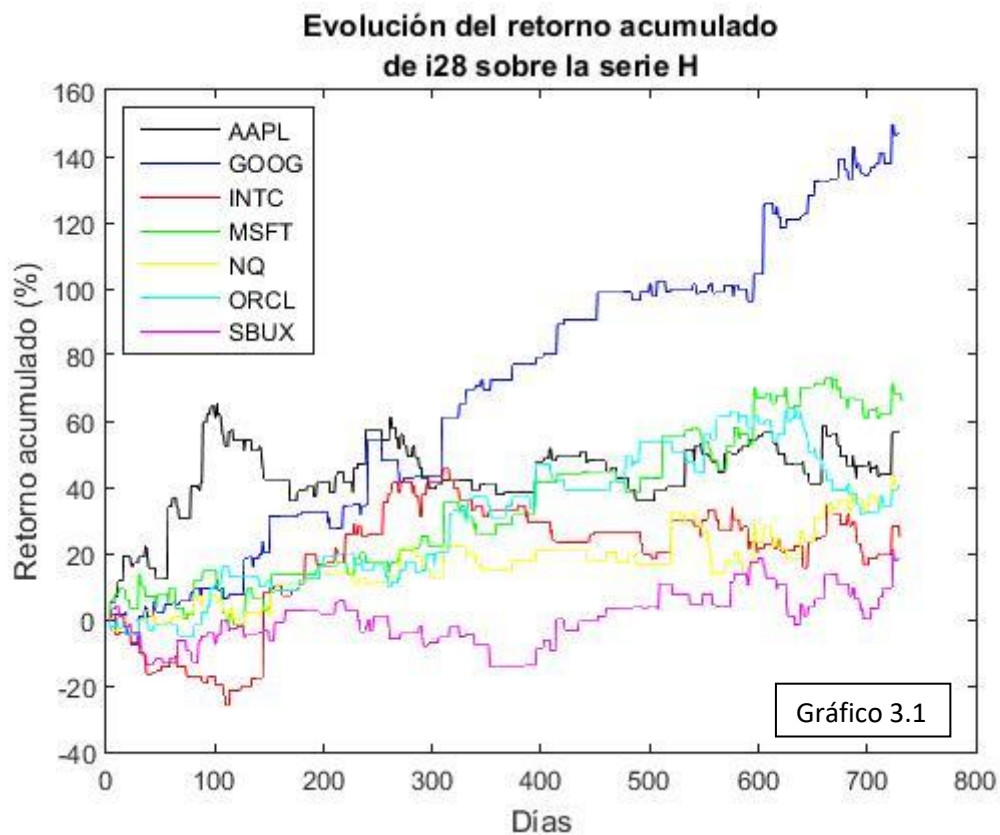
3.1. Evaluación sobre la serie H

En la siguiente tabla se presenta el beneficio (R) obtenido, para cada ticker, sobre todo el conjunto, y el beneficio anualizado (RA). Se expresa en tanto por ciento.

Ticker	R	RA
AAPL	57,07	29,96
GOOG	147,71	77,52
INTC	24,92	13,08
MSFT	65,74	34,51
NQ	40,25	21,04
ORCL	40,62	21,32
SBUX	18,96	9,97
Media	56,47	29,63
Total	395,28	207,40

Tabla 3.1

A continuación se muestra un gráfico en el que aparece la evolución del beneficio acumulado, para cada ticker, a lo largo del periodo correspondiente al conjunto H.



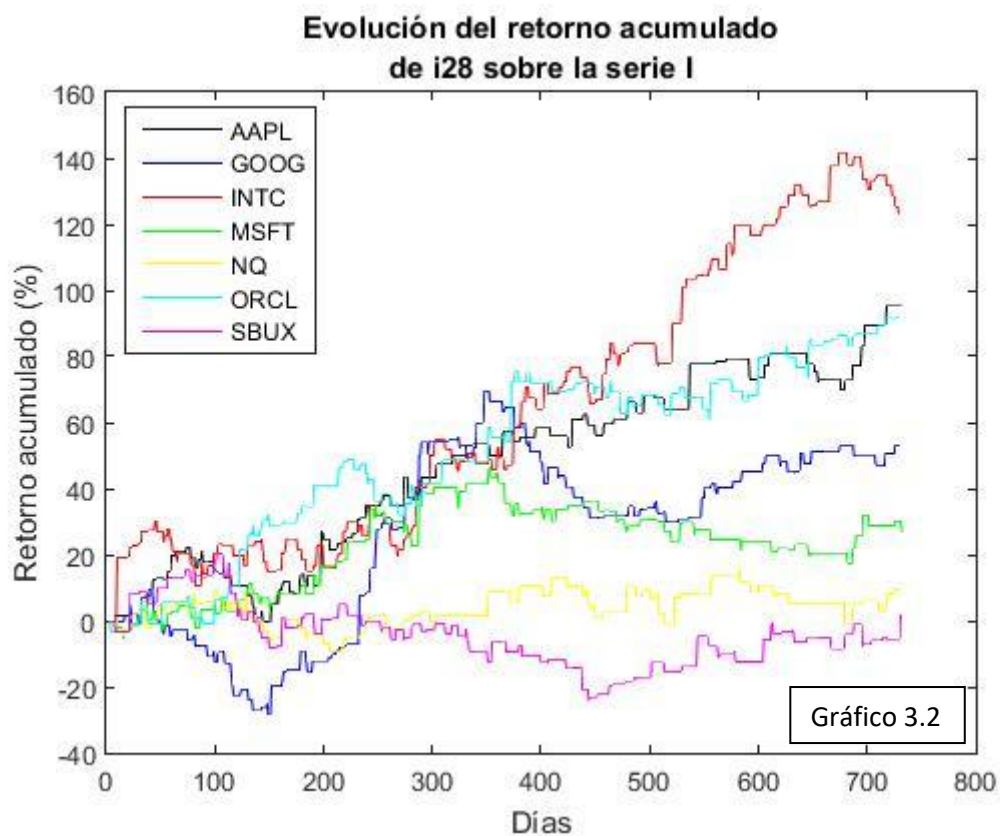
3.2. Evaluación sobre la serie I

En la siguiente tabla se presenta el beneficio (R) obtenido, para cada ticker, sobre todo el conjunto, y el beneficio anualizado (RA). Se expresa en tanto por ciento.

Ticker	R	RA
AAPL	95,73	50,24
GOOG	53,17	27,90
INTC	123,18	64,65
MSFT	26,81	14,07
NQ	9,35	4,89
ORCL	91,57	48,06
SBUX	2,37	1,24
Media	57,45	30,15
Total	402,17	211,06

Tabla 3.2

A continuación se muestra un gráfico en el que aparece la evolución del beneficio acumulado, para cada ticker, a lo largo del periodo correspondiente al conjunto I.



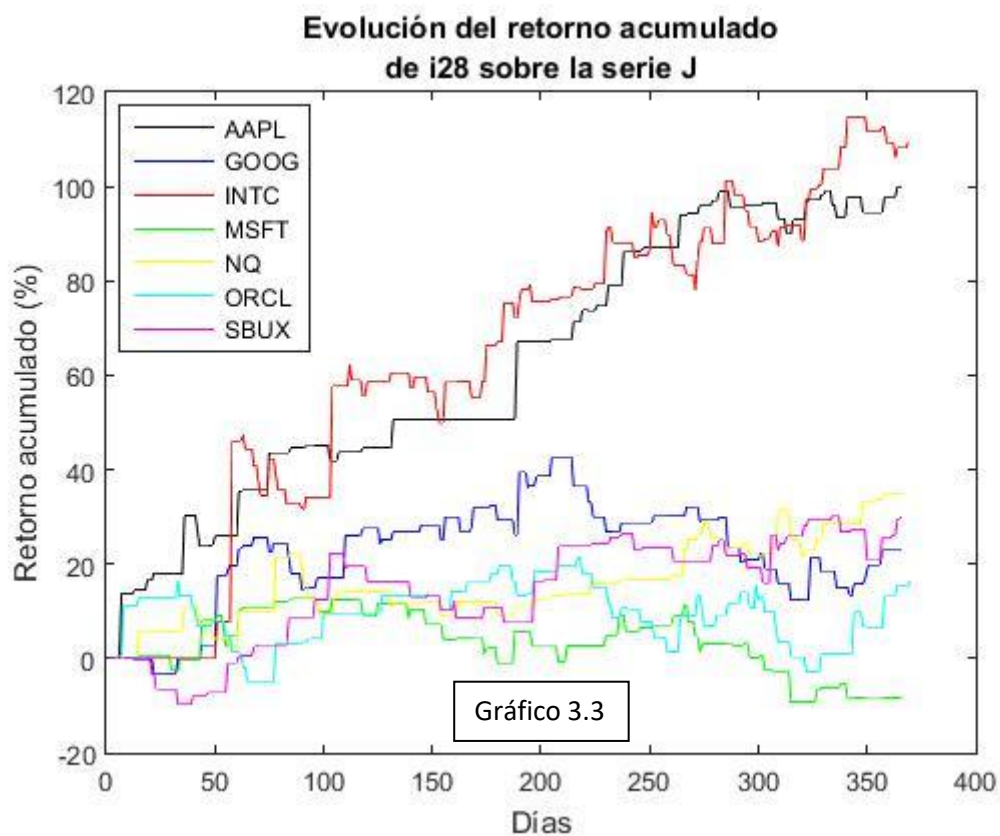
3.3. Evaluación sobre la serie J

En la siguiente tabla se presenta el beneficio (R) obtenido, para cada ticker, sobre todo el conjunto, y el beneficio anualizado (RA). Se expresa en tanto por ciento.

Ticker	R	RA
AAPL	99,97	105,15
GOOG	22,89	24,08
INTC	109,52	115,19
MSFT	-8,31	-8,74
NQ	34,84	35,79
ORCL	16,49	17,34
SBUX	29,83	31,37
Media	43,60	45,74
Total	305,23	320,18

Tabla 3.3

A continuación se muestra un gráfico en el que aparece la evolución del beneficio acumulado, para cada ticker, a lo largo del periodo correspondiente al conjunto J.



4. Evaluación de MACD

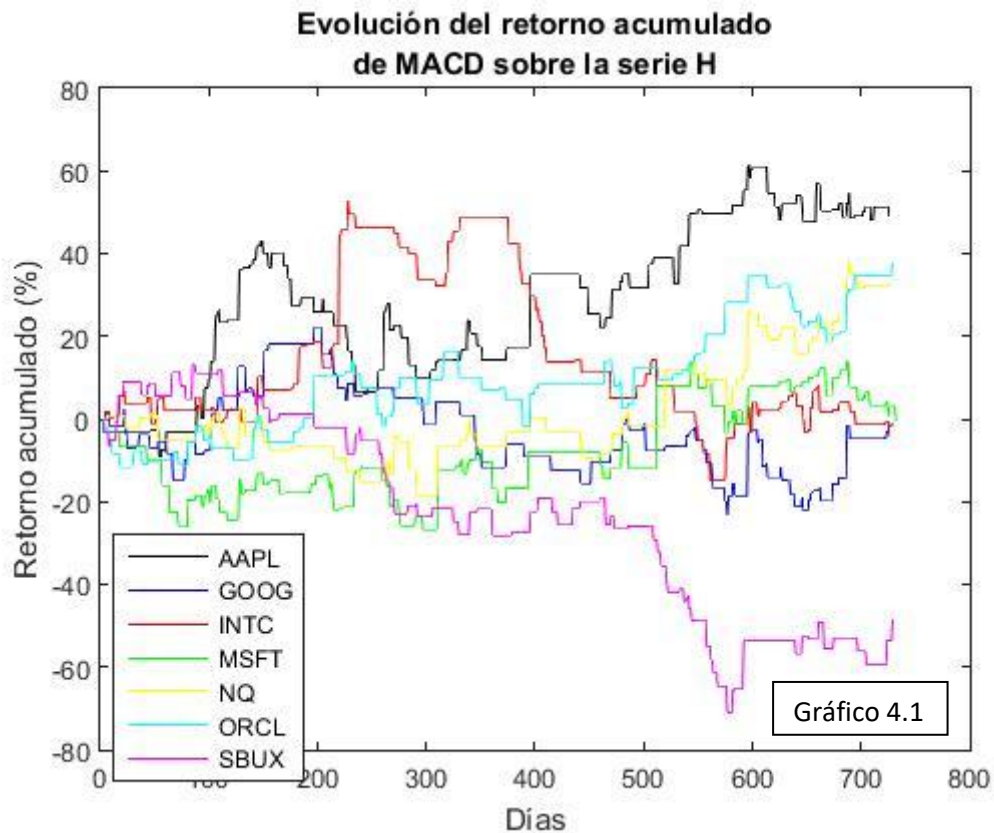
4.1. Evaluación sobre la serie H

En la siguiente tabla se presenta el beneficio (R) obtenido, para cada ticker, sobre todo el conjunto, y el beneficio anualizado (RA). Se expresa en tanto por ciento.

Ticker	R	RA
AAPL	48,73	25,57
GOOG	-0,50	-0,26
INTC	-4,21	-2,21
MSFT	-0,31	-0,16
NQ	33,04	17,27
ORCL	38,20	20,05
SBUX	-48,14	-25,32
Media	9,54	4,99
Total	66,81	34,94

Tabla 4.1

A continuación se muestra un gráfico en el que aparece la evolución del beneficio acumulado, para cada ticker, a lo largo del periodo correspondiente al conjunto H.



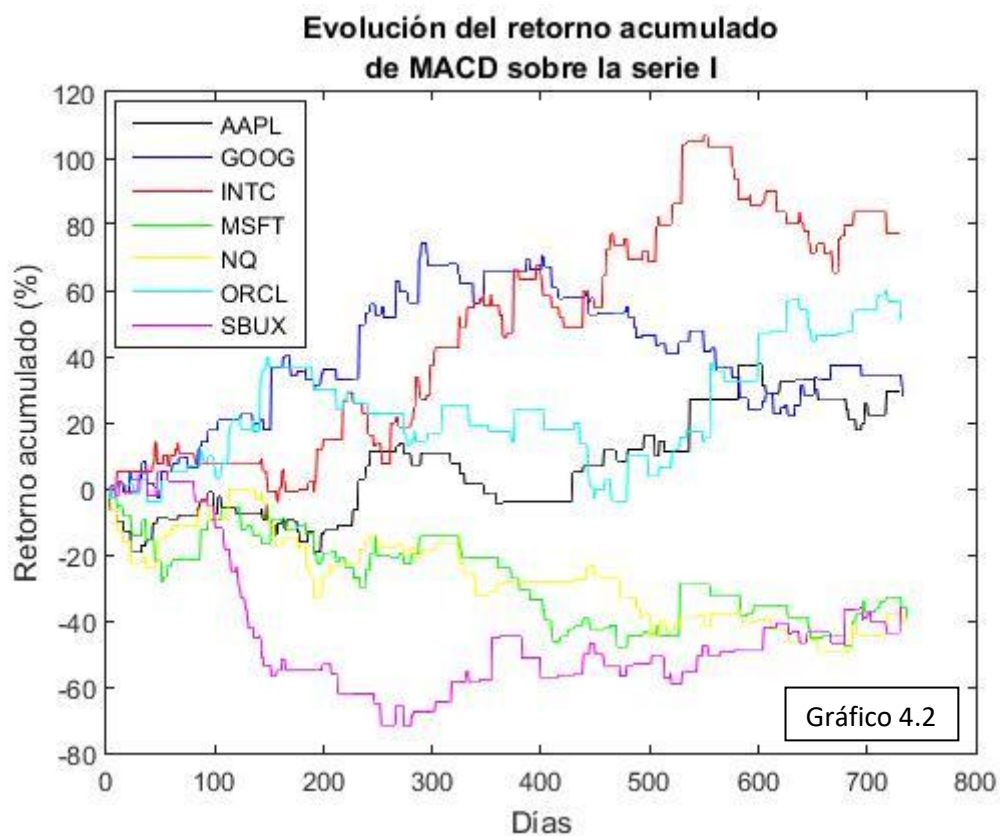
4.2. Evaluación sobre la serie I

En la siguiente tabla se presenta el beneficio (R) obtenido, para cada ticker, sobre todo el conjunto, y el beneficio anualizado (RA). Se expresa en tanto por ciento.

Ticker	R	RA
AAPL	29,43	15,44
GOOG	27,74	14,56
INTC	77,21	40,52
MSFT	-39,27	-20,61
NQ	-41,18	-21,53
ORCL	50,40	26,45
SBUX	-35,78	-18,78
Media	9,79	5,15
Total	68,53	36,05

Tabla 4.2

A continuación se muestra un gráfico en el que aparece la evolución del beneficio acumulado, para cada ticker, a lo largo del periodo correspondiente al conjunto I.



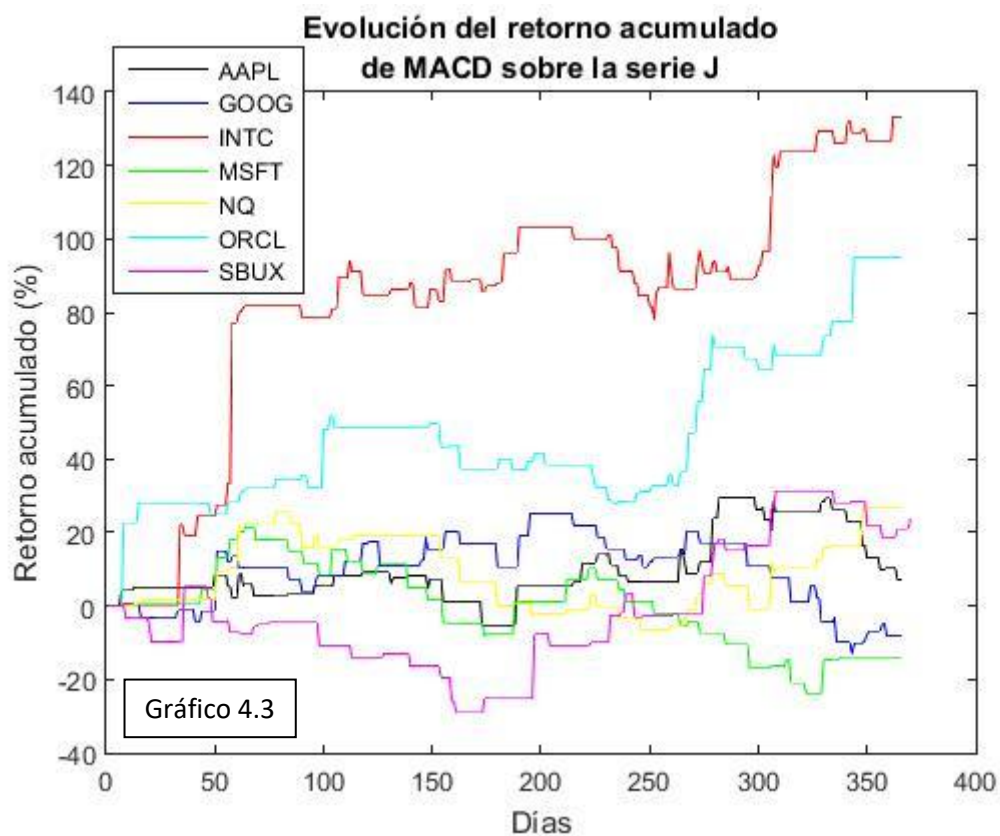
4.3. Evaluación sobre la serie J

En la siguiente tabla se presenta el beneficio (R) obtenido, para cada ticker, sobre todo el conjunto, y el beneficio anualizado (RA). Se expresa en tanto por ciento.

Ticker	R	RA
AAPL	7,15	7,52
GOOG	-8,18	-8,60
INTC	133,26	140,16
MSFT	-13,90	-14,62
NQ	27,03	27,76
ORCL	95,06	99,99
SBUX	24,02	25,27
Media	37,78	39,64
Total	264,44	277,47

Tabla 4.3

A continuación se muestra un gráfico en el que aparece la evolución del beneficio acumulado, para cada ticker, a lo largo del periodo correspondiente al conjunto J.



5. Evaluación del Estocástico

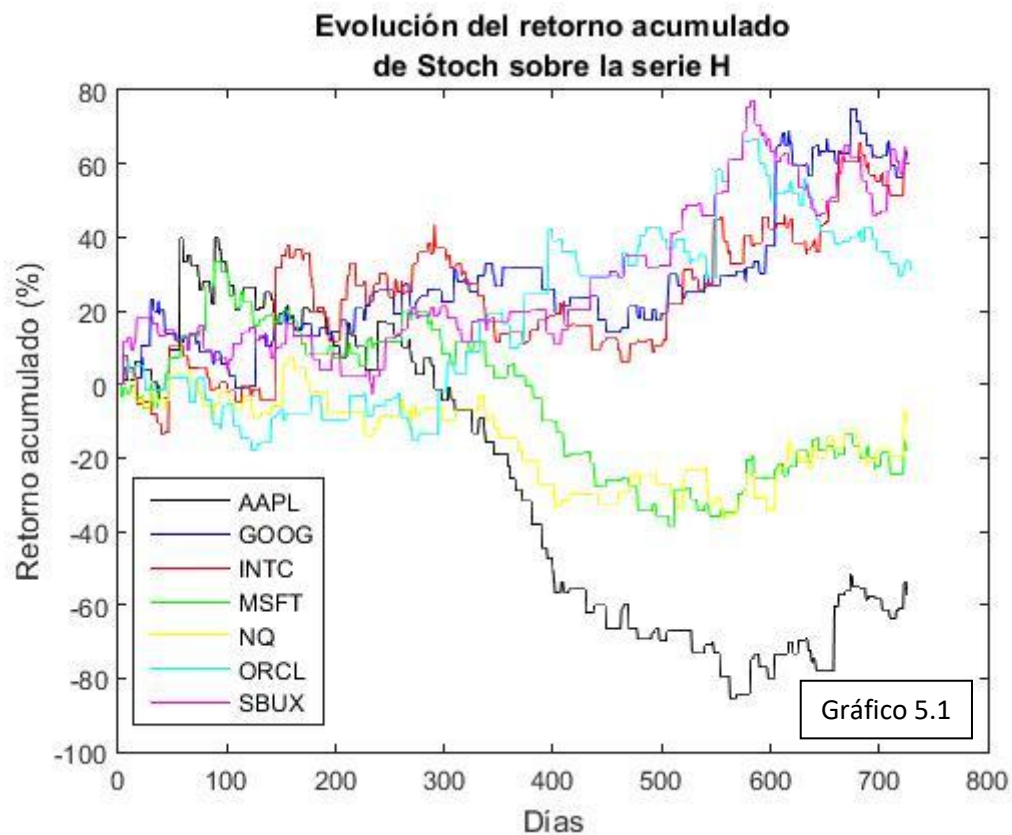
5.1. Evaluación sobre la serie H

En la siguiente tabla se presenta el beneficio (R) obtenido, para cada ticker, sobre todo el conjunto, y el beneficio anualizado (RA). Se expresa en tanto por ciento.

Ticker	R	RA
AAPL	-57,29	-30,07
GOOG	63,50	33,33
INTC	60,26	31,63
MSFT	-18,50	-9,71
NQ	-10,38	-5,43
ORCL	30,51	16,02
SBUX	61,30	32,24
Media	18,49	9,71
Total	129,40	68,00

Tabla 5.1

A continuación se muestra un gráfico en el que aparece la evolución del beneficio acumulado, para cada ticker, a lo largo del periodo correspondiente al conjunto H.



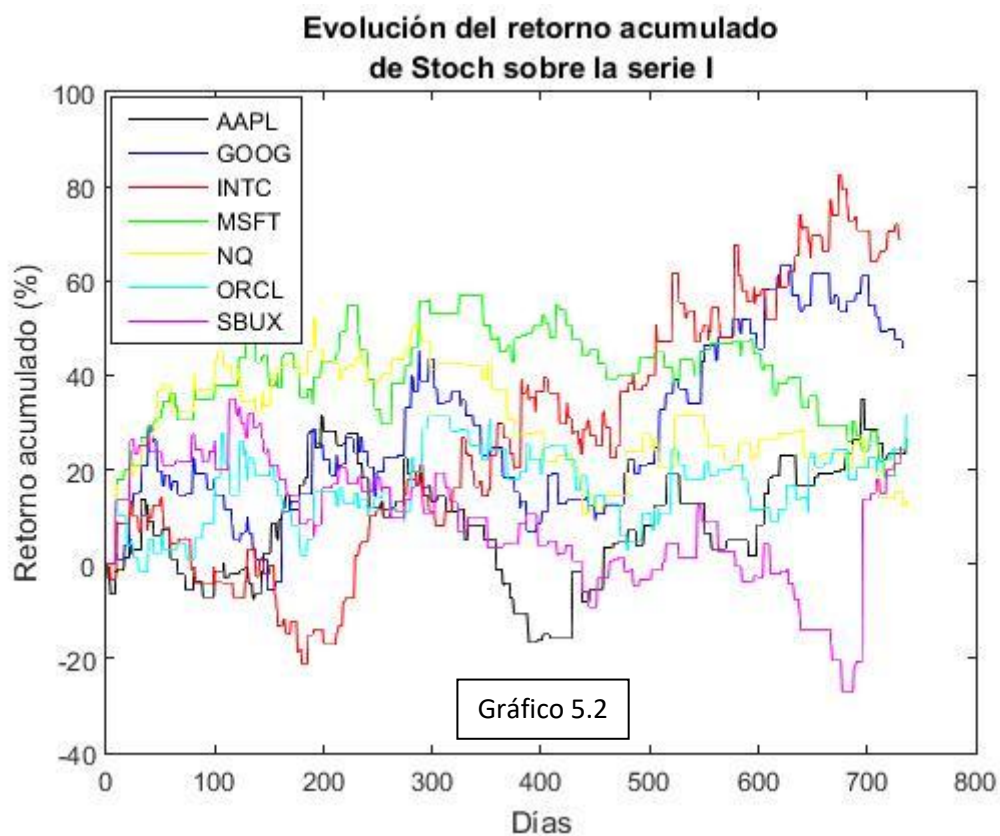
5.2. Evaluación sobre la serie I

En la siguiente tabla se presenta el beneficio (R) obtenido, para cada ticker, sobre todo el conjunto, y el beneficio anualizado (RA). Se expresa en tanto por ciento.

Ticker	R	RA
AAPL	26,79	14,06
GOOG	45,48	23,87
INTC	69,03	36,23
MSFT	26,20	13,75
NQ	13,70	7,16
ORCL	31,75	16,67
SBUX	25,02	13,13
Media	34,00	17,84
Total	237,97	124,87

Tabla 5.2

A continuación se muestra un gráfico en el que aparece la evolución del beneficio acumulado, para cada ticker, a lo largo del periodo correspondiente al conjunto I.



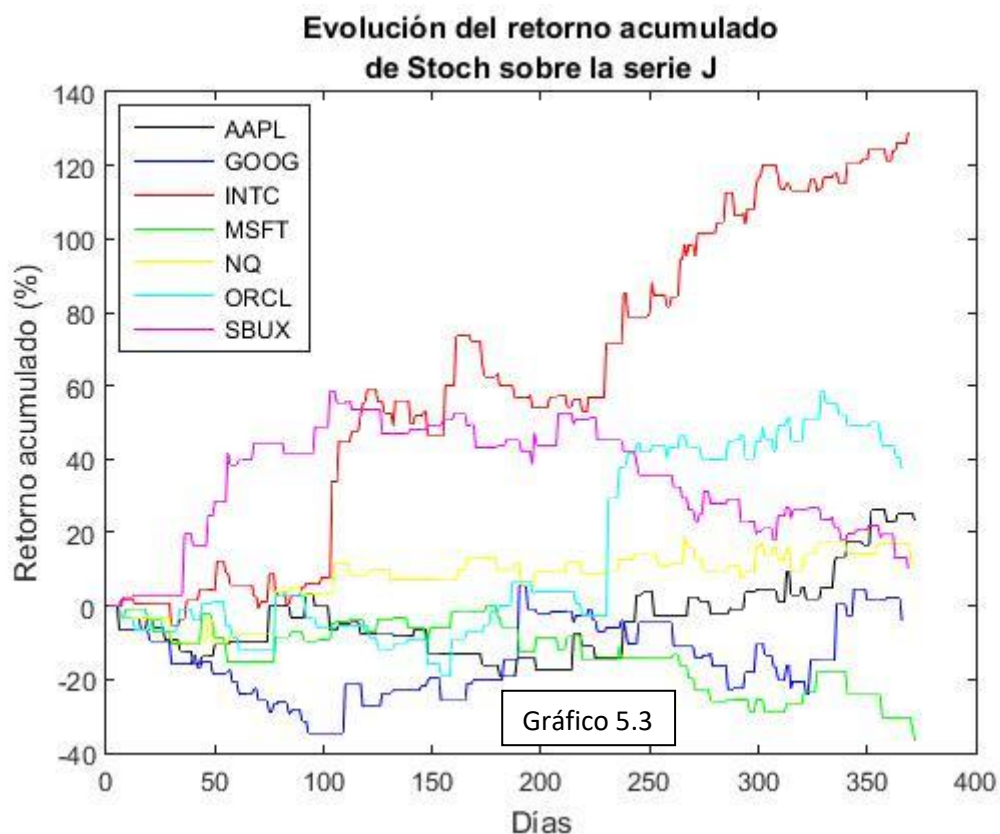
5.3. Evaluación sobre la serie J

En la siguiente tabla se presenta el beneficio (R) obtenido, para cada ticker, sobre todo el conjunto, y el beneficio anualizado (RA). Se expresa en tanto por ciento.

Ticker	R	RA
AAPL	22,96	24,15
GOOG	-4,09	-4,30
INTC	129,04	135,73
MSFT	-36,72	-38,62
NQ	10,79	11,09
ORCL	37,38	39,32
SBUX	10,05	10,57
Media	24,20	25,42
Total	169,42	177,93

Tabla 5.3

A continuación se muestra un gráfico en el que aparece la evolución del beneficio acumulado, para cada ticker, a lo largo del periodo correspondiente al conjunto J.



6. Evaluación del Demand Index

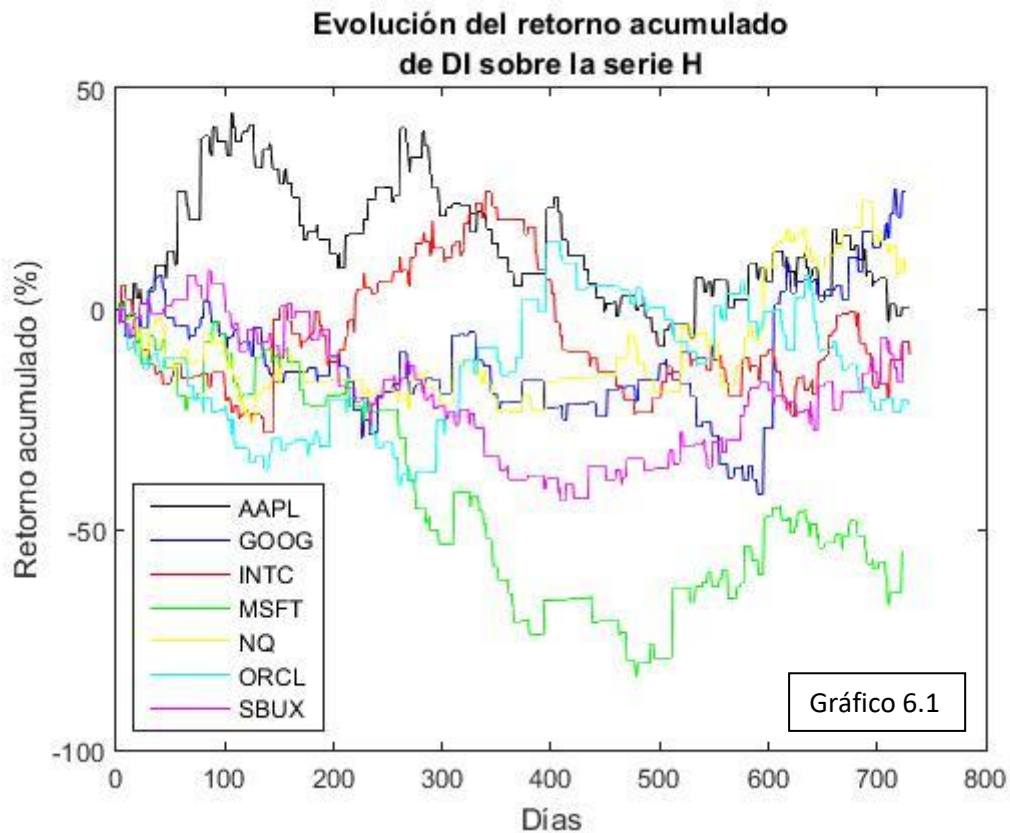
6.1. Evaluación sobre la serie H

En la siguiente tabla se presenta el beneficio (R) obtenido, para cada ticker, sobre todo el conjunto, y el beneficio anualizado (RA). Se expresa en tanto por ciento.

Ticker	R	RA
AAPL	0,72	0,38
GOOG	26,66	13,99
INTC	-10,67	-5,60
MSFT	-55,28	-29,01
NQ	8,30	4,34
ORCL	-22,05	-11,57
SBUX	-8,02	-4,22
Media	-8,62	-4,53
Total	-60,34	-31,69

Tabla 6.1

A continuación se muestra un gráfico en el que aparece la evolución del beneficio acumulado, para cada ticker, a lo largo del periodo correspondiente al conjunto H.



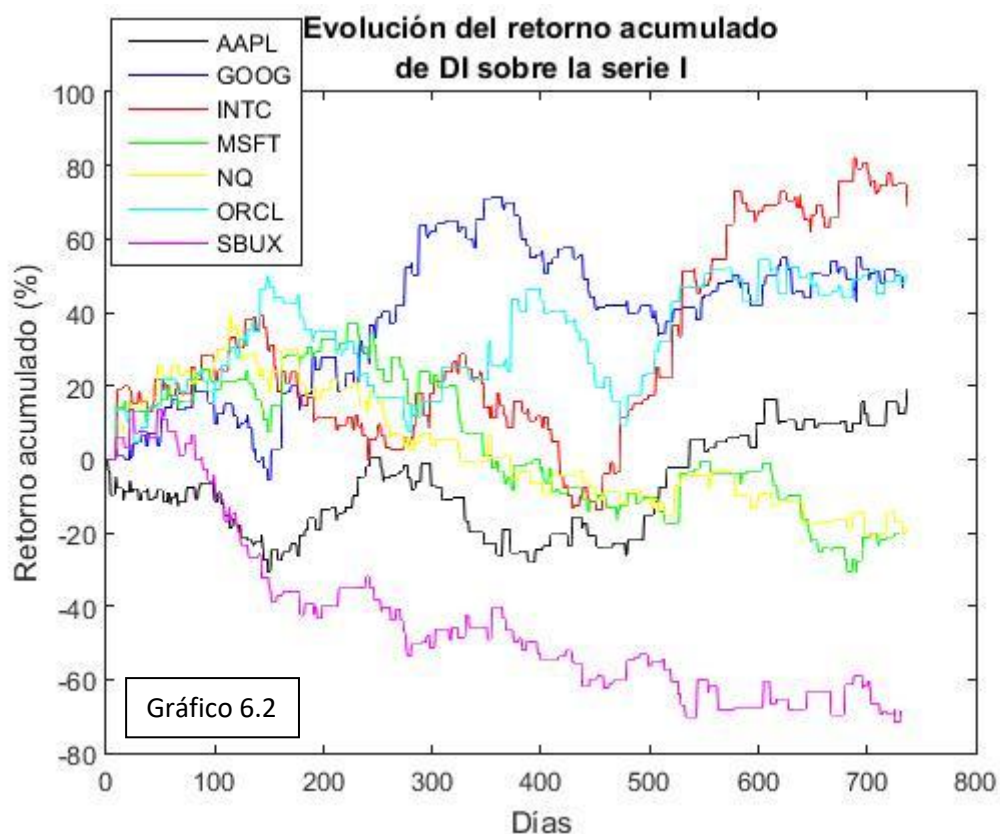
6.2. Evaluación sobre la serie I

En la siguiente tabla se presenta el beneficio (R) obtenido, para cada ticker, sobre todo el conjunto, y el beneficio anualizado (RA). Se expresa en tanto por ciento.

Ticker	R	RA
AAPL	19,24	10,10
GOOG	46,61	24,46
INTC	68,57	35,99
MSFT	-20,19	-10,60
NQ	-19,08	-9,98
ORCL	50,34	26,42
SBUX	-68,57	-35,99
Media	10,99	5,77
Total	76,93	40,41

Tabla 6.2

A continuación se muestra un gráfico en el que aparece la evolución del beneficio acumulado, para cada ticker, a lo largo del periodo correspondiente al conjunto I.



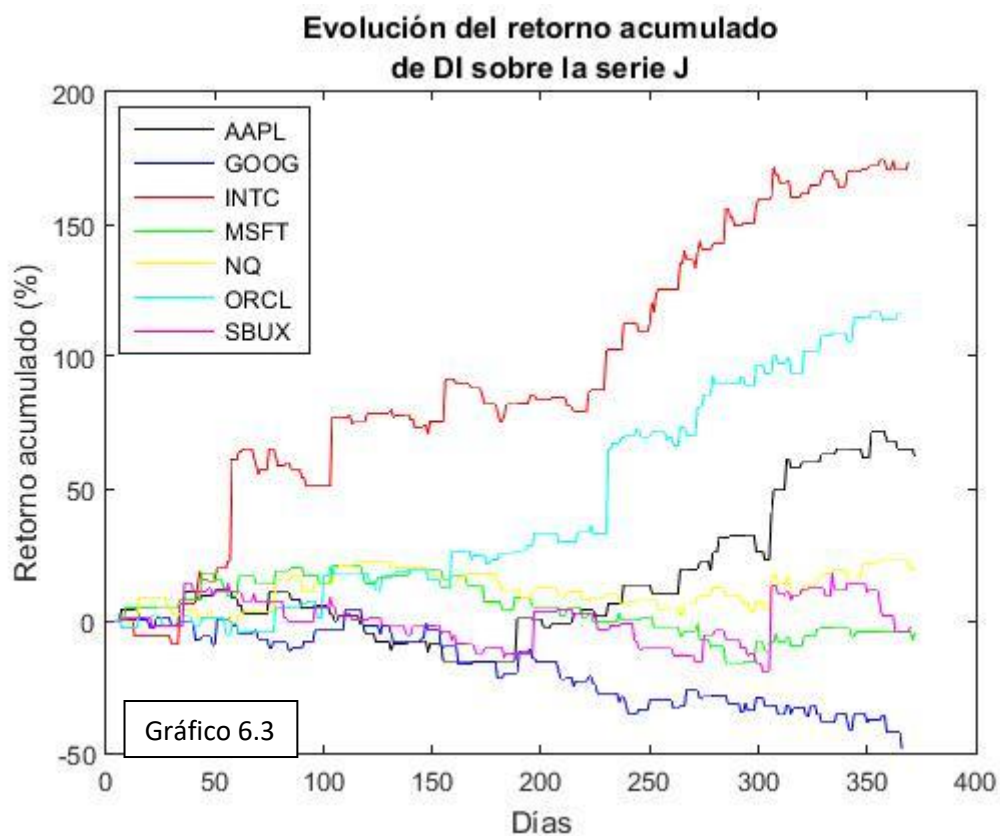
6.3. Evaluación sobre la serie J

En la siguiente tabla se presenta el beneficio (R) obtenido, para cada ticker, sobre todo el conjunto, y el beneficio anualizado (RA). Se expresa en tanto por ciento.

Ticker	R	RA
AAPL	61,56	64,75
GOOG	-48,48	-50,99
INTC	173,52	182,51
MSFT	-4,39	-4,61
NQ	19,77	20,31
ORCL	115,96	121,97
SBUX	-2,31	-2,43
Media	45,09	47,36
Total	315,64	331,50

Tabla 6.3

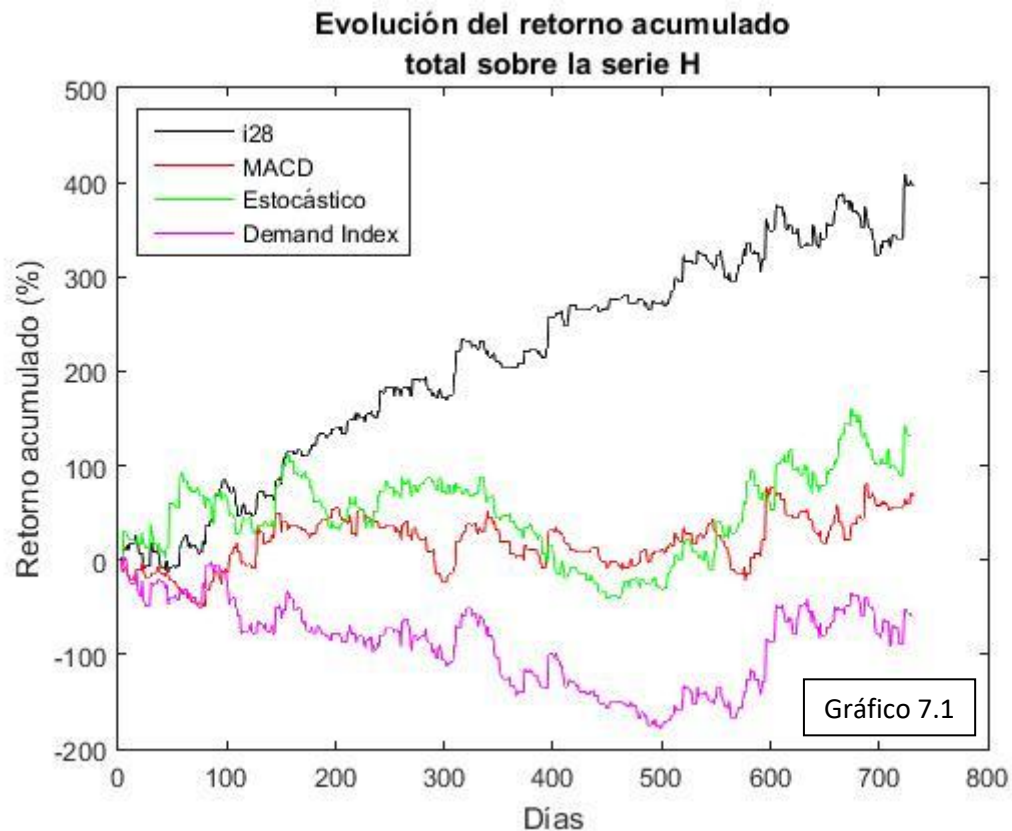
A continuación se muestra un gráfico en el que aparece la evolución del beneficio acumulado, para cada ticker, a lo largo del periodo correspondiente al conjunto J.



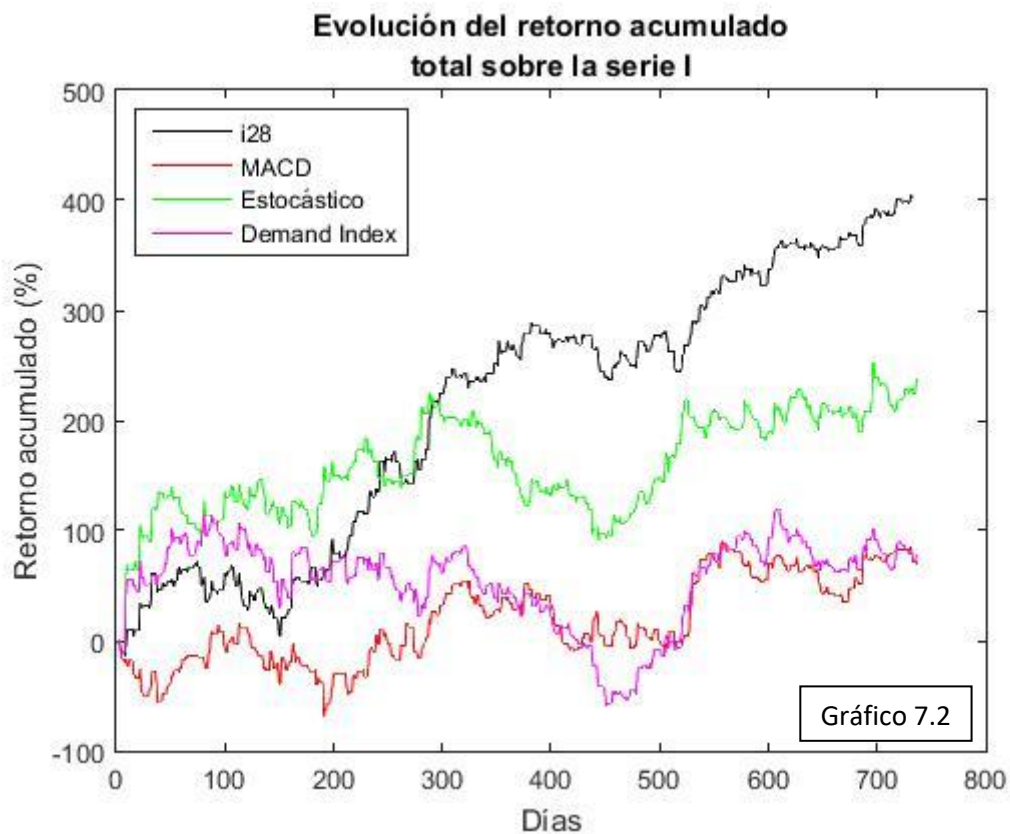
7. Comparación del beneficio total acumulado

Ahora vamos a considerar, para cada indicador, todas las operaciones realizadas cada día, con todos los tickers con los que estamos operando. Puede ocurrir que un día determinado haya varias operaciones abiertas (una con AAPL, otra con ORCL, etc). Estamos considerando que se pueden realizar varias operaciones con el mismo capital, con apalancamiento. En los siguientes gráficos se representa la evolución del beneficio total acumulado por cada indicador.

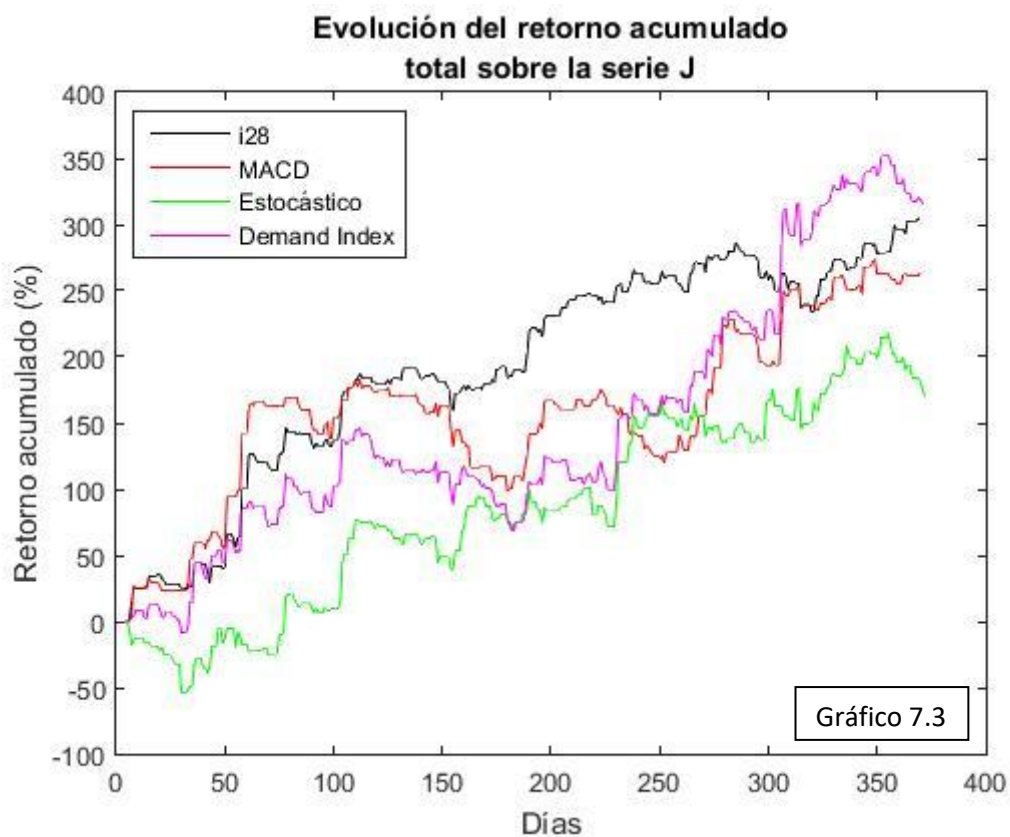
7.1. Evolución del beneficio total acumulado operando sobre la serie H



7.2. Evolución del beneficio total acumulado operando sobre la serie I



7.3. Evolución del beneficio total acumulado operando sobre la serie J



8. Conclusiones

Los resultados obtenidos por i28 (apartado 3) se deben entender con las debidas precauciones, ya que siempre hay cierto grado de aleatoriedad. No obstante, se observa un comportamiento similar en las tres series de datos sobre las que se han realizado las pruebas, lo que permite plantear algunas conclusiones.

En primer lugar, i28 obtiene buenos resultados sobre las tres ventanas (H, I y J). Siempre hay algún ticker para el que se obtienen resultados mediocres o malos (SBUX en ventana H, ver Tabla 3.1; NQ y SBUX en ventana I, ver Tabla 3.2; MSFT en ventana J, ver Tabla 3.3) pero queda compensado por el comportamiento del resto.

Además, si observamos los gráficos del retorno acumulado, observamos un comportamiento ascendente sostenido (con las habituales fluctuaciones) para la mayoría de los casos. Así, en ventana H (Gráfico 3.1) se observa un comportamiento ascendente bastante estable para todos los ticker, excepto INTC y SBUX, algo más erráticos. En ventana I (Gráfico 3.2) también se observa este comportamiento, excepto en SBUX y NQ. En ventana J (Gráfico 3.3) tenemos un comportamiento similar, muy claro en AAPL y INTC y aceptable en el resto, excepto en ORCL y MSFT, más erráticos.

Si lo comparamos con MACD, Stoch y DI, vemos que i28, obtiene mejores resultados y, además, presenta un comportamiento más estable. En efecto, se pueden comparar las tablas 4.1, 4.2, 5.1, 5.2, 6.1, 6.2 y los correspondientes gráficos, con las tablas 3.1, 3.2 y los gráficos 3.1 y 3.2.

MACD y DI obtienen resultados medios comparables a i28 sobre la ventana J. Pero, incluso en este caso, si comparamos las tablas 4.3 y 6.3 con la tabla 3.3, o los gráficos 4.3 y 6.3 con el gráfico 3.3, se observa un comportamiento más errático en MACD y DI, y un comportamiento más estable en i28.

Finalmente analizaremos la evolución del beneficio total acumulado. Aquí estamos considerando la operación con todos los ticker simultáneamente, de forma que, en un día cualquiera, puede haber varias operaciones abiertas, para lo que se requiere un cierto grado de apalancamiento. Al considerar todos los ticker, podemos considerar que se pueden compensar fluctuaciones, de forma que obtenemos una valoración más real del comportamiento de cada indicador. Como puede observarse en el gráfico 7.1, correspondiente a la ventana H, i28 presenta un crecimiento sostenido y estable del retorno acumulado, mientras que MACD, Estocástico y DI presentan un comportamiento peor y más errático. En el caso de la ventana I (gráfico 7.2) se observa el mismo crecimiento sostenido y estable de i28. Aquí el comportamiento de MACD y DI es malo, y el del Estocástico, aunque algo mejor, sigue mostrando un comportamiento errático e inferior al de i28. En cuanto a la ventana J (gráfico 7.3), se observa que todos los indicadores probados han funcionado bien, mejor i28, MACD y DI, y algo peor el Estocástico. También en este caso, aunque el resultado final sea similar, i28 presenta una evolución más estable, mientras que MACD y DI presentan una evolución algo más errática.

Por lo tanto, podemos concluir que, dentro del periodo de cinco años analizado (ventanas H, I y J), y con las condiciones de las pruebas que se detallaron al principio del informe, i28 ha presentado un comportamiento bueno y estable, mucho mejor del que cabría esperar de un comportamiento aleatorio, lo que hace pensar que ha obtenido un modelo aceptable del mercado. Además, su comportamiento mejora claramente el comportamiento de otros indicadores (MACD, Estocástico y Demand Index) con los que se ha comparado.

ANEXOS

A. Generación de operaciones

Para calcular el beneficio obtenido durante un periodo (o, de forma equivalente, sobre un conjunto de sesiones) por un indicador, hay que obtener la lista de operaciones propuestas por ese indicador durante el periodo en cuestión.

Cada operación generada es una entidad con un conjunto de propiedades: tipo (Buy o Sell), precio de entrada o inicio, precio de salida o fin, stop-loss y logreturn. Estas propiedades se identifican como *oper.tipo*, *oper.pi*, *oper.pf*, *oper.sl* y *oper.logreturn*

Como valor inicial para stop-loss se toma el siguiente:

- para operaciones Buy, $sl = Precio_{ini} * (1 - SL/100)$
- para operaciones Sell, $sl = Precio_{ini} * (1 + SL/100)$

A continuación se describen los algoritmos que obtienen la lista de operaciones propuestas para un determinado conjunto de sesiones.

Algoritmo *opera*

begin opera

“nos posicionamos en la primera vela de la ventana”

“obtenemos la propuesta para la siguiente vela”

“nos movemos a la siguiente vela”

while(hay velas):

if(condicionesParaOperar(Buy, propuesta)):

“generar nueva operación Buy”

“guardar en la lista de operaciones”

“guardar en la lista de operaciones Buy abiertas”

elseif(condicionesParaOperar(Sell, propuesta)):

“generar nueva operación Sell”

“guardar en la lista de operaciones”

“guardar en la lista de operaciones Sell abiertas”

if("hay elementos en la lista de operaciones Buy abiertas"):

comprobarCierreBuy

if("hay elementos en la lista de operaciones Sell abiertas"):

```

        comprobarCierreSell
        "obtenemos la propuesta para la siguiente vela"
        "nos movemos a la siguiente vela"
while("quedan operaciones abiertas"):
    if("hay elementos en la lista de operaciones Buy abiertas"):
        comprobarCierreBuy
    if("hay elementos en la lista de operaciones Sell abiertas"):
        comprobarCierreSell
if("aún queda alguna operación abierta):
    cierreIncondicional
return "lista de operaciones"
end

```

Algoritmo condicionesParaOperar

Este algoritmo comprueba si se dan las condiciones para realizar una operación. Devuelve True, si se recomienda operar, o False, si no se recomienda operar.

Entradas: *acc* indica el tipo de operación (Buy o Sell) que se consulta; *propuesta* es la propuesta del indicador para la sesión actual

```

begin condicionesParaOperar(acc, propuesta)
    "la operación se puede rechazar (False) por haberse sobrepasado el número total de
    operaciones abiertas (NUM_MAX), o bien por haberse sobrepasado el número total de
    operaciones Buy (NUM_MAX_BUY) o Sell (NUM_MAX_SELL) abiertas"
    if("no hay operaciones abiertas"):
        if(acc = Sell and propuesta > -COEF_MIN_1):
            return False
        elseif(acc = Buy and propuesta < COEF_MIN_1):
            return False
        else:
            return True
    else:

```


“segunda o tercera operación”

if(*acc* = *Sell* and *propuesta* > $-COEF_MIN_2$):

return False

elseif(*acc* = *Buy* and *propuesta* < $COEF_MIN_2$):

return False

else:

return True

end

NOTAS:

- NUM_MAX es el número máximo de operaciones abiertas. El valor que usamos es NUM_MAX = 2. Las operaciones abiertas simultáneamente, en un momento de terminado, pueden ser dos Buy, dos Sell, o una Buy y otra Sell por lo que, también, NUM_MAX_BUY = 2 y NUM_MAX_SELL = 2
- COEF_MIN_1 es el valor absoluto mínimo de la propuesta para iniciar una operación (Buy si es positivo, Sell si es negativo), siempre que no haya ya una operación abierta. Se ha usado COEF_MIN_1 = 0.80
- COEF_MIN_2 es el valor absoluto mínimo de la propuesta para iniciar una operación (Buy si es positivo, Sell si es negativo) cuando ya hay alguna operación abierta. Se ha usado COEF_MIN_2 = 0.90
- SL es el stop loss, expresado en tanto por cien. SL = 1.5

Algoritmo *comprobarCierreBuy*

Este algoritmo comprueba si hay que cerrar operaciones Buy que están abiertas.

begin comprobarCierreBuy

“obtener la primera operación Buy que aún está abierta”

while(“hay operaciones abiertas”):

if ($Precio_{Close}(t) \geq Precio_{Open}(t)$):

“se trata de una vela blanca (alcista), o un doji”

if($Precio_{Low} \leq oper.sl$):

cerrarOperacion

elseif($Precio_{High} \geq oper.pi * (1 + TS/100)$ and $oper.sl < Precio_{High} * (1 - TS/100)$):

$oper.sl = Precio_{High} * (1 - TS/100)$

```

        if( $Precio_{close} \leq oper.sl$ ):
            cerrarOperacion
    else:
        "se trata de una vela negra (bajista)"
        if( $Precio_{High} \geq oper.pi * (1 + TS/100)$  and  $oper.sl < Precio_{High} * (1 - TS/100)$ ):
             $oper.sl = Precio_{High} * (1 - TS/100)$ 
        if( $Precio_{Low} \leq oper.sl$ ):
            cerrarOperacion
end

```

Algoritmo comprobarCierreSell

Este algoritmo comprueba si hay que cerrar operaciones Sell que están abiertas.

begin comprobarCierreSell

"obtener la primera operación Sell que aún está abierta"

while("hay operaciones abiertas"):

```

    if ( $Precio_{close}(t) \leq Precio_{open}(t)$ ):
        "se trata de una vela negra (bajista), o un doji"
        if( $Precio_{High} \geq oper.sl$ ):
            cerrarOperacion
        elseif( $Precio_{Low} \leq oper.pi * (1 - TS/100)$  and  $oper.sl > Precio_{Low} * (1 + TS/100)$ ):
             $oper.sl = Precio_{Low} * (1 + TS/100)$ 
        if( $Precio_{close} \geq oper.sl$ ):
            cerrarOperacion
    else:
        "se trata de una vela blanca (alcista)"
        if( $Precio_{Low} \leq oper.pi * (1 - TS/100)$  and  $oper.sl > Precio_{Low} * (1 + TS/100)$ ):
             $oper.sl = Precio_{Low} * (1 + TS/100)$ 

```

```

        if( $Precio_{High} \geq oper.sl$ ):
            cerrarOperacion
    end

```

Algoritmo cerrarOperacion

Cerrar una operación consiste en modificar el valor de algunas de sus propiedades:

- La propiedad estado toma el valor "Close" ($estado = "Close"$)
- El precio final toma el valor stop-loss ($pf = sl$)
- También se guarda la fecha en que se cerró la operación.

Algoritmo cierreIncondicional

Este algoritmo cierra todas las operaciones que quedan abiertas. El precio de cierre es el precio último disponible. Se invoca cuando se ha llegado al final de la ventana (ya no quedan más sesiones) y aún hay operaciones abiertas.

Por lo tanto, hace lo mismo que *cerrarOperacion*, excepto que, en este caso, $pf = Precio_{Close}$.

- La propiedad estado toma el valor "Close" ($estado = "Close"$)
- El precio final toma el valor del último precio de cierre disponible ($pf = Precio_{Close}$)
- También se guarda la fecha en que se cerró la operación.

B. Archivos

Se adjuntan archivos con las operaciones realizadas. El nombre de los archivos es el siguiente: **oper_tttt_D_i28_X.txt**, donde “tttt” se sustituye por el código del ticker y “X” identifica el subconjunto de la serie temporal (H, I o J), como, por ejemplo “oper_AAPL_D_i28_H.txt”.

Estos archivos contienen la lista de todas las operaciones realizadas durante la evaluación, sobre la ventana “X”, para el ticker “tttt”. Se indica el tipo de operación, la fecha de inicio y la fecha de fin, el precio de entrada y el precio de salida, y el beneficio (positivo o negativo) obtenido. Tras la lista de operaciones se indica el número de operaciones, el beneficio total, el beneficio anualizado, el número de operaciones positivas y el beneficio generado, el número de operaciones negativas y las pérdidas generadas, el número de operaciones “Buy” y el beneficio generado y el número de operaciones “Sell” y el beneficio generado.

A continuación, hay una lista de propuestas, en la que aparecen, para todas las sesiones del conjunto de evaluación, la propuesta del indicador para la siguiente sesión, como un número entre -1.0 (máxima intensidad de una propuesta “Sell”) y +1.0 (máxima intensidad de una propuesta “Buy”).

C. Algoritmos para generar propuestas en MACD, Estocástico y DI**C.1. MACD**

if($MACD(t) > Signal(t)$ and $PMACD(t) > 0.10$):

propuesta = *Buy*

elseif($MACD(t) < Signal(t)$ and $PMACD(t) < -0.10$):

propuesta = *Sell*

else:

propuesta = *NoOp*

PMACD se calcula de la siguiente forma:

$$PMACD(t) = \frac{PMACD(t) - PMACD(t - 1)}{|PMACD(t - 1)|}$$

C.2. Estocástico

if($K(t) > D(t)$ and $K(t) < 80$):

propuesta = *Buy*

elseif($K(t) < D(t)$ and $K(t) > 20$):

propuesta = *Sell*

else:

propuesta = *NoOp*

Siendo:

$$K(t) = \frac{(\text{Precio}_{\text{close}} - \text{Precio}_{\text{min}}) * 100}{\text{Precio}_{\text{max}} - \text{Precio}_{\text{min}}}$$

$\text{Precio}_{\text{max}}$ = Máximo $\text{Precio}_{\text{close}}$ de las últimas 14 sesiones

$\text{Precio}_{\text{min}}$ = Mínimo $\text{Precio}_{\text{close}}$ de las últimas 14 sesiones

$D(t)$ = Media móvil simple de las últimas 3 sesiones

C.3. Demand Index

if ($SMA(DI, 2) > 0$ and $dSMA(DI, 2) > 0$):

propuesta = Buy

elseif ($SMA(DI, 2) < 0$ and $dSMA(DI, 2) < 0$):

propuesta = Sell

else:

propuesta = NoOp

Siendo:

$SMA(DI, 2)$, la media móvil simple de dos sesiones del DI.

$dSMA(DI, 2)$, la pendiente de la media móvil de dos sesiones del DI.

NOTAS:

- Sell = -1.0
- Buy = +1.0
- NoOp = 0.0