(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 526 673**

(51) Int. Cl.:

B41J 2/055 (2006.01)
B41J 2/06 (2006.01)

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **06.06.2011** **E 11733600 (8)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **26.11.2014** **EP 2580059**

(54) Título: **Control de imágenes y del cabezal de impresión**

(30) Prioridad:

11.06.2010 EP 10165661

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
14.01.2015

(73) Titular/es:

TONEJET LIMITED (100.0%)
Melbourn Science Park Cambridge Road
Melbourn
Royston, Hertfordshire SG8 6EE, GB

(72) Inventor/es:

CLIPPINGDALE, ANDREW JOHN

(74) Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 526 673 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Control de imágenes y del cabezal de impresión

La presente invención está relacionada con tecnologías de impresión electrostática por chorro de tinta y, más en particular, con cabezales de impresión e impresoras del tipo tal como el descrito en el documento WO 93/11866 y en memorias de patentes relacionadas.

Las impresoras electrostáticas de este tipo expulsan partículas sólidas cargadas dispersas en un fluido portador aislante químicamente inerte, utilizando un campo eléctrico aplicado para concentrar primero y expulsar después las partículas sólidas. La concentración ocurre porque el campo eléctrico aplicado origina una electroforesis y las partículas cargadas se desplazan en el campo electrostático hacia el substrato, hasta que encuentran la superficie de la tinta. La eyección ocurre cuando el campo eléctrico aplicado crea una fuerza electroforética que es suficientemente grande para superar la tensión superficial. El campo eléctrico se genera creando una diferencia de potencial entre el lugar de eyección y el substrato; esto se consigue aplicando tensiones a electrodos en el lugar de eyección y/o rodeando al mismo.

El lugar desde el cual ocurre la eyección se determina por la geometría del cabezal de impresión y el lugar y forma de los electrodos que crean el campo eléctrico. Típicamente, un cabezal de impresión consiste en una o más protuberancias desde el cuerpo del cabezal de impresión y estas protuberancias (también conocidas como picos de eyección) tienen electrodos en su superficie. La polaridad de la polarización aplicada a los electrodos es la misma que la polaridad de la partícula cargada, de manera que la dirección de la fuerza electroforética es hacia el substrato. Además, la geometría global de la estructura del cabezal de impresión y la posición de los electrodos están diseñadas de forma que la concentración y después la eyección ocurren en una región altamente localizada alrededor de la punta de las protuberancias.

Para operar fiablemente, la tinta debe fluir una vez sobrepasado el lugar de eyección continuamente, con el fin de rellenar las partículas que han sido eyectadas. Para permitir este flujo, la tinta debe ser de baja viscosidad, típicamente de unos pocos centipoises. El material que se eyecta es altamente viscoso debido a la alta concentración de partículas; como resultado, la tecnología puede ser utilizada para imprimir sobre substratos no absorbentes para que el material no se disperse con el impacto.

Se han descrito varios diseños de cabezales de impresión en la técnica anterior, tales como en los documentos WO 93/11866, WO 97/27058, WO 97/27056, WO 98/32609, WO 98/42515, WO 01/30576 y WO 03/101741.

El documento WO 98/42515, que muestra el preámbulo de la reivindicación 1, propone un sistema para controlar la aplicación de primeros impulsos de tensión a un respectivo electrodo de eyección asociado con un lugar de eyección, y un segundo impulso de tensión a un respectivo electrodo secundario asociado con el lugar de eyección, de forma que, cuando se aplica un impulso de tensión al electrodo de eyección, se aplica al electrodo secundario un impulso de tensión, invertido con respecto al impulso aplicado al electrodo de eyección. Esta técnica se utiliza para superar problemas con el acoplamiento capacitivo entre los lugares de eyección próximos, que en otro caso afectarían adversamente a la eyección. Como se puede reducir la interferencia si se usan tensiones más bajas, y es por tanto deseable utilizar tensiones lo más bajas posible para originar la eyección e invertir la tensión aplicada al electrodo secundario, se mantiene el diferencial a un nivel deseable. La provisión de tensiones sobre los electrodos secundarios de este tipo, sirve también para preservar una forma simétrica del campo eléctrico que evita o reduce la deflexión (de lado a lado) resultante en otro caso de los campos asimétricos que resultan de la interferencia surgida por las tensiones aplicadas a lugares contiguos de eyección.

La figura 1 es un dibujo de la región de la punta de un cabezal 1 de impresión electrostática del tipo descrito en la técnica anterior, mostrando varios picos 2 de eyección, cada uno con una punta 21. Entre cada dos picos de eyección, hay una pared 3, denominada también montante, que define el límite de cada célula 5 de eyección o eyector. En cada célula, la tinta fluye en dos canales 4, uno en cada lado del pico 2 de eyección, y durante el uso se pinza el menisco de la tinta entre la parte superior de los montantes y la parte superior del pico de eyección. En esta geometría, la dirección positiva del eje z se define apuntando desde el substrato hacia el cabezal de impresión, el eje x apunta a lo largo de la línea de las puntas de los picos de eyección y el eje y es perpendicular a estos.

La figura 2 es un diagrama esquemático en el plano x - z de una sola célula 5 de eyección en el mismo cabezal 1 de impresión, mirando a lo largo del eje y que toma una loncha a través de la parte media de las puntas de los picos 2 de eyección. La figura muestra los montantes 3, el pico 2 de eyección, el lugar 6 de eyección, el lugar de los electrodos 7 de eyección y la posición del menisco 8 de la tinta. La flecha 9 en línea continua muestra la dirección de eyección y apunta también hacia el substrato. Típicamente, la inclinación entre las células de eyección es 168 µm. En el ejemplo ilustrado en la figura 2, la tinta fluye normalmente hacia la página, lejos del lector.

La figura 3 es un diagrama esquemático del mismo cabezal 1 de impresión en el plano y - z, que muestra una vista lateral de un pico de eyección a lo largo del eje x. Esta figura muestra el pico 2 de eyección, el lugar del electrodo 7 sobre un pico y un componente conocido como electrodo intermedio (10). El electrodo intermedio 10 es una

estructura que tiene electrodos 101 sobre su cara interna (y algunas veces sobre toda su superficie), que durante el uso están polarizados con un potencial diferente de los electrodos 7 de eyección sobre los picos 2 de eyección. El electrodo intermedio 10 puede tener un diseño tal que cada pico 2 de eyección tenga una superficie del electrodo mirando hacia él, que puede ser direccionado individualmente, o puede estar uniformemente metalizado de forma que toda la superficie del electrodo intermedio 10 se mantenga con una polarización constante. El electrodo intermedio 10 actúa como una pantalla electrostática que apantalla el lugar de eyección/eyector de los campos eléctricos externos, y permite controlar cuidadosamente el campo eléctrico en el lugar 6 de eyección.

La flecha 11 en línea continua muestra la dirección de eyección y nuevamente apunta en la dirección del substrato. En la figura 3, la tinta fluye normalmente de izquierda a derecha.

En funcionamiento, es normal mantener el substrato a tierra (0 V) y aplicar una tensión V_{IE} entre el electrodo intermedio 10 y el substrato. Se aplica una diferencia de potencial adicional V_B entre el electrodo intermedio 10 y los electrodos 7 en el pico 2 de eyección y en los montantes 3, de forma que el potencial de estos electrodos es V_{IE} + V_B. La magnitud de V_B se elige de tal forma que se genera un campo eléctrico en el lugar 6 de eyección que concentra las partículas, pero que no eyecta las partículas. La eyección ocurre espontáneamente en las polarizaciones aplicadas de V_B por encima de una cierta tensión umbral, V_S correspondiente a la fuerza del campo eléctrico a la cual la fuerza electroforética sobre las partículas equilibra exactamente la tensión superficial de la tinta. Siempre es por tanto el caso de que V_B se seleccione inferior a V_S. Al aplicar V_B, el menisco de tinta se desplaza hacia delante para cubrir más del pico 2 de eyección. Para eyectar las partículas concentradas, se aplica un impulso adicional de tensión de amplitud V_P al pico 2 de eyección, de forma que la diferencia de potencial entre el pico 2 de eyección y el electrodo intermedio 10 es V_B + V_P. La eyección continuará mientras dure el impulso de tensión. Los valores típicos de estas polarizaciones son V_{IE} = 500 voltios, V_B = 1000 voltios y V_P = 300 voltios.

Las tensiones realmente aplicadas durante el uso pueden ser obtenidas a partir de los valores de bits de los píxeles individuales de una imagen de mapa de bits a imprimir. La imagen de mapa de bits se crea o se procesa utilizando software convencional de gráficos de diseño, tal como el Adobe Photoshop, y se guarda en memoria, desde donde se pueden entregar los datos por diversos métodos (puerto paralelo, puerto USB, hardware de transferencia de datos hecho a la medida) hacia la electrónica de accionamiento del cabezal de impresión, donde se generan los impulsos de tensión que se aplican a los electrodos de eyección del cabezal de impresión.

Una de las ventajas de las impresoras electrostáticas de este tipo es que se puede conseguir la impresión en escala de grises modulando la duración o bien la amplitud del impulso de tensión. Los impulsos de tensión pueden ser generados de forma que la amplitud de los impulsos individuales se obtienen a partir de los datos del mapa de bits, o de forma que la duración del impulso se obtenga a partir de los datos del mapa de bits, o utilizando una combinación de ambas técnicas.

Las impresoras electrostáticas del tipo descrito en esta memoria eyectan chorros viscosos de material en partículas a partir de un fluido portador no viscoso. Esto ofrece muchas ventajas sobre las impresoras digitales convencionales basadas en tecnología piezoeléctrica o térmica, incluyendo:

- Independencia del substrato: capacidad de imprimir sobre substratos absorbentes y no absorbentes sin dispersar material en el impacto
- Menores diámetros de los puntos
- Formación mejorada de los puntos, que conduce a un reducido número de gotitas satélite
- Impresión en escala de grises
- Compatibilidad con una amplia gama de materiales
- Aumento de la fiabilidad
    - sin partes móviles
    - una estructura muy abierta (sin pequeñas toberas) que da como resultado menos atascos
    - la recirculación de la tinta mantiene limpios los canales/eyectores y mantiene suspendidas las partículas
- Bajo coste: la sencilla estructura del cabezal de impresión se puede conseguir a partir de técnicas de fabricación sencillas.

Los cabezales de impresión que comprenden cualquier número de eyectores se pueden construir fabricando numerosas células 5 del tipo ilustrado en las figuras 1 a 3, una al lado de la otra, a lo largo del eje x. Un ordenador de control convierte los datos de imágenes (valores de pixel en mapa de bits) almacenados en su memoria, en

formas de onda de tensión (comúnmente impulsos cuadrados digitales) que son suministrados a cada eyector individualmente. Al desplazar el cabezal 1 de impresión con respecto al substrato de una manera controlada, se pueden imprimir imágenes de área grande sobre el substrato.

Pueden surgir problemas cuando están imprimiendo dos células vecinas 5 y una tercera célula contigua no está imprimiendo. Esto genera un campo eléctrico asimétrico en el lugar de eyección del eyector central que producirá una deflexión sobre el material eyectado desde una trayectoria ideal que es recta hacia el substrato. Este efecto se denomina interferencia electrostática (o interferencia, por brevedad).

En la figura 4 se ilustra esta razón física de la interferencia. Se muestran equipotenciales calculados que son generados por tres células contiguas 5, por lo que los electrodos 7 de la célula de la derecha están a un potencial de V_B = 925 V y los electrodos de las otras dos células están a $V_B + V_P$ = 925 +400 V = 1325 V. Este es meramente un cálculo electrostático relativo a la estructura fija del cabezal de impresión y se desprecian los efectos de la tinta. La condición límite del borde superior del modelo es V = 0, lo cual es una aproximación razonable de la cara interna conductora del electrodo intermedio 10 y es consistente con los valores de V_B y V_P utilizados. La condición límite de los bordes lateral e inferior de la región se fija de tal manera que actúan como planos especulares para los equipotenciales. Esto es razonable, ya que esto modela un conjunto repetitivo de eyectores a lo largo del eje x; el efecto del plano especular en la parte inferior de la región se considera que tiene poca influencia sobre el campo eléctrico alrededor de la región de eyección.

La figura 4 muestra cómo se doblan los equipotenciales alrededor de la punta 21 del pico 2 de eyección central y por tanto que el campo eléctrico (que es perpendicular a los equipotenciales) tiene un componente distinto de cero paralelo al eje x. De acuerdo con este modelo, la relación de la componente de campo eléctrico paralelo al eje z (E_z) con respecto a la componente del campo eléctrico paralelo al eje x (E_x) es aproximadamente 60. La trayectoria calculada de una partícula de prueba en este campo eléctrico confirma que la partícula sufre una deflexión desde la trayectoria ideal paralela al eje z en una dirección paralela al eje x, como resultado de esta componente E_x distinta de cero.

Las vecinas inmediatas de la célula tienen su mayor influencia en la dirección de la tinta eyectada, donde las segundas y terceras vecinas crean un efecto similar, pero decreciente.

De acuerdo con la presente invención, se proporciona un método de preparación de una imagen de mapa de bits de dos dimensiones que tiene *n* píxeles por fila para imprimir, utilizando uno o más cabezales de impresión, teniendo cada uno de ellos una fila de lugares de eyección, teniendo cada lugar de eyección electrodos de eyección asociados a los cuales se aplica una tensión durante el uso, suficiente para originar que se formen aglomeraciones de partículas desde dentro del cuerpo del fluido de impresión, y donde, con el fin de originar que se eyecten aglomeraciones de partículas cargadas como gotitas impresas desde lugares de eyección seleccionados, se aplican a los electrodos de los lugares de eyección seleccionados, impulsos de tensión de amplitud y duración predeterminadas, según determinan los respectivos valores P_i de bits, donde $1 \leq i \leq n$, de los pixeles individuales de filas de la imagen, donde P_i se determina por medio de la expresión

PARA $i = 1$ a n:

PARA $j = 1$ a $(4k+1)$:

SI $P_i \leq P_L$ Y $P_{i+1} \ldots P_{i+(1+k)} \geq P_H$ entonces $P_{i+j} := \alpha_j . P_{i+j}$

o

SI $P_i \leq P_L$ Y $P_{i-1} \ldots P_{i-(1+k)} \geq P_H$ entonces $P_{i-j} := \alpha_j . P_{i-j}$

donde $\alpha_j < 1$ para $j = 1$ o $j = 2k$ y $\alpha_j \leq 1$ para $j = 3k$ o $j = 4k$

O bien:

PARA $i = 1$ a n:

PARA $j = 1$ a $(4k+1)$:

SI $P_i \leq P_L$ Y $P_{i+1} \ldots P_{i+(1+k)} \geq P_H$ entonces $P_{i+j} := \alpha_j . P_{i+j}$

o

SI $P_i \leq P_L$ Y $P_{i-1} \ldots P_{i-(1+k)} \geq P_H$ entonces $P_{i-j} := \alpha_j . P_{i-j}$

$$\text{donde } \alpha_j > 1 \text{ para } k \geq 2 \quad \text{y} \quad (j = k \text{ or } k+1), \quad \text{y} \quad \alpha_j \geq 1 \text{ para } k \geq 3 \quad \text{y}$$
$$(2 \leq j \leq k\text{-}1 \text{ o } k+2 \leq j \leq 2k\text{-}1 \text{ o } j = 2k+1,\ 3k+1, \text{ o } 4k+1),$$

donde P_L es un umbral bajo y P_H es un umbral alto definidos como $0 < P_L < P_H < 1$, y donde la disposición de los cabezales de impresión forma una serie de lugares de eyección sobre una separación paralela a las filas de la imagen de *k* veces la separación de píxeles de la imagen, dispuestas paralelamente a la anchura de la imagen, con *A* cabezales de impresión intercalados dispuestos para imprimir sobre *B* pases intercalados, de forma que $k = A.\ B$, de manera que un cabezal de impresión dado sobre un pase dado imprimirá los pixeles de cada columna de orden *k* de la imagen.

Las ecuaciones anteriores muestran cómo, para cada iteración del bucle lógico, el valor de P_{i+j} utilizado para imprimir se convierte en $\alpha_j.\ P_{i+j}$ de la imagen original. Obsérvese que el uso del operador lógico ":=" tiene su significado habitual de "es definido para que sea" o bien "se convierte en". Otra manera de escribir esto sería escribir $[P_{i+j}]_{PRINT} = \alpha_j.\ [P_{i+j}]_{IMAGE}$.

El método arriba mencionado puede además ser incrementado, donde los valores de P_{i+1} o P_{i-1} son ajustados adicionalmente en un paso preliminar, de acuerdo con el algoritmo siguiente (algoritmo 2).

PARA $i = 1$ a n:

$$\text{SI} \left\{ \begin{array}{ll} P_i \leq P_L & 1 \leq k \leq 3 \\ P_i \ldots P_{i\text{-}(k\text{-}3)} \leq P_L & k \geq 4 \end{array} \right\} \quad \text{Y} \quad P_{i+1} \ldots P_{i+(1+k)} \geq P_H \text{ entonces } P_{i+1} := P_i$$

O BIEN

$$\text{SI} \left\{ \begin{array}{ll} P_i \leq P_L & 1 \leq k \leq 3 \\ P_i \ldots P_{i+(k\text{-}3)} \leq P_L & k \geq 4 \end{array} \right\} \quad \text{Y} \quad P_{i\text{-}1} \ldots P_{i\text{-}(1+k)} \geq P_H \text{ entonces } P_{i\text{-}1} := P_i$$

Esta compensación adicional es útil donde no hay zonas impresas inmediatamente contiguas a la zona de impresión considerada y actúa eliminando el primer pixel de un grupo a imprimir. Por ejemplo, cuando hay pequeñas zonas de impresión "negativa" (es decir, zonas sin imprimir dentro de un fondo más grande de píxeles impresos), esto ayuda a conseguir caracteres más "abiertos" o mejor definidos. La técnica es también útil si hay una tendencia a que la tinta se "extienda" sobre el substrato antes de secarse.

Los valores de los bits pueden ajustarse de tal manera que la tensión y/o duración de los impulsos de eyección aplicados a los electrodos de al menos uno de los dos lugares de eyección (o "eyectores) contiguos que están imprimiendo se reduzcan o aumenten para cambiar la deflexión de cada una de las gotitas eyectadas desde dichos lugares de eyección contiguos.

Cuando la imagen en mapa de bits es tal que dos lugares de eyección/eyectores contiguos están dispuestos para originar una eyección simultáneamente, los valores de los bits pueden ajustarse de forma que la tensión y/o la duración del impulso de eyección aplicado a los electrodos de dichos dos lugares de eyección contiguos se reduzcan para ajustar la deflexión de cada una de las gotitas eyectadas desde los lugares de eyección contiguos.

La invención incluye un método de impresión de una imagen en mapa de bits que utiliza un cabezal de impresión que tiene una fila de lugares de eyección, teniendo cada lugar de eyección electrodos de eyección asociados, a los cuales se aplica una tensión durante el uso suficiente para hacer que se formen aglomeraciones de partículas desde dentro del cuerpo de un fluido de impresión, y en el que, con el fin de hacer que se eyecten aglomeraciones de partículas cargadas como gotitas impresas a partir de lugares de eyección seleccionados, se aplican impulsos de tensión de amplitud y duración predeterminada, como determinan los valores de bits de los píxeles individuales de la imagen, a los electrodos de los lugares de eyección seleccionados, donde la imagen en mapa de bits tiene píxeles impresos, de forma que requieren la eyección simultánea desde dos lugares de eyección contiguos de un cabezal de impresión, sobre un lado de cuyos lugares de eyección no hay un lugar de eyección que imprima simultáneamente, incluyendo el método la preparación de la imagen en mapa de bits de acuerdo con la reivindicación 1.

El cabezal (o cabezales) de impresión pueden estar dispuestos de manera que impriman más de dos píxeles contiguos desde el mismo lugar de eyección en múltiples pases secuenciales.

Surgen problemas similares y se puede utilizar la misma solución cuando el cabezal (o cabezales) de impresión

llevan a cabo la impresión en un solo pase, imprimiendo todos los píxeles requeridos de cada fila, ya sea al mismo tiempo (si la resolución del cabezal de impresión es alta) o en otro caso la impresión de los píxeles requeridos a partir de múltiples cabezales de impresión (intercalados), estrechamente separados uno detrás de otro.

El cabezal de impresión puede ser indexado muchas veces.

La razón por la que no puede haber lugares de eyección seleccionados simultáneamente en los cuales tenga lugar la eyección, es debida a que el diseño que se está imprimiendo tiene un “espacio en blanco”, es decir, zonas sin imprimir, o en otro caso debida a que los lugares de eyección contiguos están en el extremo de la fila de lugares de eyección y por tanto no hay lugares de eyección adicionales desde los cuales se puedan eyectar gotitas.

Se describirán ahora ejemplos de los métodos y dispositivos de acuerdo con la presente invención, con referencia a los dibujos que se acompañan, en los cuales:

La figura 1 es un dibujo en CAD que muestra el detalle de los lugares de eyección y los canales de alimentación de tinta de una impresora electrostática;

La figura 2 es un diagrama esquemático en el plano x - z de la región alrededor del lugar de eyección de un cabezal de impresión electrostático del tipo ilustrado en la figura 1;

La figura 3 es un diagrama esquemático en el plano y - z, de la región alrededor del lugar de eyección de un cabezal de impresión electrostático del tipo ilustrado en la figura 1;

La figura 4 es un diagrama de la modelación numérica de los equipotenciales en la punta de la región IE de un cabezal de impresión electrostático del tipo ilustrado en la figura 1;

La figura 5 muestra una imagen de prueba para medir la interferencia;

La figura 6 muestra un dibujo de los valores de interferencia medidos y modelados de la imagen de prueba ilustrada en la figura 5;

La figura 7 muestra una simulación de la versión impresa de la figura 5, incorporando la interferencia;

La figura 8 muestra el efecto de la interferencia simulada en un borde lleno completo;

La figura 9 muestra una simulación del efecto en la colocación de puntos de impresión con fuerza reducida en los píxeles 1 y 8 en el borde de una zona llena completamente;

Las figuras 10a y 10b muestran modelos simulados de interferencia para una “u” negativa de 4 puntos (a) sin compensación, y (b) con compensación, como se describe en esta invención;

La figura 11 ilustra simulaciones de cuatro impresiones utilizando otros esquemas de ajuste, en comparación con las posiciones de píxeles objetivo, y el coeficiente de compensación relativo a píxeles diferentes;

La figura 12 es un diagrama de bloques que ilustra cómo se puede ajustar la amplitud de un impulso de eyección y el diagrama de forma de onda relacionado, que muestra las amplitudes ilustrativas resultantes ajustadas de un impulso;

La figura 13 es un diagrama de bloques que ilustra cómo puede ajustarse la duración de un impulso de eyección y un diagrama de formas de onda relacionado que muestra las duraciones ilustrativas resultantes ajustadas de un impulso; y

Las figuras 14a a 14G muestran, respectivamente, simulaciones de un conjunto objetivo de píxeles en parte de una imagen y de seis esquemas diferentes de compensación, en comparación en cada caso con la simulación de una impresión no compensada.

La interferencia generada por cualquier imagen dada puede ser modelada por la Ecuación 1 siguiente:

$$\Delta x_e = (V_{e-1} - V_{e+1})X_1 + (V_{e-2} - V_{e+2})X_2 + (V_{e-3} - V_{e+3})X_3 \qquad (1)$$

donde

- Δx_e es la desviación x en la posición del punto impreso desde el eyector e de una fila de eyectores (lugares de eyección) de un cabezal de impresión;
- V_e es la fuerza de eyección normalizada del eyector e, entre 0 y 1; esto puede ser considerado equivalente de los datos de imagen de escala de grises para el pixel a eyectar;

- X_1, X_2, X_3 son coeficientes que determinan la magnitud de la interferencia generada por el primer, el segundo y el tercer vecinos del eyector e.

La figura 5 muestra una imagen de prueba que, cuando está impresa, permite que los valores de X_1, X_2 y X_3 se determinen empíricamente. Las diferentes líneas de la imagen generan una deflexión del punto (pixel) impreso en la columna 0, que es una función del diseño de eyección preciso de los eyectores vecinos. La figura 6 muestra la deflexión del punto en la columna 0, medida a partir de una muestra real impresa de la imagen de prueba ilustrada en la figura 5, dibujada como una función de la línea de la imagen de prueba. Los coeficientes X_1, X_2 y X_3 se corresponden con la magnitud de la interferencia de las líneas 1, 2, y 3 de la figura 6, respectivamente; esto se corresponde con 34 µm, 7 µm y 3 µm, respectivamente.

La magnitud de la interferencia generada por las líneas 6 - 9 de la figura 5, calculadas utilizando la Ecuación 1 y los valores extraídos de X_1, X_2 y X_3 , es una buena coincidencia con los valores observados ilustrados en la figura 6, lo cual confirma la validez de la Ecuación 1. En la figura 7 se ilustra una simulación de la versión impresa resultante de la figura 5, que incorpora este nivel de interferencia.

En la figura 8 se ilustra la consecuencia de este comportamiento en el borde de una región rellena por completo (es decir, todas las células que eyectan sobre una región dada del substrato). Es común que las imágenes se impriman con una resolución más alta que la resolución nativa de los eyectores del cabezal de impresión; esto significa que el cabezal de impresión tiene que hacer múltiples pases sobre el substrato y está indexado en la dirección de la fila de lugares de eyección entre cada pase, o bien que múltiples cabezales de impresión, transversalmente descentrados unos con respecto a otros, estén estrechamente espaciados uno detrás de otro, para pasar sobre el substrato simultáneamente. La figura 8 es una simulación de una imagen que ha sido impresa con una resolución cuatro veces más alta que la densidad de eyectores del cabezal de impresión. Esta simulación supone que la imagen ha sido impresa indexando el cabezal de impresión por una columna tres veces para imprimir cuatro columnas contiguas de puntos (píxeles) El mismo eyector imprime por tanto cuatro puntos contiguos en cada uno de los cuatro pases y el eyector contiguo imprime el bloque siguiente de cuatro puntos contiguos nuevamente uno en cada pase. Por tanto, las columnas de píxeles 1 a 4 se imprimen desde un lugar de eyección en pases independientes y las columnas 5 a 8 de píxeles se imprimen desde el lugar de eyección inmediatamente contiguo, pases independientes, etc.

La figura 8 incorpora la interferencia simulada utilizando la Ecuación 1 y los parámetros X_1, X_2 y X_3 obtenidos empíricamente para calcular las posiciones finales de puntos o píxeles sobre el substrato. Esto demuestra que las cuatro primeras columnas verticales de píxeles están desplazadas hacia la izquierda en 44 µm, las cuatro líneas siguientes en 10 µm y las terceras cuatro en 3 µm. Se obtiene una línea blanca si el desplazamiento es mayor que el solapamiento entre píxeles. Esto es obvio entre los píxeles cuatro y cinco, visible entre los píxeles ocho y nueve y apenas visible entre los píxeles doce y trece.

Al modificarla fuerza de eyección (amplitud o duración del impulso de tensión de eyección) de algunos de los eyectores, es posible reducir la anchura de la línea blanca más ancha situada entre los píxeles cuatro y cinco. Como el pixel cuatro sufre una deflexión principalmente por le eyección para el píxel ocho, al disminuir la fuerza de eyección del píxel ocho reducirá esta deflexión. De forma similar, al disminuir la fuerza del píxel uno se aumenta la deflexión del píxel cinco, causándole una deflexión hacia la izquierda para reducir aún más la anchura de la línea blanca.

La figura 9 es una simulación de una región llena por completo, similar a la figura 8. Sin embargo, en este caso, las fuerzas de eyección de los píxeles de la columna 1 y la columna 8 han sido reducidas un 10% para cada número creciente de línea desde el 100% de la línea 1. Esto demuestra que la línea blanca ancha visible en la figura 8 puede reducirse con un efecto visual óptimo en la simulación de un valor entre 0,6 y 0,7 de la fuerza inicial o de eyección completa obtenida de la imagen inicial. El resultado es un número mayor de espacios estrechos; sin embargo, estos son menos visibles y están dispersos dentro del relleno completo.

Este método puede ser aplicado a imágenes más complejas, como se ilustra en las figuras 10A y 10B. La figura 10A muestra una imagen impresa simulada de una “u” minúscula negativa, que incorpora la interferencia. El efecto de esta interferencia es convertir la “u” en una “w” con otros efectos de sombra. La figura 10B muestra una imagen impresa simulada similar que incorpora el algoritmo de compensación. Ahora se revela la verdadera forma de la letra “u”. En este caso, la corrección de la fuerza de eyección de los píxeles escogidos tiene mejor apariencia con una reducida fuerza de eyección de 0,43. Experimentalmente, se elige normalmente la corrección de la fuerza de eyección para conseguir los mejores resultados, dependiendo de las circunstancias precisas.

La corrección de las fuerzas de eyección puede describirse por medio de un coeficiente de compensación para cada uno de los píxeles elegidos, lo cual actúa como un multiplicador lineal del valor de los bits de esos píxeles. En el ejemplo anterior, el coeficiente de compensación aplicado a los píxeles de las columnas 1 y 8 es por tanto 0,43. De manera más general, los esquemas de compensación existen dentro del alcance de la invención que pueden aumentar o disminuir los valores de los píxeles elegidos, asignando coeficientes que sean correspondientemente mayores que uno, o inferiores a uno, respectivamente.

La figura 11 muestra simulaciones adicionales de esquemas de compensación de la interferencia, que pueden ser utilizados dentro del alcance de la invención, de forma similar a las figuras 8 y 9, en comparación con una fila de posiciones de píxeles objetivos (ilustrados en la fila cero en el lado izquierdo de la figura 11) y en comparación con cuatro filas no compensadas de píxeles (filas 2 a 5). Además, a lo largo de cada uno de los conjuntos (de cuatro filas de profundidad) de posiciones de puntos o píxeles simulados, se muestran los coeficientes de compensación asignados a cada uno de los píxeles de las cuatro filas. Puede observarse que la compensación en el conjunto superior de filas (filas 17 a 20) se corresponde principalmente con coeficientes aumentados (es decir, amplitudes o duraciones aumentadas de los impulsos de la tensión de eyección), mientras que el segundo conjunto de filas (filas 12 a 15) implica coeficientes de compensación tanto aumentados como reducidos, el tercer conjunto de filas (filas 7 a 10) utiliza coeficientes apenas reducidos, y el conjunto inferior de filas (filas 2 a 5) muestra el efecto cuando no hay compensación aplicada a los valores de los píxeles (coeficientes de uno). La fila inferior aislada (fila 0) muestra la posición de pixel pretendida u objetivo. Obsérvese que además de los coeficientes de compensación aplicados a los diversos píxeles, el pixel 0 de cada una de las filas 7 a 20 se deja sin imprimir, de acuerdo con el algoritmo 2 anterior. Esto elimina el primer píxel de cada fila antes de la aplicación del algoritmo principal, para asegurar una estrecha coincidencia del “borde” de la imagen impresa con el de la imagen “objetivo “ deseada.

El método por el cual se modifica la fuerza de eyección de los píxeles individuales implica la aplicación de un filtro de software escrito a la medida a los datos de la imagen en mapa de bits. Este filtro, que puede ser incorporado en el software de gráficos de diseño, por ejemplo, Adobe Photoshop®, el software de proceso de imágenes entramadas, o utilizado como una aplicación autónoma, identifica los píxeles a modificar y ajusta sus valores de bits de acuerdo con el esquema descrito anteriormente. El impulso de tensión producido por la electrónica de accionamiento del cabezal de impresión como respuesta a esos valores de píxeles modificados, se modifica de manera correspondiente en amplitud y duración, dependiendo del tipo de electrónica de accionamiento empleada, como se ilustra en las figuras 12 y 13.

La figura 12 muestra el diagrama de bloques de un circuito 30 que puede ser utilizado para controlar la amplitud de los impulsos V_E de la tensión de eyección para cada eyector (pico 2 y punta 21) del cabezal de impresión, por lo que el valor P_n del píxel de mapa de bits a imprimir (un número de 8 bits) es convertido en una amplitud de baja tensión por medio de un convertidor 31 de digital a analógico, cuya salida es inducida por un impulso V_G de duración fija que define la duración del impulso V_P de alta tensión que ha de aplicarse al eyector del cabezal de impresión. Este impulso de baja tensión es amplificado después por un amplificador lineal 32 de alta tensión para obtener el impulso V_P de alta tensión, típicamente de amplitud 100 a 400 V, dependiendo del valor de los bits del píxel, que es a su vez superpuesto sobre las tensiones de polarización V_B y V_{IE} para proporcionar el impulso de eyección $V_E = V_{IE} + V_B + V_P$.

La figura 13 muestra el diagrama de bloques de un circuito alternativo 40 que puede ser utilizado para controlar la duración de los impulsos V_E de la tensión de eyección para cada eyector del cabezal de impresión, por lo que el valor P_n del píxel en mapa de bits a imprimir es cargado en un contador 41 por una transición de una señal de “print sync” PS el inicio del píxel a imprimir, fijando la salida del contador en su valor alto; los ciclos sucesivos (de periodo T) de la entrada del reloj al contador hacen que la cuenta disminuya hasta que la cuenta alcance el valor cero, haciendo que la salida del contador se reponga a su valor bajo. La salida del contador es por tanto un impulso V_{PT} de nivel lógico, cuya duración es proporcional al valor del píxel (el producto del valor P_n del píxel y el periodo T del reloj); este impulso es amplificado después por un circuito 42 de conmutación de alta tensión, que conmuta entre una tensión ($V_{IE} + V_B$) cuando es baja, a ($V_{IE} + V_B + V_P$) cuando es alta, generando así el impulso de eyección de duración controlada $V_E = V_{IE} + V_B + V_P$.

De estas técnicas alternativas, en la práctica es más sencillo modular la duración del impulso, pero cualquiera de esas técnicas puede ser apropiada en circunstancias dadas y ambas pueden ser utilizadas conjuntamente.

Las figuras 14A a 14G muestran, respectivamente, simulaciones de un conjunto objetivo de píxeles en una parte de una imagen que tiene una zona “blanca” (es decir, sin imprimir) en forma de cuña y de seis esquemas diferentes de compensación para diferentes valores de k (es decir, diferente número de cabezales de impresión y de pases de los mismos para producir la imagen impresa, y por tanto la compensación de la separación), en cada caso, en comparación con una simulación de una impresión no compensada. Se apreciará que en cada caso compensado, las regiones de “espacio blanco” evidente en los puntos simulados no compensados, se reducen o eliminan todas juntas para proporcionar una imagen mejorada.

Esta técnica puede modificarse simplemente para reducir los efectos de la interferencia en cualquier imagen, independientemente de la resolución deseada de la imagen a imprimir y de la resolución nativa del cabezal de impresión. Esta técnica puede ser aplicada también a eyectores al final de una serie de cabezales de impresión, donde la ausencia de cualquier eyector adicional puede crear también efectos de interferencia.

El uso de la técnica de la invención puede ser ilustrado tomando la figura 8 como ejemplo. En este caso, una imagen monocroma en mapa de bits a imprimir consiste en una serie bidimensional de píxeles con una inclinación de 42 por 42 micras. El valor numérico de cada píxel define su nivel de gris, donde el cero corresponde al blanco y el 1 corresponde al negro. Para este ejemplo, utilizando la imagen de la figura 8, la imagen consiste en bloques completamente llenos (valor 1 de píxel) con un espacio en blanco (valor 0 de píxel) a la izquierda. Aunque se

apreciará que la mayoría de las imágenes a imprimir serán más complejas que ésta en su disposición de píxeles, esta simple imagen permite ilustrar claramente el proceso de compensación.

Una línea horizontal de esta imagen tiene los siguientes valores de píxeles:

P_1	P_2	P_3	P_4	P_5	P_6	P_7	P_8	P_9	P_{10}	P_{11}	P_{12}	P_{13}	P_{14}	P_{15}	P_{16}	P_{17}	P_{18}	P_{19}	P_{20}	P_{21}	P_{22}	P_{23}	P_{24}	P_{25}	P_{26}
0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

La imagen se imprime utilizando un cabezal de impresión que consiste en una serie lineal de eyectores espaciados con una inclinación de 168 micras. El cabezal de impresión se controla para que atraviese el substrato a imprimir cuatro veces en una dirección perpendicular a la serie y, durante cada pase, el cabezal de impresión se controla para que imprima un diseño de puntos correspondiente a cada cuarto píxel de la imagen a lo largo de la dirección de la serie. Entre cada pase, el cabezal de impresión está indexado en 42 micras a lo largo del eje de la serie, de forma que, al cabo de cuatro pases intercalados, se imprime la imagen completa. El parámetro k de intercalación toma por tanto el valor 4. El tamaño de cada punto impreso se controla de acuerdo con el correspondiente valor del píxel, donde cero corresponde a donde no hay punto y 1 corresponde al diámetro máximo del punto de aproximadamente 60 micras.

De acuerdo con la técnica de la presente invención, los errores creados en la imagen impresa pueden ser compensados disminuyendo el valor de los píxeles seleccionados, aumentando el valor de otros píxeles seleccionados, o por combinación de las dos cosas. Para los fines de este ejemplo, se demostrará que la compensación reduciendo los valores del primer píxel impreso (P_5) y el octavo (P_{12}) desde 1 hasta el valor α como se ilustra en las figuras 9 y 11.

Utilizando los valores determinados experimentalmente para el cabezal de impresión de X_1 = 34 µm, X_2 = 7 µm y X_3 = 3 µm en la ecuación 1, se obtiene una expresión para la desviación de su posición ideal en x de los puntos impresos desde el eyector e del cabezal de impresión.

$$\Delta x_e = 34(V_{e-1} - V_{e+1}) + 7(V_{e-2} - V_{e+2}) + 3(V_{e-3} - V_{e+3})$$

Ecuación 2

En términos del número *i* de pixel y del parámetro *k* de intercalación:

$$\Delta x_i = 34(V_{i-k} - V_{i+k}) + 7(V_{i-2k} - V_{i+2k}) + 3(V_{i-3k} - V_{i+3k})$$

Ecuación 3

El error de inclinación entre píxeles contiguos *i* e (*i*+1) es (Δx_{i+1} - Δx_i).

Con referencia a la figura 9, el objetivo es reducir al mínimo el error máximo de inclinación entre dos píxeles de impresión contiguos, minimizando con ello la anchura de cualquier espacio en blanco erróneo entre puntos.

La Tabla A siguiente enumera el efecto de la interferencia, y el efecto de la compensación, desde el cual se obtiene para este ejemplo el valor óptimo del coeficiente α.

Tabla A

Núm. de píxel	Valor del píxel	Error de posición por la Ecuación 1 Δx_i		Error de inclinación	Valor del píxel compensado	Error de inclinación compensado (μm) $\Delta x_{i+1} - \Delta x_i$				
i	P_i		Valor (μm)	$\Delta x_{i+1} - \Delta x_i$		Como una función de α	para α=0.5	para α=0.6	para α=0.7	para α=0.8
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)
1	0				0					
2	0				0					
3	0				0					
4	0				0					
5	1	$-(X_1+X_2+X_3)$	-44		α					
6	1	$-(X_1+X_2+X_3)$	-44	0	1	0	0	0	0	0
7	1	$-(X_1+X_2+X_3)$	-44	0	1	0	0	0	0	0
8	1	$-(X_1+X_2+X_3)$	-44	0	1	34(1-α)	17	13.6	10.2	6.8
9	1	$-(X_2+X_3)$	-10	34	1	**34(2α-1)**	**0**	**6.8**	**13.6**	**20.4**
10	1	$-(X_2+X_3)$	-10	0	1	34(1-α)	17	13.6	10.2	6.8
11	1	$-(X_2+X_3)$	-10	0	1	0	0	0	0	0
12	1	$-(X_2+X_3)$	-10	0	α	0	0	0	0	0
13	1	$-X_3$	-3	7	1	7α	3.5	4.2	4.9	5.6
14	1	$-X_3$	-3	0	1	7(1-α)	3.5	2.8	2.1	1.4
15	1	$-X_3$	-3	0	1	0	0	0	0	0
16	1	$-X_3$	-3	0	1	-34(1-α)	-17	-13.6	-10.2	-6.8
17	1	0	0	3	1	**34(1-α)+3α**	**18.5**	**15.4**	**12.3**	**9.2**
18	1	0	0	0	1	3(1-α)	1.5	1.2	0.9	0.6
19	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0
20	1	0	0	0	1	-7(1-α)	-3.5	-2.8	-2.1	-1.4
21	1	0	0	0	1	7(1-α)	3.5	2.8	2.1	1.4
22	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0
23	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0
24	1	0	0	0	1	-3(1-α)	-1.5	-1.2	-0.9	-0.6
25	1	0	0	0	1	3(1-α)	1.5	1.2	0.9	0.6
26	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0
						Máximo	**18.5**	**15.4**	**13.6**	**20.4**

En la Tabla A, los errores de inclinación no compensados se lustran en la columna 5 y las expresiones de los errores de inclinación compensados en términos del coeficiente α obtenidos por la Ecuación 3, se ilustran en la columna 7. Las columnas 8 a 11 muestran los valores resultantes del error de inclinación para valores de α = 0,5, 0,6 0,7 y 0,8, mostrando que α = 0,7 proporciona el error máximo de inclinación más bajo de estos valores. En realidad, el error máximo de inclinación se minimiza en este ejemplo, cuando 34(2α-1) = 34(1-α) + 3α, dando α = 0,687 o, en términos de los coeficientes X_1, X_2, X_3; $\alpha = 2\,X_1/(3X_1 - X_3)$, pero en la práctica, es suficiente redondear α a un lugar decimal.

El valor óptimo de α en este ejemplo puede observarse en la línea 4 de la figura 9 y es 0,7, y puede ser establecido para una impresora y proceso de impresión dados.

La compensación se aplica a los datos de imagen de acuerdo con el algoritmo de la invención, que examina la imagen en mapa de bits para las transiciones desde brillo ($P_i \leq P_L$) a oscuridad ($P_i \geq P_H$) en la dirección a través del cabezal de impresión, siendo la anchura de la zona oscura buscada al menos (k+1) píxeles. Por tanto, para este ejemplo, (teniendo k = 4), el algoritmo busca uno o más píxeles brillantes contiguos, que son contiguos a su vez a cinco o más pixeles oscuros, después multiplica el pixel del borde por el coeficiente α_1 y el octavo píxel (de orden 2k) del borde por α_8.

La Tabla B muestra el proceso paso a paso definido por el algoritmo de la invención para este ejemplo.

Tabla B

i	P_i	$P_i \leq P_L$?	$P_{i+1} \ldots P_{i+5} \geq P_H$?	$P_{i-1} \ldots P_{i-5} \geq P_H$?	j	α_j	P_{i+j}
1	0	Y	N	N			
2	0	Y	N	N			
3	0	Y	N	N			
4	0	Y	Y	N	1 2 3 4 5 6 7 8 9…17	0.7 1 1 1 1 1 1 0.7 1	P_5:=0.7 P_{12}:=0.7
5	1	N	Y	N			
6	1	N	Y	N			
7	1	N	Y	N			
8	1	N	Y	N			
9	1	N	Y	N			
10	1	N	Y	Y			
11…26	1	N	Y	Y			

Por tanto, en el diseño de la figura 9, el número de línea 4 se crea con una reducción del error máximo de inclinación (entre el cuarto y el quinto píxeles de impresión) desde 34 µm a 13,6 µm.

REIVINDICACIONES

1. Un método para preparar una imagen en mapa de bits bidimensional que tiene *n* píxeles por fila, para imprimir utilizando uno o más cabezales (1) de impresión

teniendo cada uno de ellos una fila de lugares de eyección, teniendo asociados cada lugar (6) de eyección unos electrodos (7) de eyección a los cuales se aplica una tensión durante el uso, suficiente para hacer que se formen aglomeraciones de partículas desde dentro del cuerpo de un fluido de impresión, y donde con el fin de originar aglomeraciones de partículas cargadas a eyectar como gotitas impresas desde lugares de eyección seleccionados, se caracteriza porque se aplican impulsos de tensión de amplitud y duración predeterminadas, según las determinan por los respectivos valores de P_i, de los bits, donde $1 \leq i \leq n$, de píxeles individuales de filas de la imagen, a los electrodos de los lugares de eyección seleccionados, donde P_i se determina por la expresión:

PARA $i = 1$ a n:

PARA $j = 1$ a $(4k+1)$:

SI $P_i \leq P_L$ Y $P_{i+1} \ldots P_{i+(1+k)} \geq P_H$ entonces $P_{i+j} := \alpha_j . P_{i+j}$

o

SI $P_i \leq P_L$ Y $P_{i-1} \ldots P_{i-(1+k)} \geq P_H$ entonces $P_{i-j} := \alpha_j . P_{i-j}$

donde $\alpha_j < 1$ para $j = 1$ o $j = 2k$ y $\alpha_j \leq 1$ para $j = 3k$ o $j = 4k$

O bien:

PARA $i = 1$ a n:

PARA $j = 1$ a $(4k+1)$:

SI $P_i \leq P_L$ Y $P_{i+1} \ldots P_{i+(1+k)} \geq P_H$ entonces $P_{i+j} := \alpha_j . P_{i+j}$

o

SI $P_i \leq P_L$ Y $P_{i-1} \ldots P_{i-(1+k)} \geq P_H$ entonces $P_{i-j} := \alpha_j . P_{i-j}$

donde $\alpha_j > 1$ para $k \geq 2$ y $(j = k \text{ or } k+1)$, y $\alpha_j \geq 1$ para $k \geq 3$ y

$(2 \leq j \leq k-1$ o $k+2 \leq j \leq 2k-1$ o $j = 2k+1, 3k+1,$ o $4k+1)$,

donde P_L es un umbral bajo y P_H es un umbral alto definido como $0 < P_L < P_H < 1$, y donde la disposición de los cabezales de impresión forma una serie de lugares de eyección sobre una separación paralela de las filas de imagen de *k* veces la separación de píxeles de la imagen, dispuestos paralelos a la anchura de la imagen, con *A* cabezales de impresión intercalados dispuestos para imprimir en *B* pases intercalados, de forma que $k = A . B$, de manera que un cabezal de impresión dado sobre un pase dado imprimirá los píxeles de cada columna de orden *k* de la imagen.

2. Un método según la reivindicación 1, en el que los valores de P_{i+1} o P_{i-1} se ajustan además en un pase preliminar de acuerdo con el algoritmo siguiente:

PARA $i = 1$ a n:

$$\text{SI} \left\{ \begin{array}{ll} P_i \leq P_L & 1 \leq k \leq 3 \\ P_i \ldots P_{i-(k-3)} \leq P_L & k \geq 4 \end{array} \right\} \quad \text{Y} \quad P_{i+1} \ldots P_{i+(1+k)} \geq P_H \text{ entonces } P_{i+1} := P_i$$

O BIEN

$$\text{SI} \left\{ \begin{array}{ll} P_i \leq P_L & 1 \leq k \leq 3 \\ P_i \ldots P_{i+(k-3)} \leq P_L & k \geq 4 \end{array} \right\} \quad \text{Y} \quad P_{i-1} \ldots P_{i-(1+k)} \geq P_H \text{ entonces } P_{i-1} := P_i$$

3. Un método para imprimir una imagen en mapa de bits utilizando un cabezal de impresión que tiene una fila de lugares de eyección, teniendo asociados cada lugar de eyección unos electrodos a los cuales se aplica una tensión durante el uso, suficiente para hacer que se formen aglomeraciones de gotitas cargadas desde dentro del cuerpo de un fluido de impresión, y donde, con el fin de que las aglomeraciones de gotitas cargadas sean eyectadas como gotitas impresas desde lugares de eyección seleccionados, se aplican impulsos de tensión de amplitud y duración predeterminadas, según las determinan los valores de los bits de los píxeles individuales de la imagen, a los electrodos de los lugares de eyección seleccionados, donde la imagen en mapa de bits tiene píxeles impresos de forma que requieren la eyección simultánea desde dos lugares de eyección contiguos, sobre un lado de esos lugares de eyección no hay un lugar de eyección que imprima simultáneamente, incluyendo el método la preparación de la imagen en mapa de bits de acuerdo con la reivindicación 1, o la reivindicación 1 y la reivindicación 2.

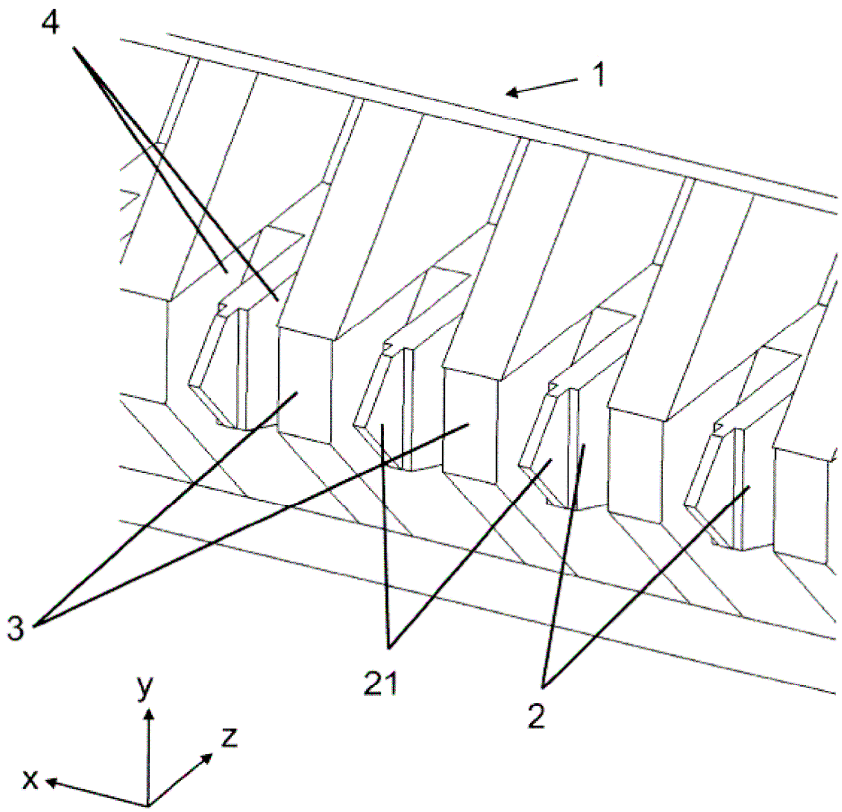


Figura 1

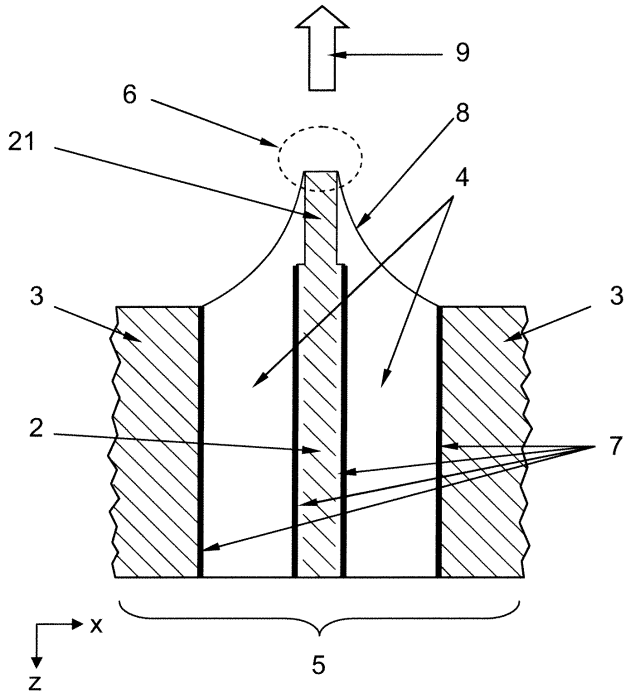


Figura 2

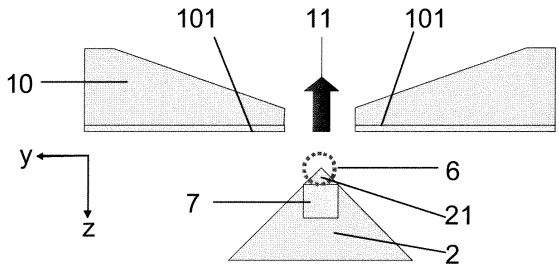


Figura 3

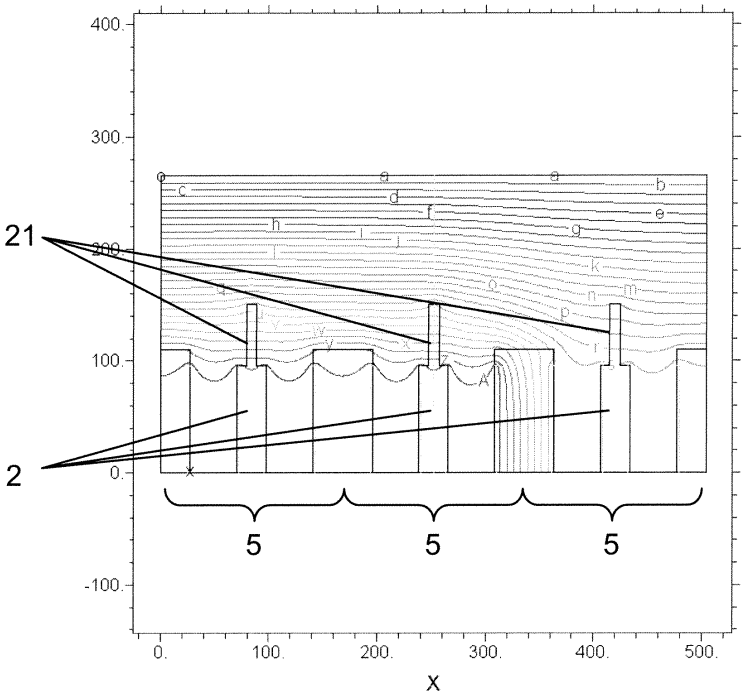


Figura 4

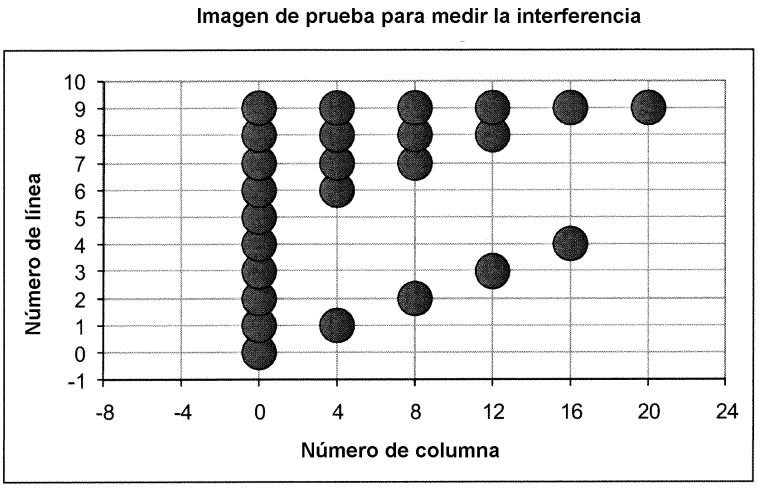


Figura 5

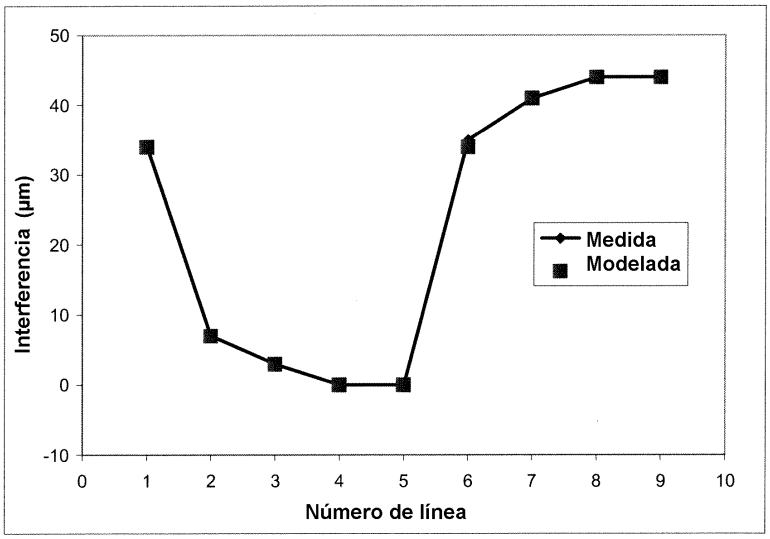


Figura 6

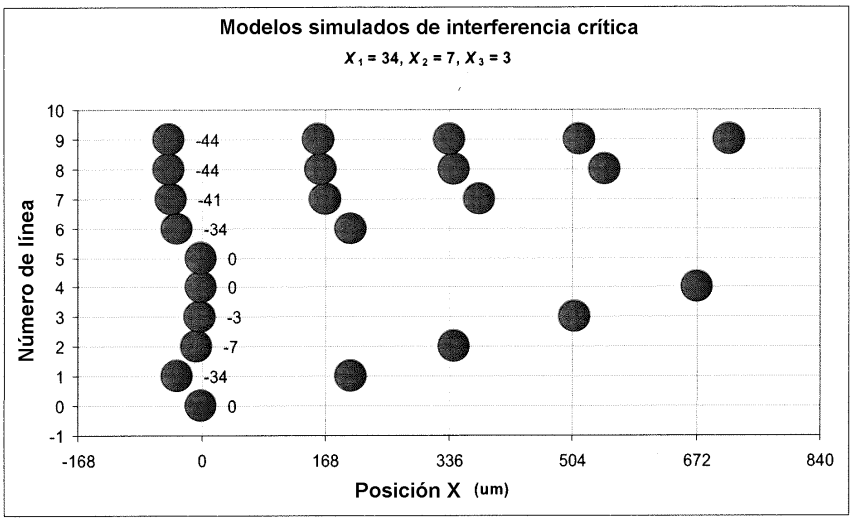


Figura 7

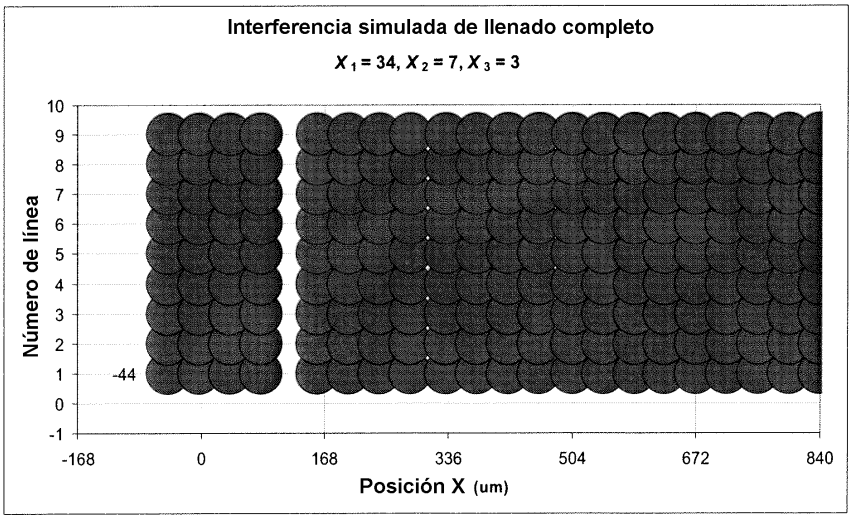


Figura 8

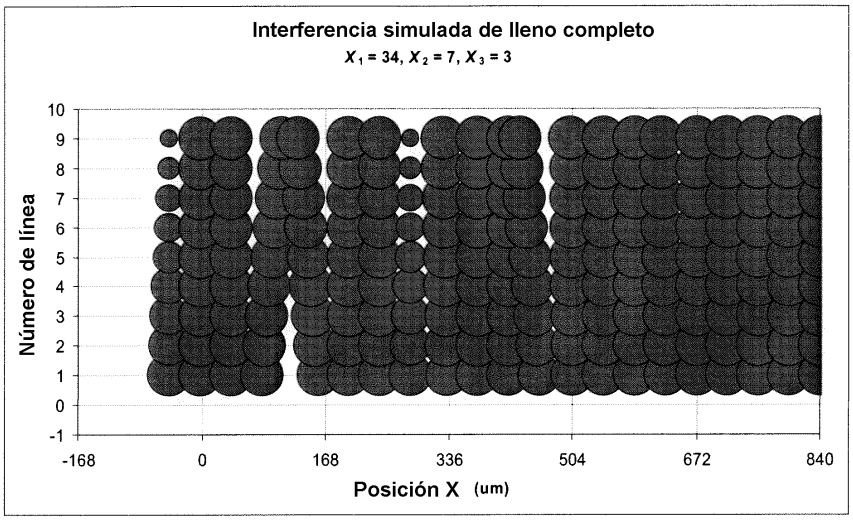


Figura 9

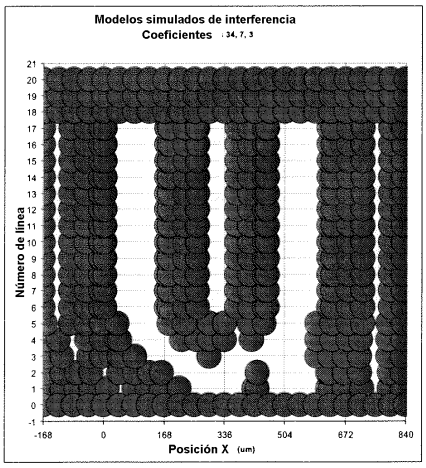


Figura 10A

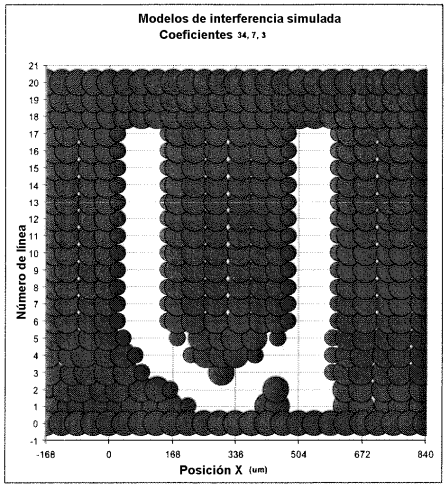
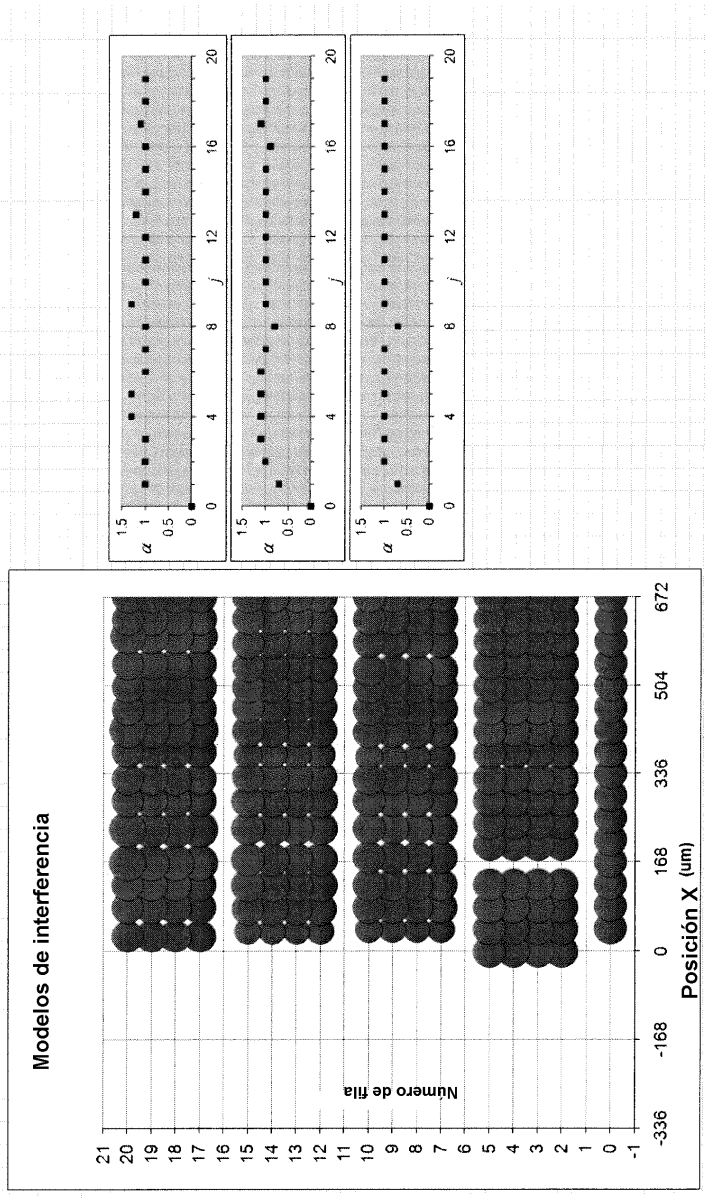

Modelos de interferencia simulada
Coeficientes 34, 7, 3
Número de línea
21
20
19
18
17
16
15
14
13
12
11
10
9
8
7
6
5
4
3
2
1
0
-1
-168
0
168
336
504
672
840
Posición X (um)

Figura 10B

Figura 11

Ejemplos de compensación en un borde lleno, restaurando la posición del borde con la aplicación de un algoritmo subsidiario seguido por tres ejemplos de compensación



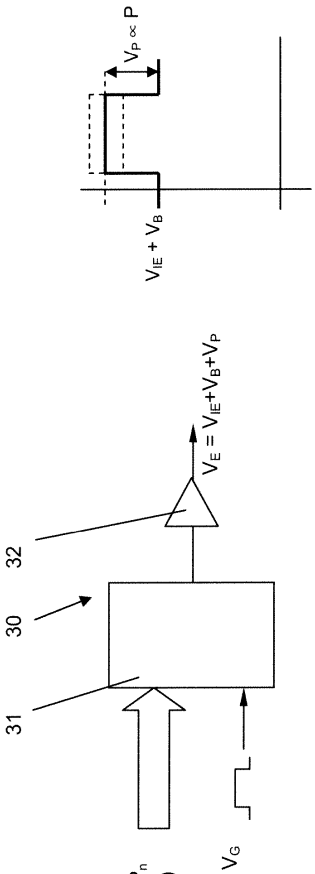


Figura 12

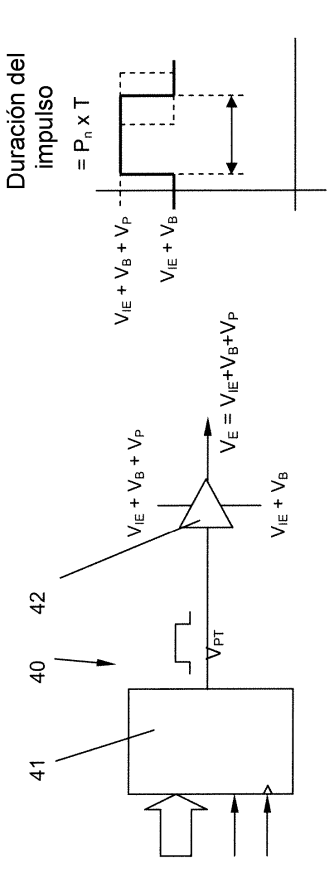
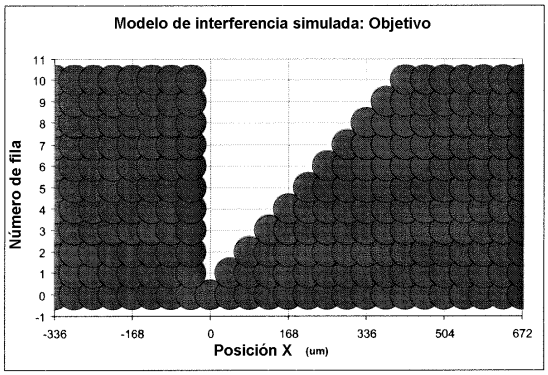


Figura 13

Figura 14A

Imagen objetivo



k=6:

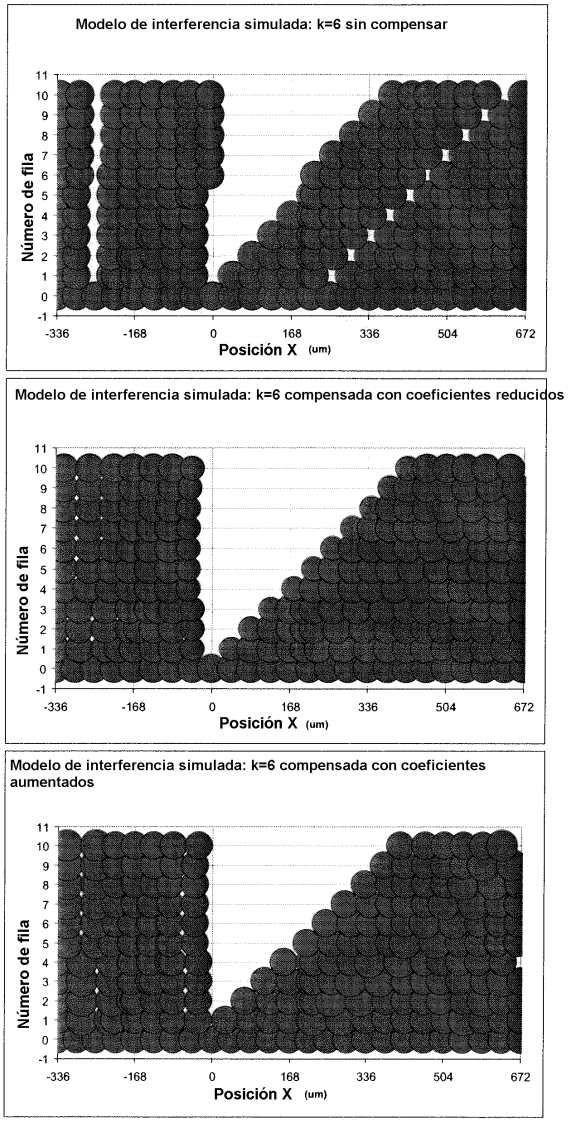
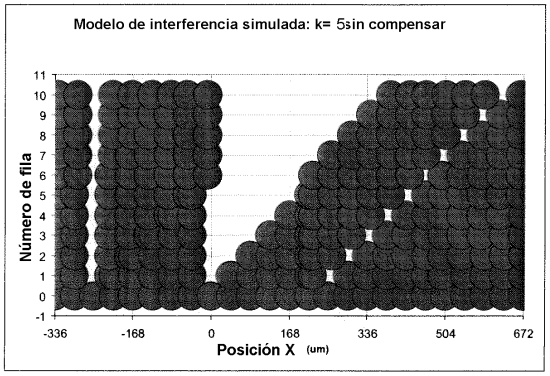
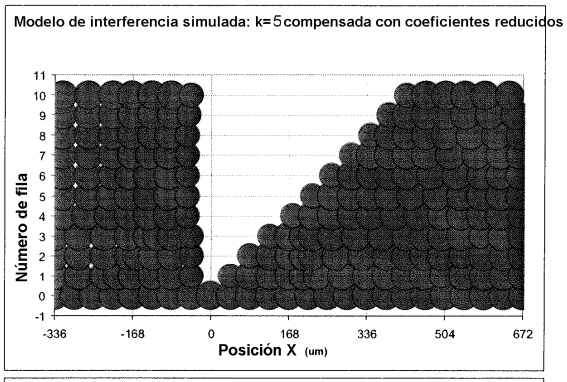


Figura 14B

k= 5:





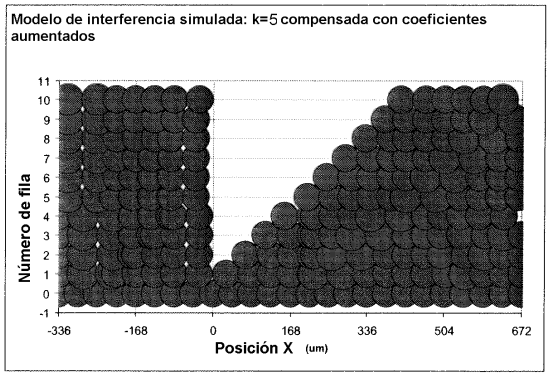
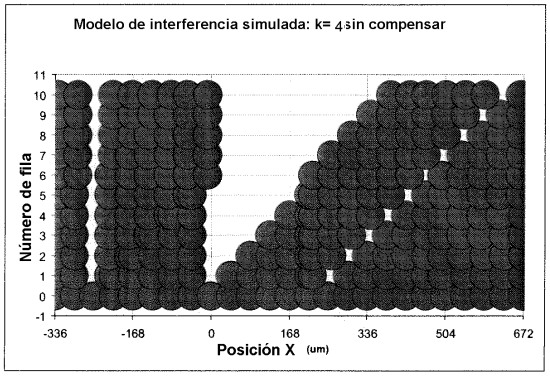
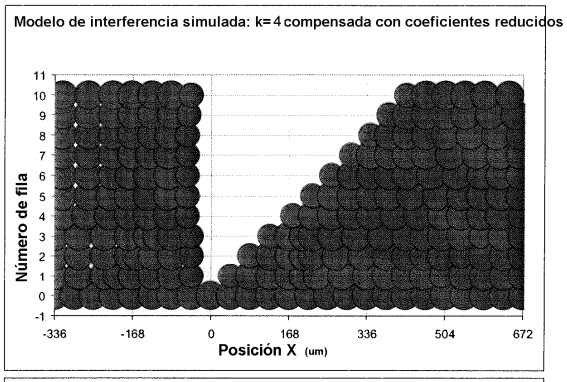


Figura 14 C

k= 4:





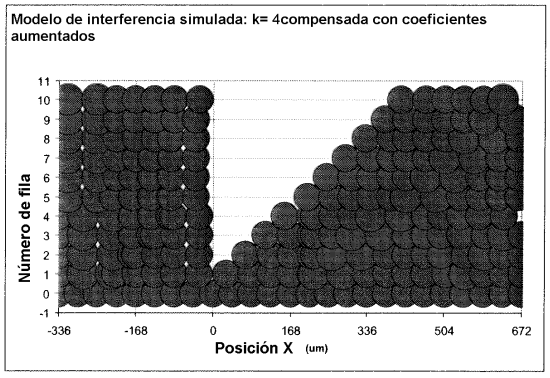
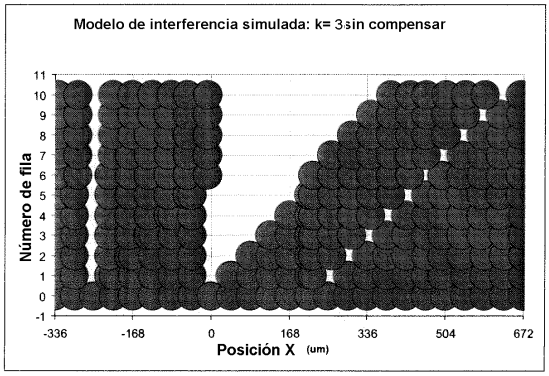
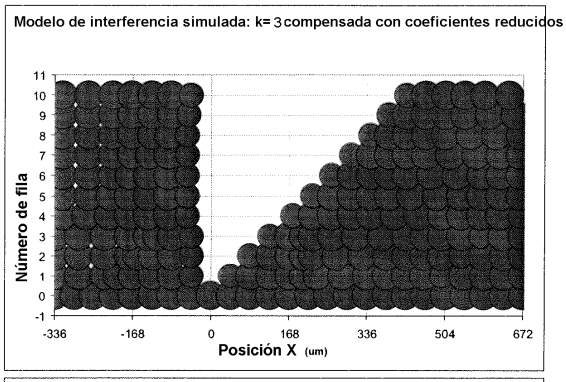


Figura 14 D

k= 3:





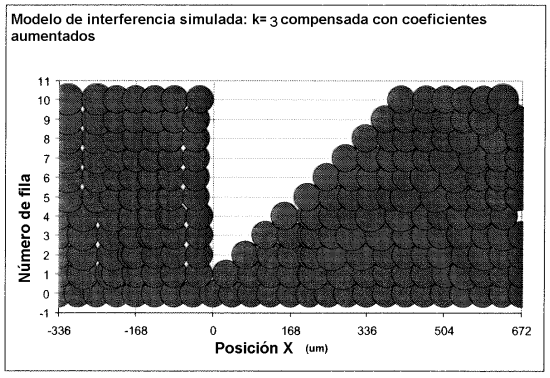
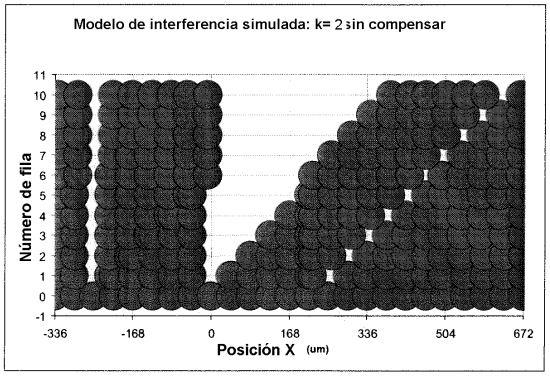
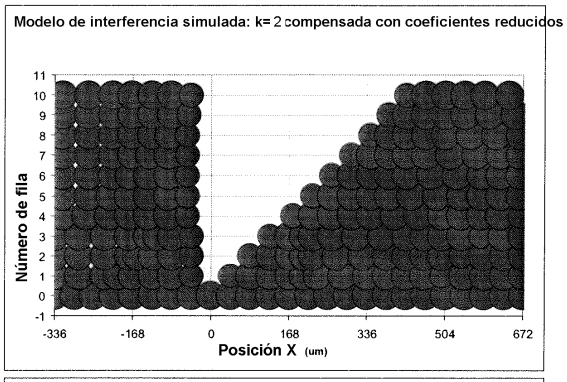


Figura 14 E

k=2:





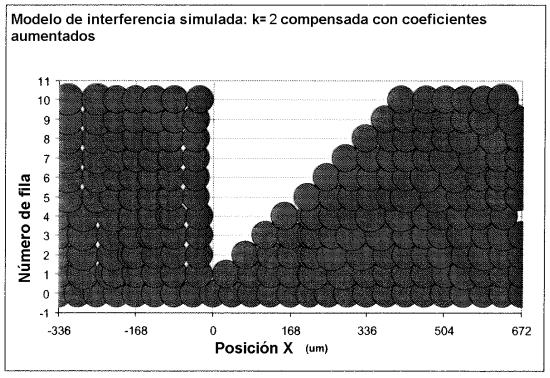
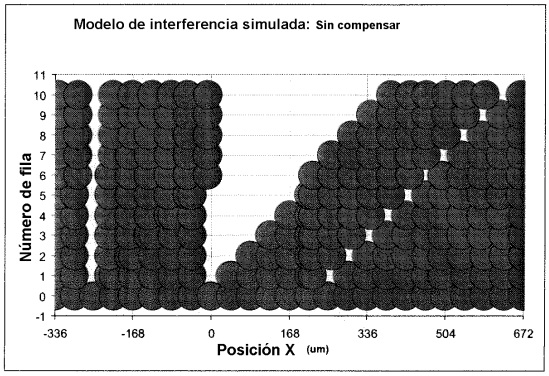


Figura 14 F

k= 1:



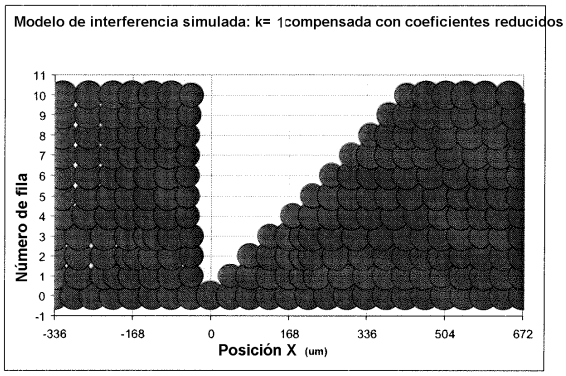


Figura 14 G