



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 342 921**

51 Int. Cl.:
H04B 1/713 (2006.01)
H04J 13/06 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **00950186 .7**
96 Fecha de presentación : **31.07.2000**
97 Número de publicación de la solicitud: **1216517**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **26.06.2002**

54 Título: **Diversidad de interferencia en redes de comunicaciones con salto de frecuencia.**

30 Prioridad: **28.09.1999 US 406841**
26.06.2000 US 604047

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
19.07.2010

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
19.07.2010

73 Titular/es: **Telefonaktiebolaget LM Ericsson (publ)**
Patent- Und Rechtsanwälte Arabellastrasse 4
81925 München, DE

72 Inventor/es: **Magnusson, Sverker;**
Craig, Stephen, G.;
Edgren, Erik y
Thurfjell, Magnus

74 Agente: **Elzaburu Márquez, Alberto**

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

Diversidad de interferencia en redes de comunicaciones con salto de frecuencia.

5 **Campo de la invención**

La presente invención se refiere al campo de las telecomunicaciones. Más en concreto, la presente invención se refiere a sistemas de radiotelecomunicaciones celulares, sincronizados y no sincronizados.

10 **Antecedentes**

El salto de frecuencias se utiliza a menudo en sistemas de radiotelecomunicaciones, celulares, tal como el Sistema Global para Comunicaciones Móviles (GSM, Global System for Mobile Communication), para mejorar el rendimiento del sistema. En general, los saltos de frecuencia mejoran el rendimiento del sistema introduciendo diversidad de frecuencia y diversidad de interferencia, tal como se explicará después en detalle. El salto de frecuencias es una técnica bien conocida.

El documento EP 0 596 699 se refiere a un sistema de radioteléfono con saltos de frecuencia de espectro ensanchado. Se obtiene una segunda secuencia de saltos de frecuencia basada en una primera secuencia de saltos de frecuencia, por medio de una transformación de diezmado, mediante el recurso de saltar un primer número de diezmado de frecuencias en la primera secuencia de saltos de frecuencia, y repetir este proceso sobre las frecuencias restantes en la primera secuencia, en su orden restante. De este modo, la segunda secuencia de saltos de frecuencia comprende las mismas frecuencias que la primera secuencia de saltos de frecuencia, pero reordenadas.

El documento US 5 425 049 se refiere a un sistema de comunicación que tiene un esquema de saltos de frecuencia que incluye disponer un periodo de desplazamiento escalonado entre saltos de estaciones base vecinas o adyacentes.

En un sistema de radiotelecomunicaciones, la diversidad de frecuencias se consigue transmitiendo cada señal de radiotelecomunicaciones sobre una secuencia temporal de frecuencias. Cada señal de radio es transmitida sobre una secuencia de frecuencias debido a que las señales de radio se ven sometidas a menudo a variaciones de amplitud denominadas desvanecimiento de Rayleigh. Sin embargo, el desvanecimiento de Rayleigh afecta, en general, a señales de radio transportadas sobre ciertas frecuencias más que sobre otras frecuencias. De este modo, transmitir una señal de radiotelecomunicaciones sobre una secuencia de frecuencias diferentes incrementa la probabilidad de que la señal sea recibida correctamente, puesto que es improbable que el desvanecimiento de Rayleigh incida significativamente sobre todas y cada una de las frecuencias sobre las que está siendo transmitida la señal de telecomunicaciones. Por consiguiente, se mejora la calidad de la señal y se incrementa el rendimiento global del sistema.

Por otra parte, la diversidad de interferencia funciona como sigue. Además de al desvanecimiento, una señal de radio se ve sometida a menudo a diversos grados de interferencia provocada por el tráfico en la misma frecuencia (es decir, interferencia cocanal) y por el tráfico en una frecuencia adyacente (es decir, interferencia por canal adyacente). Si la interferencia cocanal y/o de canal adyacente es sustancial, la calidad de la señal asociada con la señal de radio puede verse seriamente afectada, tanto que se puede interrumpir la conexión. En teoría, los saltos de frecuencia, mediante la introducción de diversidad de interferencia, dispersan la interferencia cocanal y de canal adyacente entre numerosos usuarios finales, de manera que la interferencia cocanal y de canal adyacente experimentada por un usuario final concreto es diversificada. La consecuencia global es un incremento de la calidad de la señal a través de la red, mejorando de ese modo el rendimiento global del sistema.

Mientras los saltos de frecuencia mejoran el rendimiento del sistema mediante el recurso de mejorar la calidad de la señal, la reutilización de frecuencias está diseñada para mejorar el rendimiento del sistema mediante el recurso de incrementar la capacidad del sistema. Más en concreto, la reutilización de frecuencias permite que dos o más células utilicen simultáneamente la misma frecuencia, o el mismo grupo de frecuencias, siempre que la distancia (es decir, la "distancia de reutilización") entre las dos células sea suficiente para minimizar cualquier interferencia cocanal, que de lo contrario tendría un efecto adverso sobre la calidad de la señal. Sin embargo, a medida que se incrementa la demanda de servicios celulares, es probable que se reduzcan las distancias de reutilización. Y, a medida que se reducen las distancias de reutilización, es probable que se incremente la interferencia cocanal.

Para limitar la interferencia cocanal, puede utilizarse carga fraccional. En una red celular que utilice carga fraccional, el número de transceptores instalados en cada célula es menor que el número de frecuencias asignadas a cada célula. Con saltos de frecuencia por sintetizador, cada transceptor salta sobre todas las frecuencias asignadas pero, en cualquier instante de tiempo, el número de frecuencias que están siendo transmitidas por cualquier célula es casi igual al número de transceptores instalados. Puesto que cada célula en la red convencional, no sincronizada, recibe típicamente una secuencia diferente de saltos de frecuencia, en cualquier instante dado, es improbable que las células potencialmente interferentes emitan exactamente en las mismas frecuencias. Se reduce así la interferencia promedio en la red.

Otra técnica que se utiliza para mejorar el rendimiento global del sistema se conoce como sincronización de estación base. En un Acceso Múltiple por División de Tiempo (TDMA, Time Division Multiple Access) tal como GSM, las estaciones base pueden estar sincronizadas o no sincronizadas entre ellas. En un sistema no sincronizado, cada es-

tación base transmite y recibe independientemente ráfagas de comunicaciones por radio. Por consiguiente, una ráfaga de comunicación por radio asociada con una estación base solapará en el dominio temporal con dos ráfagas secuenciales de comunicación por radio asociadas con cada una de una serie de estaciones base situadas en proximidad. En un sistema síncrono, las estaciones base, típicamente en grupos de tres o más, transmiten y reciben ráfagas de comunicación por radio de manera sincronizada unas con respecto a otras. De este modo, las ráfagas de comunicación por radio transmitidas por una estación base están alineadas en el dominio temporal con las ráfagas de comunicación por radio transmitidas por las otras estaciones base afiliadas con el grupo de estaciones base sincronizadas. Análogamente, las ráfagas de comunicación por radio recibidas por una estación base están alineadas en el dominio temporal con ráfagas de comunicación por radio recibidas por las otras estaciones base afiliadas con el grupo. En general, la sincronización proporciona un elemento de control, con el que un operador de sistemas de red puede gestionar mejor el nivel de interferencia cocanal y de canal adyacente a través de la asignación cuidadosa de frecuencias y de desplazamientos de frecuencias. Sin embargo, para conseguir este control adicional, en un sistema que utiliza técnicas de saltos de frecuencia, es necesario que todas las células sincronizadas sigan la misma secuencia de saltos de frecuencia (es decir, una secuencia de referencia de saltos de frecuencia). Proporcionando un mecanismo para controlar mejor la interferencia a través de una asignación adecuada y prudente de frecuencias y saltos de frecuencia, puede mejorarse significativamente el rendimiento del sistema. La gestión del desplazamiento de frecuencias es especialmente útil si se utiliza carga fraccional, tal como se discutirá después.

La figura 1 ilustra un subconjunto de células A, B, C, A', B' y C' asociadas con un sistema 100 de radiotelecomunicaciones celular, sincronizado. El sistema 100, como se muestra, utiliza un plan de reutilización de frecuencias, y más en concreto, un plan de reutilización, puesto que todas las frecuencias son utilizadas potencialmente por cada célula. De este modo, de acuerdo con el ejemplo ilustrado en la figura 1, una estación móvil que funciona en una célula A puede funcionar simultáneamente sobre la misma frecuencia que una estación móvil que funciona en la célula A'.

Además, el sistema 100 utiliza carga fraccional y gestión de desplazamientos. De acuerdo con la carga fraccional y la gestión de desplazamientos, el grupo de células que comprende las células A, B y C es asignado a un conjunto común de frecuencias. Si, por ejemplo, son asignadas doce frecuencias 1-12, existen de forma inherente doce desplazamientos de frecuencias 0-11. Entonces, en cualquier célula, es asignada una fracción de los doce desplazamientos de frecuencias. Por ejemplo, a la célula A pueden asignarse los desplazamientos de frecuencias 1, 4, 7, 10, donde se comprenderá que se prefiere tener como mínimo unas pocas unidades de frecuencia entre cada desplazamiento de frecuencias asignado a cada célula, con el objeto de mitigar la interferencia de canal adyacente.

De acuerdo con las técnicas convencionales de saltos de frecuencia, se establece una secuencia de referencia de saltos de frecuencia para todo el sistema. Una estación móvil, en el traspaso o establecimiento de llamada, es asignada después a un desplazamiento de frecuencias disponible asociado con la célula en la que está funcionando la estación móvil. La estación móvil salta a través de una secuencia de frecuencias que, con paso del tiempo, son desplazadas desde la secuencia de referencia de saltos de frecuencia, en una cantidad fija que es igual a su desplazamiento de frecuencias asociado. De acuerdo con el estándar GSM, cada desplazamiento de frecuencias es denominado un Desplazamiento del Índice de Asignación Móvil (MAIO, Mobile Allocation Index Offset).

Para ilustrar mejor los saltos de frecuencia convencionales, la figura 2 representa una secuencia de referencia de saltos de frecuencia, a modo de ejemplo, sobre el periodo de tiempo $t_1 - t_{10}$, para el sistema de telecomunicaciones 100. Como se ve, la secuencia de referencia de saltos de frecuencia sobre el periodo de tiempo $t_1 - t_{10}$, es [9, 5, 11, 1, 3, 9, 12, 10, 7, 8]. Si una primera estación móvil que funciona en la célula B es asignada, por ejemplo, a un desplazamiento de frecuencias cero, la primera estación móvil saltará a través de la secuencia [9, 5, 11, 1, 3, 9, 12, 10, 7, 8] durante el periodo de tiempo $t_1 - t_{10}$. Si una segunda estación móvil que funciona en la célula A es asignada al desplazamiento de frecuencias siete, la estación móvil saltará a través de la secuencia [4, 12, 6, 8, 10, 4, 7, 5, 2, 3] durante el periodo de tiempo $t_1 - t_{10}$. Es importante reiterar que, de acuerdo con las técnicas convencionales de saltos de frecuencia, el desplazamiento de frecuencias asignado a cada estación móvil permanece constante. De este modo, el desplazamiento de frecuencias entre la primera estación móvil que funciona en la célula B y la segunda estación móvil que funciona en la célula A permanece fijo; en este caso, permanece fijo en el valor siete.

Las figuras 3A-3C ilustran, más claramente, los saltos de frecuencia convencionales cuando se aplican a varias estaciones móviles que funcionan en el sistema de telecomunicaciones 100, donde se asume la secuencia de referencia de saltos de frecuencia ilustrada en la figura 2. Más en concreto, la figura 3A ilustra tres estaciones móviles a modo de ejemplo, que funcionan en la célula A, donde cada una de estas tres estaciones móviles es asignada a un desplazamiento de frecuencias (es decir, un MAIO) de 4, 10 y 1 respectivamente. Por consiguiente, la estación móvil representada por el símbolo "○" es asignada a un desplazamiento de frecuencias de 4. Por consiguiente, esta estación móvil sigue la secuencia de saltos de frecuencia [1, 9, 3, 5, 7, 1, 4, 2, 11, 12] durante el periodo de tiempo $t_1 - t_{10}$. La estación móvil representada por el símbolo "□" es asignada a un desplazamiento de frecuencias de 10. Por consiguiente, sigue la secuencia de saltos de frecuencia [7, 3, 9, 11, 1, 7, 10, 8, 5, 6] durante el periodo de tiempo $t_1 - t_{10}$. La estación móvil representada por el símbolo "*" es asignada a un desplazamiento de frecuencias de 1. Por lo tanto, sigue la secuencia de saltos de frecuencia [10, 6, 12, 2, 4, 10, 1, 11, 8, 9] durante el periodo de tiempo $t_1 - t_{10}$.

La figura 3B ilustra una estación móvil a modo de ejemplo que funciona en una célula C, en donde la estación móvil a modo de ejemplo está representada por el símbolo "▲", y en donde esta estación móvil a modo de ejemplo, es asignada a un desplazamiento de frecuencias de 2. Por consiguiente, la estación móvil sigue la secuencia de saltos de frecuencia [11, 7, 1, 3, 5, 11, 2, 12, 9, 10] durante el periodo de tiempo $t_1 - t_{10}$.

La figura 3C ilustra dos estaciones móviles a modo de ejemplo, que funcionan en la célula A', en donde estas dos estaciones móviles están representadas por los símbolos "X" y "●", y en donde las dos estaciones móviles son asignadas a un desplazamiento de frecuencias de 10 y 1, respectivamente. De este modo, durante el periodo de tiempo $t_1 - t_{10}$ la estación móvil representada por el símbolo "X" sigue la secuencia de saltos de frecuencia [7, 3, 9, 11, 1, 7, 10, 8, 5, 6], igual que la estación móvil representada por el símbolo "□" y que funciona en la célula A. Análogamente, la estación móvil representada por el símbolo "●" sigue la secuencia de saltos de frecuencia [10, 6, 12, 2, 4, 10, 1, 11, 8, 9], igual que la estación móvil representada por el símbolo "*" y que funciona en la célula A.

Tal como se ha explicado anteriormente, la reutilización de frecuencias y la carga fraccional pueden limitar la diversidad de interferencia en sistemas tales como el sistema de telecomunicaciones 100 y, a su vez, la eficacia de los saltos de frecuencia convencionales. Esto se ilustra mejor en las figuras 3D - 3F, en donde la figura 3D, por ejemplo, ilustra el desplazamiento de frecuencias durante el periodo de tiempo $t_1 - t_{10}$ entre las tres estaciones móviles que funcionan en la célula A. Tal como se muestra mediante el gráfico $R_{(*)}^{(*)}$, no existe diversidad de interferencia entre la estación móvil representada por el símbolo "*" y la estación móvil representada por el símbolo "o", puesto que el desplazamiento de frecuencias permanece fijo en tres unidades de frecuencia. Análogamente, el gráfico $S_{(o, \square)}$ indica que no existe diversidad de interferencia entre la estación móvil representada por el símbolo "o" y la estación móvil representada por el símbolo "□", puesto que el desplazamiento de frecuencias permanece fijo en seis unidades de frecuencia. Por último, tal como se muestra mediante el gráfico $T_{(\square, *)}$, no existe diversidad de interferencia entre la estación móvil representada por el símbolo "□" y la estación móvil representada por el símbolo "*", puesto que el desplazamiento de frecuencias permanece fijo a 9 unidades de frecuencia. Sin embargo, a pesar del hecho de que los gráficos $R_{(*)}^{(*)}$, $S_{(o, \square)}$ y $T_{(\square, *)}$ indican que no existe diversidad de interferencia, no hay una interferencia cocanal entre estas estaciones móviles, puesto que las estaciones móviles nunca funcionan simultáneamente sobre la misma frecuencia. Y tampoco existe ninguna interferencia de canal adyacente entre las estaciones móviles, puesto que las estaciones móviles, en virtud de los desplazamientos de frecuencias asignados a la célula A, nunca funcionan en canales de frecuencias adyacentes. Por lo tanto, no es probable que la ausencia de diversidad de interferencia entre las estaciones móviles que funcionan en la célula A tenga como resultado ninguna degradación de señal.

Los problemas asociados con la ausencia de diversidad de interferencia, y en concreto, con la diversidad de interferencia de canal adyacente, resultan más evidentes en la figura 3E. La figura 3E ilustra el desplazamiento de frecuencias entre la estación móvil a modo de ejemplo, que funciona en la célula C, representada por el símbolo "▲", y la estación móvil que funciona en la célula A, representada por el símbolo "*" durante el periodo de tiempo $t_1 - t_{10}$. Análogamente a los gráficos representados en la figura 3D, el gráfico $U_{(\blacktriangle, *)}$ de la figura 3E indica que no hay diversidad de interferencia entre la estación móvil representada por el símbolo "▲" y la estación móvil representada por el símbolo "*". Y lo que es más importante, el gráfico $U_{(\blacktriangle, *)}$ indica que no hay diversidad de interferencia de canal adyacente entre estas estaciones móviles, puesto que el desplazamiento de frecuencias entre las dos estaciones móviles permanece fijo, en el tiempo, en una sola unidad de frecuencia. No obstante, esta ausencia de diversidad de interferencia de canal adyacente puede no ser problemática salvo que la estación móvil causante esté funcionando en la periferia de la célula o cerca de ésta, y/o que el nivel de potencia asociado con la estación móvil causante sea significativamente fuerte.

Aunque la ausencia de diversidad de interferencia de canal adyacente asociada con los saltos de frecuencia convencionales puede ser un problema, tal como se muestra en la figura 3E, el principal problema asociado con las técnicas convencionales de saltos de frecuencia es la ausencia de diversidad de interferencia cocanal, tal como se ilustra en la figura 3F. La figura 3F ilustra el desplazamiento de frecuencias entre la estación móvil representada por el símbolo "□", que funciona en la célula A, y la estación móvil representada por el símbolo "X", que funciona en la célula A', durante el periodo de tiempo $t_1 - t_{10}$. La figura 3F ilustra asimismo el desplazamiento de frecuencias entre la estación móvil representada por el símbolo "*", que funciona en la célula A, y las dos estaciones móviles representadas por el símbolo "●", que funcionan en la célula A'. Tal como se indica mediante el gráfico $T_{(\square, X)}^{(*)}$, no existe diversidad de interferencia y, en concreto, no existe diversidad de interferencia cocanal, entre las estaciones móviles, puesto que el desplazamiento de frecuencias entre las estaciones móviles representadas por "□" y "X", y el desplazamiento de frecuencias entre las estaciones móviles representadas por "*" y "●", es en ambos casos de cero (0) unidades de frecuencia. Como apreciará fácilmente un experto en la materia, la probabilidad de que estas estaciones móviles sirvan como fuente de interferencia cocanal severa entre ellas es relativamente alta. Además, esta pluralidad se incrementa a medida que se incrementan los niveles de potencia asociados con las estaciones móviles, y/o disminuye la distancia de reutilización para las células A y A'.

Dado el hecho de que es probable que las distancias de reutilización disminuyan con el tiempo, puesto que la demanda de servicios celulares sigue incrementándose, y dado el hecho de que, tal como se ha mostrado anteriormente, las técnicas convencionales de saltos de frecuencia no pueden explotar todo el potencial de sincronización debido a la diversidad de interferencia cocanal inadecuada, y en menor medida, a la diversidad de interferencia de canal adyacente inadecuada, es de particular interés proporcionar una técnica de saltos de frecuencias que maximice la diversidad de interferencia, en concreto de sistemas de radiotelecomunicaciones sincronizados, celulares.

Compendio de la invención

La presente invención mejora el rendimiento del sistema en sistemas de radiotelecomunicaciones celulares, mediante el recurso de proporcionar una técnica de saltos de frecuencia que además utiliza saltos de desplazamiento de frecuencias. Con ello, se maximizan la diversidad de interferencia de canal adyacente y cocanal para usuarios finales

operativos en una célula y en las células próximas, sin comprometer la diversidad de frecuencia conseguida a través de los saltos de frecuencia convencionales.

Por consiguiente, es un objetivo de la presente invención mejorar el rendimiento del sistema en un sistema de radiotelecomunicaciones celular, sincronizado o no sincronizado, que utilice saltos de frecuencia.

Es otro objetivo de la presente invención mejorar el funcionamiento del sistema en un sistema de radiotelecomunicaciones celular que utilice saltos de frecuencia, mediante el recurso de minimizar la interferencia cocanal y la interferencia de canal adyacente.

Es otro objetivo más de la presente invención, explotar más a fondo las ventajas de la diversidad de interferencia cocanal y de canal adyacente en un sistema de radiotelecomunicaciones celular que utilice saltos de frecuencia.

Los objetivos de la presente invención se obtienen mediante un método de saltos de frecuencia acorde con la reivindicación 1 y mediante un aparato de saltos de frecuencia acorde con la reivindicación 9. En las reivindicaciones dependientes se definen realizaciones ventajosas.

De acuerdo con un aspecto de la presente invención, los objetivos identificados anteriormente y otros se consiguen mediante la utilización de un aparato y/o un método en un sistema de radiotelecomunicaciones celular que utilice saltos de frecuencia. El aparato y/o el método implican el establecimiento de una secuencia de saltos de frecuencia para cada una de una serie de células, y la asignación de un número de desplazamientos de frecuencias para cada una de la serie de células. Se asigna entonces una primera secuencia de saltos de desplazamiento de frecuencias a una primera estación móvil que funciona en una primera de la serie de células, donde cada desplazamiento de frecuencias asociado a la primera secuencia de saltos de desplazamientos de frecuencias es uno del número de desplazamientos de frecuencias asignados a la primera de la serie de células. A continuación la primera estación móvil salta de una frecuencia a la frecuencia siguiente, en función de la secuencia de saltos de frecuencia más la primera secuencia de saltos de desplazamiento de frecuencias.

De acuerdo con otro aspecto de la presente invención, los objetivos identificados anteriormente y otros se consiguen mediante el recurso de utilizar un método para maximizar la diversidad de interferencia. Este método implica establecer una secuencia de saltos de frecuencia para cada una de un grupo de células, donde cada una de las células contiene una estación base, y asignar un número de desplazamientos de frecuencias a cada una de las células. Además, se asigna una primera secuencia de saltos de desplazamiento de frecuencias a una primera estación móvil operativa en una primera de las células, donde cada desplazamiento de frecuencias asociado con la primera secuencia de saltos de desplazamiento de frecuencias es uno del número de desplazamientos de frecuencias asignados a la primera célula. Durante un periodo de tiempo dado, la primera estación móvil salta desde una frecuencia a la siguiente frecuencia en función de la secuencia de saltos de frecuencia y de la primera secuencia de saltos de desplazamiento de frecuencias.

Además, de acuerdo con otro aspecto a la presente invención, los objetivos identificados anteriormente y otros se consiguen mediante el recurso de utilizar un método de saltos de frecuencia que supone establecer una secuencia de referencia de saltos de frecuencia, asignar un conjunto común de frecuencias a cada una de la primera serie de células sincronizadas, y asignar un número de desplazamientos de frecuencias a cada una de la primera serie de células, donde ningún par de la primera serie de células comparte un desplazamiento de frecuencias. A continuación se asigna una primera secuencia de saltos de desplazamiento de frecuencias a una primera estación móvil operativa en una primera célula de la primera serie de células, donde cada desplazamiento de frecuencias asociado con la primera secuencia de saltos de desplazamiento de frecuencias es uno de entre el número de desplazamientos de frecuencias asignados a la primera célula de la primera serie de células. Además, la primera estación móvil sigue una secuencia de saltos de frecuencia que es función de la secuencia de referencia de saltos de frecuencia más la primera secuencia de saltos de desplazamiento de frecuencias.

De acuerdo con otro aspecto más de la presente invención, los objetivos identificados anteriormente y otros se consiguen mediante el recurso de utilizar un método para maximizar la diversidad de interferencia. Este método implica establecer una secuencia de referencia de saltos de frecuencia para una serie de células, donde cada una de la serie de células contiene una estación base, y donde cada estación base está sincronizada con cada una de las otras estaciones base. El método implica asimismo asignar un conjunto de frecuencias 1... N a un primer grupo de células asociadas con la serie de células, donde un conjunto de desplazamientos de frecuencias 0... N-1 se corresponde con el conjunto de frecuencias 1... N, y asignar un número de desplazamientos de frecuencias 0... N-1 a cada una de las células asociadas con el primer grupo de células, donde ningún par de células asociadas con el primer grupo de células comparte un desplazamiento de frecuencias, y donde ningún par de desplazamientos de frecuencias asignados a una de las células asociadas con el primer grupo de células, son adyacentes entre ellas. Además, se asigna una primera secuencia de saltos de desplazamiento de frecuencias a una primera estación móvil operativa en una primera célula perteneciente al primer grupo de células, donde cada desplazamiento de frecuencias asociado con la primera secuencia de saltos de desplazamiento de frecuencias es uno del número de desplazamientos de frecuencias asignados a la primera célula. La primera estación móvil, durante un periodo de tiempo dado, sigue una secuencia de saltos de frecuencia que es función de la secuencia de referencia de saltos de frecuencia más la primera secuencia de saltos de desplazamiento de frecuencias.

Breve descripción de los dibujos

Los objetivos y las ventajas de la presente invención se comprenderán leyendo la siguiente descripción detallada junto con los dibujos, en los cuales:

la figura 1 ilustra un sistema de radiotelecomunicaciones sincronizado, celular, que utiliza reutilización de frecuencia y carga fraccional con gestión del desplazamiento de frecuencias;

la figura 2 ilustra una secuencia de referencia de saltos de frecuencia, a modo de ejemplo;

las figuras 3A-3C ilustran saltos de frecuencia convencionales entre una número de estaciones móviles que funcionan en una serie de células sincronizadas;

las figuras 3D-3F ilustran la ausencia de diversidad de interferencia y, en concreto, la ausencia de diversidad de interferencia de canal adyacente y de diversidad de interferencia cocalanal en sistemas que utilizan saltos de frecuencia convencionales;

las figuras 4A-4C ilustran saltos de frecuencia entre un número de estaciones móviles operativas en una serie de células sincronizadas, y de acuerdo con realizaciones a modo de ejemplo de la presente invención; y

las figuras 4D-4F ilustran cómo se consigue de manera más completa la diversidad de interferencia cuando se utiliza la técnica de saltos de desplazamiento de frecuencias de la presente invención.

Descripción detallada de la invención

La presente invención incrementa el potencial de carga de tráfico y, por lo tanto, el rendimiento del sistema en sistemas de radiotelecomunicaciones celulares que utilizan técnicas de saltos de frecuencia. En general, la presente invención consigue esto mediante el recurso de utilizar una técnica de saltos de frecuencia que, además de saltos de frecuencia, utiliza saltos de desplazamiento de frecuencias. Esta técnica de saltos de frecuencia más saltos de desplazamiento de frecuencias explota de manera más eficaz los beneficios asociados con los sistemas sincronizados, maximizando la diversidad de interferencia. Además, la presente invención consigue esto sin comprometer la diversidad de frecuencia.

De acuerdo con realizaciones a modo de ejemplo de la presente invención, cada grupo de células sincronizadas está asociado a un conjunto común de frecuencias, como son las doce frecuencias asignadas al grupo de células sincronizadas A, B, C mostrado en la figura 1. Además, se utiliza una secuencia de referencia de saltos de frecuencia, de manera muy parecida a las técnicas convencionales de saltos de frecuencia. De nuevo, se ilustra en la figura 2 una secuencia de referencia de saltos de frecuencia a modo de ejemplo. Además, cada célula en cada grupo de células sincronizadas es asignada a un número de desplazamientos de frecuencias, que es típicamente una fracción del número total de desplazamientos de frecuencias asociados con el conjunto común de frecuencias asignadas al grupo de células. De este modo, si hay doce frecuencias asignadas, hay doce posibles desplazamientos de frecuencias 0-11. En el ejemplo de la figura 1, la célula A ha sido asignada a cuatro de los doce desplazamientos de frecuencias, y más en concreto, a los desplazamientos de frecuencias [1, 4, 7, 10]. La célula B ha sido asignada a los desplazamientos de frecuencias [0, 3, 6, 9]. La célula C ha sido asignada a los desplazamientos de frecuencias [2, 5, 8, 11].

Para explotar más a fondo los beneficios asociados con los sistemas sincronizados, y para maximizar la diversidad de interferencia, la presente invención utiliza una técnica de saltos de frecuencia que difiere de las técnicas convencionales de saltos de frecuencia, por cuanto que incluye además un salto de desplazamiento de frecuencias, como se ha indicado anteriormente. De acuerdo con realizaciones ejemplares de la presente invención, la estación móvil es asignada, en el traspaso o en el establecimiento de llamada, a diferentes secuencias de saltos de desplazamiento de frecuencias que comprenden una serie de desplazamientos de frecuencias que son asignados a la célula en la que está operativa la estación móvil. De este modo, cada estación móvil saltará desde una frecuencia a otra en función de la secuencia de referencia de saltos de frecuencia más la secuencia de saltos de desplazamiento de frecuencias que le ha sido asignada. Mediante el recurso de utilizar diferentes secuencias de saltos de desplazamiento de frecuencias, se garantiza la diversidad de interferencia entre las estaciones móviles, manteniéndose al mismo tiempo la diversidad de frecuencia.

Las figuras 4A-4C ilustran más claramente la técnica de saltos de desplazamiento de frecuencias, de acuerdo con realizaciones a modo de ejemplo de la presente invención. Más en concreto, la figura 4A ilustra una secuencia de saltos de frecuencia a modo de ejemplo asociada con cada una de las tres estaciones móviles operativas en la célula A de la figura 1 durante el periodo de tiempo t_1 - t_{10} , donde se utiliza la técnica de saltos de desplazamiento de frecuencias de la presente invención. En el ejemplo ilustrado en la figura 4A, la primera de las tres estaciones móviles, representada por el símbolo "○", es asignada a la secuencia de saltos de desplazamiento de frecuencias [4, 4, 10, 1, 10, 7, 4, 10, 1, 7]. Por consiguiente, la secuencia de saltos de frecuencia para esta primera estación móvil es [1, 9, 9, 2, 1, 4, 4, 8, 8, 3], donde la secuencia de saltos de frecuencia es función de la secuencia de referencia de saltos de frecuencia más la secuencia de saltos de desplazamiento de frecuencias asignada a la estación móvil. La segunda estación móvil, representada por el símbolo "□" es asignada a la secuencia de saltos de desplazamiento de frecuencias [7, 10, 1, 7, 7, 1, 7, 4, 4, 10]. Por consiguiente, la secuencia de saltos de frecuencia para esta estación móvil es [4, 3, 12, 8, 10, 10, 7, 2, 11, 6]. La tercera

estación móvil, representada por el símbolo “*”, es asignada a la secuencia de saltos de desplazamiento de frecuencias [10, 7, 4, 10, 1, 4, 1, 7, 10, 4]. Por consiguiente, la secuencia de saltos de frecuencia para esta estación móvil es [7, 12, 3, 11, 4, 1, 1, 5, 5, 12]. Se comprenderá que en cualquier instante, cada una de las tres estaciones móviles está comunicando sobre una frecuencia que refleja uno diferente, de entre los desplazamientos de frecuencias disponibles. Además, se comprenderá que la secuencia de saltos de desplazamiento de frecuencias puede repetirse tras un periodo de tiempo indicado, por ejemplo, el periodo de tiempo t_1-t_{10} .

Análogamente, la figura 4B ilustra la secuencia de saltos de frecuencia asociada con la primera estación móvil, representada por el símbolo “▲”, operativa en la célula C durante el periodo de tiempo t_1-t_{10} . En este ejemplo, la estación móvil es asignada a la secuencia de saltos de desplazamiento de frecuencias [5, 11, 2, 5, 8, 5, 11, 2, 2, 5]. Por lo tanto, su secuencia de saltos de frecuencia es [2, 4, 1, 6, 11, 2, 11, 12, 9, 1]. De nuevo, la secuencia de saltos de frecuencia en las estaciones móviles es función de la secuencia de referencia de saltos de frecuencia más la secuencia de saltos de desplazamiento de frecuencias asignada a la estación móvil.

La figura 4C ilustra además la secuencia de saltos de frecuencia asociada con las dos estaciones móviles operativas en la célula A' de la figura 1, en donde las dos estaciones móviles están representadas por los símbolos “X” y “●” respectivamente. Si, por ejemplo, la secuencia de saltos de desplazamiento de frecuencias asignada a la primera estación móvil en la célula A' es [10, 4, 7, 10, 1, 4, 1, 7, 4, 10], la primera estación móvil en la célula A' seguiría la secuencia de saltos de frecuencia [7, 9, 6, 11, 4, 1, 1, 5, 11, 6] durante el periodo de tiempo $t_1 - t_{10}$, como puede verse. Si la secuencia de saltos de desplazamiento de frecuencias asignada a la segunda estación móvil operativa en la célula A' es [4, 7, 1, 4, 7, 10, 4, 1, 10, 7], entonces la secuencia de saltos de frecuencia seguida por la segunda estación móvil durante el periodo de tiempo $t_1 - t_{10}$ es [1, 12, 12, 5, 10, 7, 4, 11, 5, 3], como puede verse.

Mientras que las figuras 4A-4C ilustran secuencias de saltos de frecuencia a modo de ejemplo, para las diversas estaciones móviles operativas en las células A, C, y A' durante el periodo de tiempo $t_1 - t_{10}$, de acuerdo con realizaciones a modo de ejemplo de la presente invención, las figuras 4D-4F ilustran los beneficios conseguidos mediante la utilización de la técnica de saltos de desplazamiento de frecuencias de la presente invención. Más en concreto, la figura 4D ilustra el desplazamiento de frecuencias entre las tres estaciones móviles operativas en la célula A, donde el gráfico $R'_{(*, \circ)}$ caracteriza el desplazamiento de frecuencias entre la estación móvil representada por el símbolo “*” y la estación móvil representada por el símbolo “○”; el gráfico $S'_{(\circ, \square)}$ caracteriza el desplazamiento de frecuencias entre la estación móvil representada por el símbolo “○” y la estación móvil representada por el símbolo “□”; y el gráfico $T'_{(\square, *)}$ caracteriza el desplazamiento de frecuencias entre la estación móvil representada por el símbolo “□” y la estación móvil representada por el símbolo “*”. Como se muestra en la figura 4D, el desplazamiento de frecuencias entre las estaciones móviles no es fijo cuando se utilizan saltos de desplazamiento de frecuencias, en contraste con las técnicas convencionales. Una comparación entre los gráficos $R_{(*, \circ)}$, $S_{(\circ, \square)}$ y $T_{(\square, *)}$ en la figura 3D y los gráficos $R'_{(*, \circ)}$, $S'_{(\circ, \square)}$ y $T'_{(\square, *)}$ en la figura 4D destaca los diferentes resultados conseguidos cuando se utiliza saltos de frecuencia convencionales frente a cuando se utilizan saltos de frecuencia más saltos de desplazamiento de frecuencias de acuerdo con la presente invención.

La figura 4E caracteriza el desplazamiento de frecuencias entre la estación móvil representada por el símbolo “*”, operativa en la célula A, y la estación móvil representada por el símbolo “▲”, operativa en la célula C. Se muestra también que el desplazamiento de frecuencias entre estas dos estaciones móviles varía durante el periodo de tiempo $t_1 - t_{10}$. Debido a que el desplazamiento de frecuencias entre estas dos estaciones móviles varía, se consigue diversidad de interferencia, y se atenúa el problema de interferencia de canal adyacente caracterizado por el gráfico $U_{(\Delta, *)}$ que aparece en la figura 3E.

El gráfico $V'_{(\square, x)}$ de la figura 4F caracteriza el desplazamiento de frecuencias entre la estación móvil representada por el símbolo “□”, operativa en la célula A, y la estación móvil representada por el símbolo “X”, operativa en la célula A'. Análogamente, el gráfico $V'_{(*, \bullet)}$ en la figura 4F caracteriza el desplazamiento de frecuencias entre la estación móvil representada por el símbolo “*”, operativa en la célula A, y la estación móvil representada por el símbolo “●”, operativa en la célula A'. Tal como se indica mediante el gráfico $V'_{(\square, x)}$, el desplazamiento de frecuencias entre las dos estaciones móviles respectivas representadas por los símbolos “□” y “X” varía durante el periodo de tiempo $t_1 - t_{10}$. Análogamente, al gráfico $V'_{(*, \bullet)}$ indica que el desplazamiento de frecuencias entre las dos estaciones móviles respectivas representadas por los símbolos “*” y “●” varía durante el periodo de tiempo $t_1 - t_{10}$. De nuevo, gracias a que varía el desplazamiento de frecuencias entre estas estaciones móviles, se consigue la diversidad de interferencia, y se atenúa el problema de interferencia cocanal reflejado por el gráfico $V'_{(\square, x), (*, \bullet)}$.

De acuerdo con otro aspecto de la presente invención, las secuencias de saltos de desplazamiento de frecuencias pueden ser reutilizadas del mismo modo que son reutilizadas las frecuencias, como se ha explicado anteriormente. Sin embargo, se comprenderá que puede imponerse una cierta distancia mínima de reutilización para evitar la interferencia cocanal.

La presente invención se ha descrito haciendo referencia a un subconjunto de células sincronizadas, que se ilustra en la figura 1, donde la distribución de los desplazamientos de frecuencias se muestra siendo homogénea. Es decir, los desplazamientos de frecuencias son distribuidos entre las células, en cada grupo de células, de acuerdo con un patrón de distribución idéntico. Sin embargo, un experto en la materia apreciará fácilmente el hecho de que una célula puede, si es necesario, “tomar” uno o más desplazamientos de frecuencias asignados a otra célula del grupo de células, con el objeto de satisfacer condiciones de tráfico y otros factores relevantes.

ES 2 342 921 T3

La presente invención se ha descrito haciendo referencia a realizaciones a modo de ejemplo. Sin embargo, resultará evidente para los expertos en la materia que es posible realizar la invención en otras formas específicas diferentes a las descritas anteriormente, sin apartarse del espíritu de la invención. Por ejemplo, las figuras ilustran la técnica de mejorar la diversidad de interferencia entre células en un sistema de radiotelecomunicaciones sincronizado, celular, que utiliza un plan de una-reutilización, si bien un experto en la materia apreciará que la presente invención es aplicable con otros planes de reutilización para reducir la interferencia tanto entre células como en el interior de las células, en un sistema de radiotelecomunicaciones celular, sincronizado o no sincronizado. Los diversos aspectos y realizaciones ejemplares son ilustrativos, y no deben considerarse como restrictivos en modo alguno. El alcance de la invención está dado por las reivindicaciones anexas, y no por la descripción precedente, y todas las variaciones y los equivalentes de ésta que caen dentro del ámbito de las reivindicaciones se consideran contenidos en las mismas.

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

REIVINDICACIONES

1. Método de saltos de frecuencia para un sistema de radiotelecomunicaciones celular que utiliza saltos de frecuencia, en el que cada célula de un grupo de células contiene una estación base, en donde el método comprende las etapas de:

establecer una secuencia de referencia de saltos de frecuencia para cada una del grupo de células;

asignar un número de desplazamientos de frecuencias a cada uno del grupo de células; y

asignar una primera secuencia de saltos de desplazamiento de frecuencias a una primera estación móvil operativa en una primera de las células, en donde cada desplazamiento de frecuencias asociado con la primera secuencia de saltos de desplazamiento de frecuencias es uno del número de desplazamientos de frecuencias asignados a la primera célula, y donde la primera estación móvil, durante un periodo de tiempo dado, salta desde una frecuencia a la siguiente frecuencia en función de la secuencia de referencia de saltos de frecuencia y de la primera secuencia de saltos de desplazamiento de frecuencias.

2. El método de la reivindicación 1, en el que la primera estación móvil salta desde una frecuencia a la siguiente frecuencia en función de la secuencia de referencia de saltos de frecuencia más la primera secuencia de saltos de desplazamiento de frecuencias.

3. El método de la reivindicación 1 ó 2, que comprende además la etapa de:

asignar una segunda secuencia de saltos de desplazamiento de frecuencias a una segunda estación móvil operativa en la primera célula, en donde el desplazamiento de frecuencias entre la primera estación móvil y la segunda estación móvil varía durante el periodo de tiempo.

4. El método de la reivindicación 1 ó 2, en el que la etapa de asignar una primera secuencia de saltos de desplazamiento de frecuencias a una primera estación móvil comprende la etapa de:

asignar la primera secuencia de saltos de desplazamiento de frecuencias a la primera estación móvil en el establecimiento de llamada.

5. El método de la reivindicación 1 ó 2, en el que la etapa de asignar una primera secuencia de saltos de desplazamiento de frecuencias a una primera estación móvil comprende la etapa de:

asignar la primera secuencia de saltos de desplazamiento de frecuencias a la primera estación móvil en el traspaso.

6. El método de la reivindicación 1 ó 2, en el que el sistema de radiotelecomunicaciones celular es un sistema no sincronizado.

7. El método de la reivindicación 1 ó 2, en el que el sistema de radiotelecomunicaciones celular es un sistema sincronizado.

8. El método de la reivindicación 7,

en el que la etapa de establecer una secuencia de referencia de saltos de frecuencia para cada una de las células comprende la etapa de establecer una secuencia de referencia de saltos de frecuencia para las células; y

en el que ningún par de las células son asignadas al mismo desplazamiento de frecuencias.

9. Aparato de saltos de frecuencia para un sistema de radiotelecomunicaciones celular, que comprende:

medios para establecer una secuencia de referencia de saltos de frecuencia para cada una de un grupo de células;

medios para asignar un número de desplazamientos de frecuencias a cada una de las células; y

medios para asignar una primera secuencia de saltos de desplazamiento de frecuencias a una primera estación móvil operativa en una primera de las células, en donde cada desplazamiento de frecuencias asociado con la primera secuencia de saltos de desplazamiento de frecuencias es uno del número de desplazamientos de frecuencias asignados a la primera célula, y en donde la primera estación móvil está adaptada para saltar desde una frecuencia a la frecuencia siguiente en función de la secuencia de referencia de saltos de frecuencia y de la primera secuencia de saltos de desplazamiento de frecuencias.

10. El aparato de saltos de frecuencia de la reivindicación 9 ó 10, en el que la primera estación móvil está adaptada para saltar desde una frecuencia a la frecuencia siguiente en función de la secuencia de referencia de saltos de frecuencia más la primera secuencia de saltos de desplazamiento de frecuencias.

ES 2 342 921 T3

11. El aparato de saltos de frecuencia de la reivindicación 9 ó 10, que comprende además:

5 medios para asignar una segunda secuencia de saltos de desplazamiento de frecuencias a una segunda estación móvil operativa en la primera célula, en donde varía el desplazamiento de frecuencias entre la primera estación móvil y la segunda estación móvil.

12. El aparato de saltos de frecuencia de la reivindicación 9 ó 10, en el que la etapa de asignar una primera secuencia de saltos de desplazamiento de frecuencias a una primera estación móvil comprende la etapa de:

10 asignar la primera secuencia de saltos de desplazamiento de frecuencias a la primera estación móvil en el establecimiento de llamada.

13. El aparato de saltos de frecuencia de la reivindicación 9 ó 10, en el que la etapa de asignar una primera secuencia de saltos de desplazamiento de frecuencias a una primera estación móvil comprende las etapas de:

15 asignar la primera secuencia de saltos de desplazamiento de frecuencias a la primera estación móvil en el traspaso.

14. El aparato de saltos de frecuencia de la reivindicación 9 ó 10, en el que el sistema de radiotelecomunicaciones celular es un sistema no sincronizado.

20 15. El aparato de saltos de frecuencia de la reivindicación 9 ó 10, en el que el sistema de radiotelecomunicaciones celular es un sistema sincronizado.

25 16. El aparato de saltos de frecuencia de la reivindicación 15,

 en el que los medios para establecer una secuencia de referencia de saltos de frecuencia para cada una de las células comprende medios para establecer una secuencia de referencia de saltos de frecuencia para las células; y

30 en el que ningún par de la serie de células son asignadas al mismo desplazamiento de frecuencias.

35

40

45

50

55

60

65

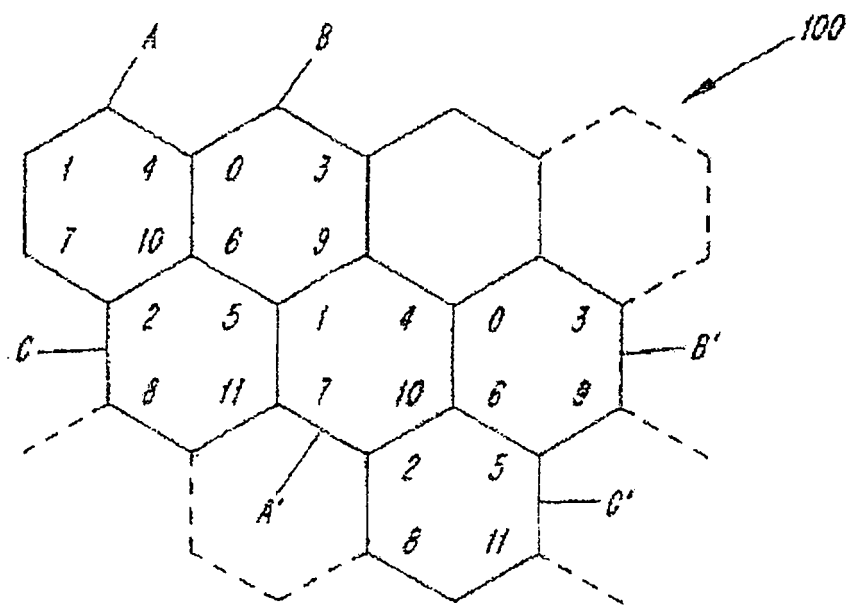


FIG. 1
(TÉCNICA ANTERIOR)

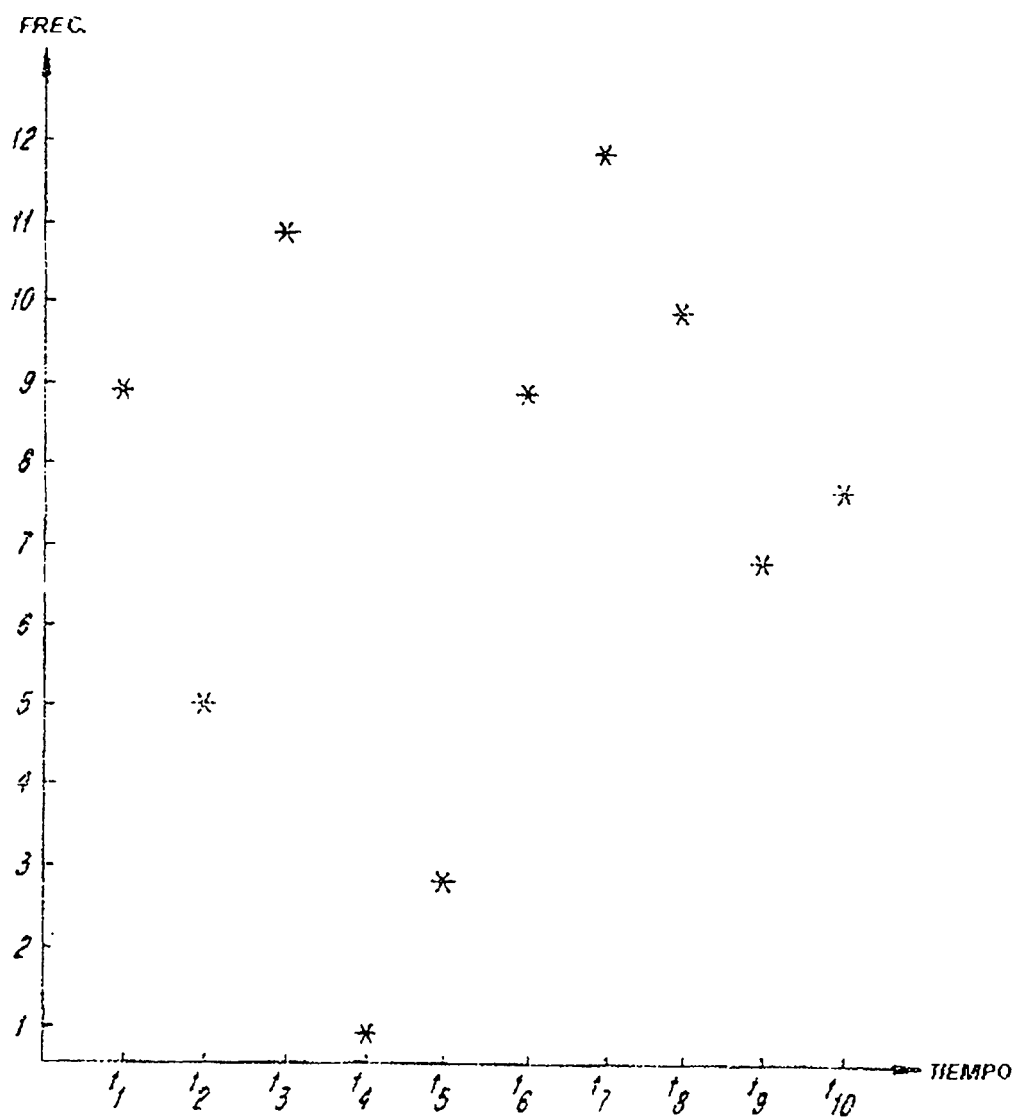


FIG. 2

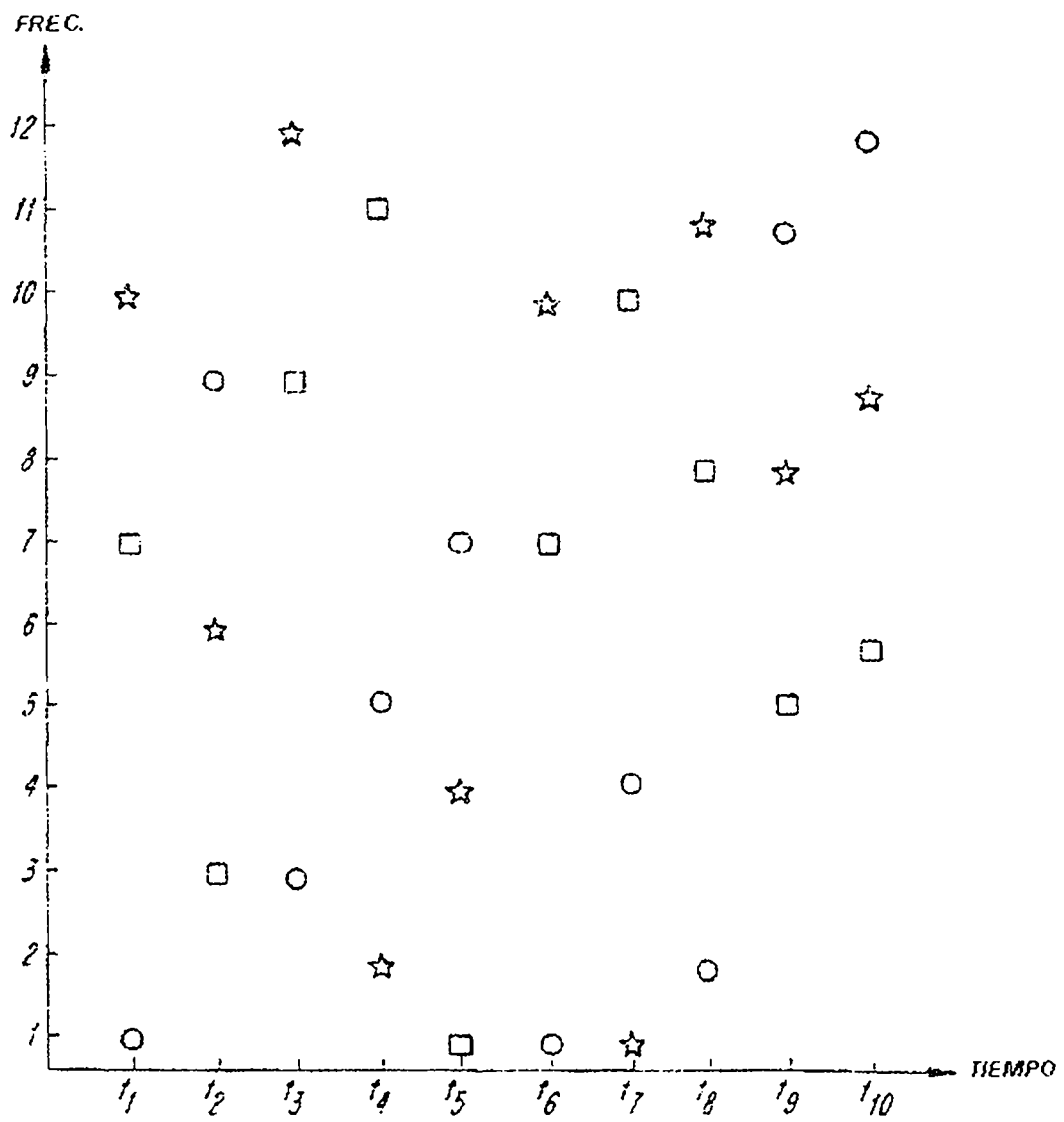


FIG. 3A

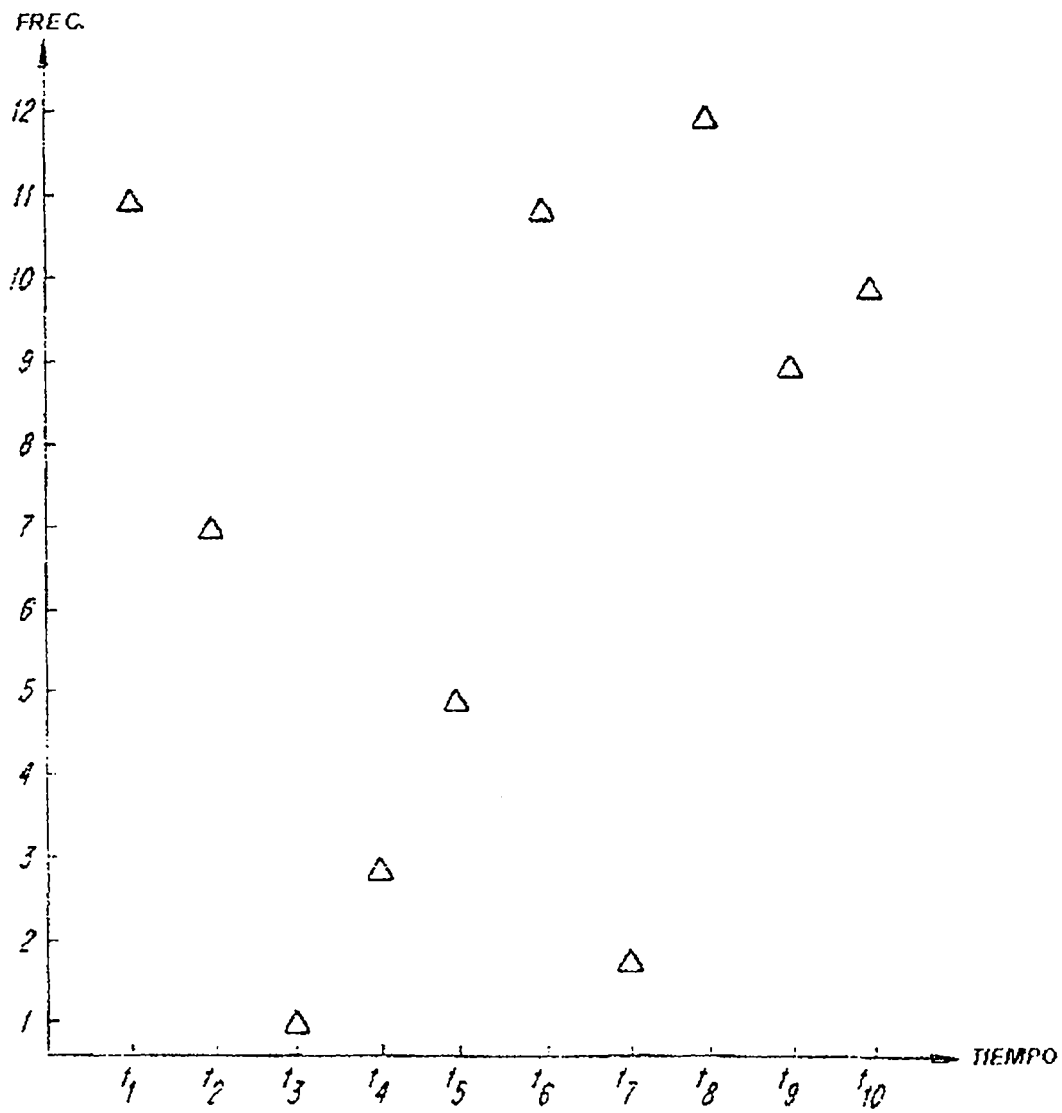


FIG. 3B

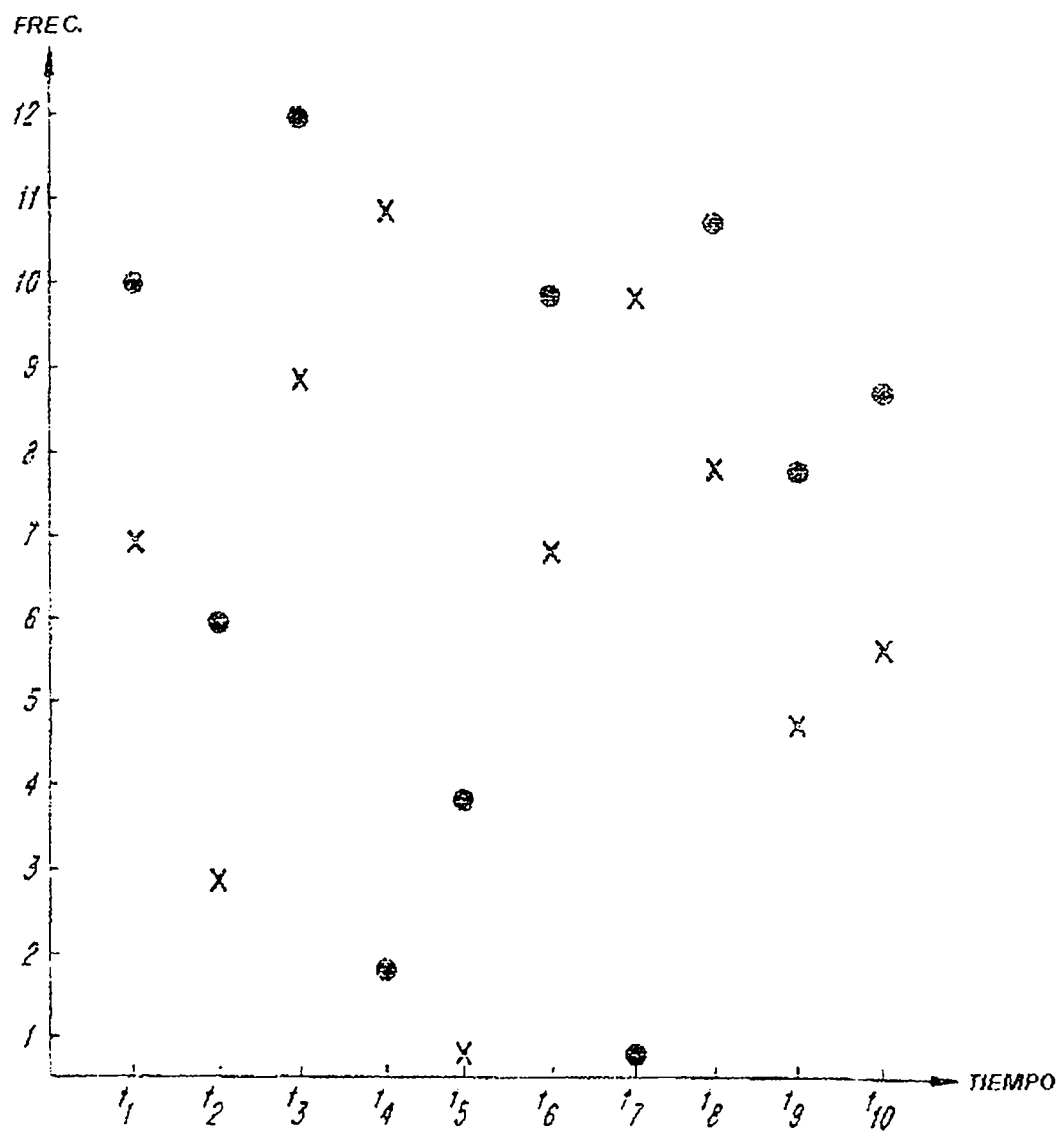


FIG. 3C

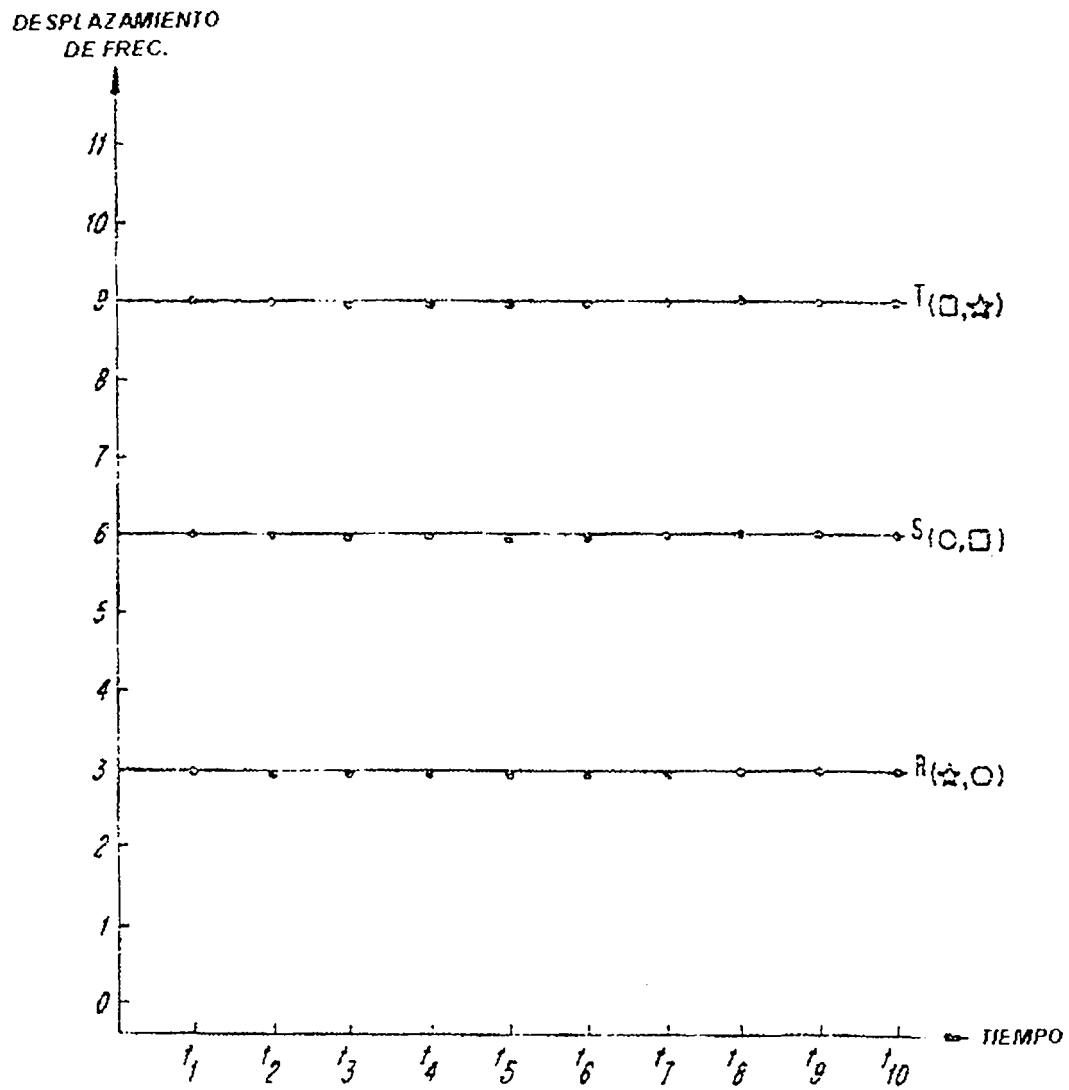


FIG. 3D

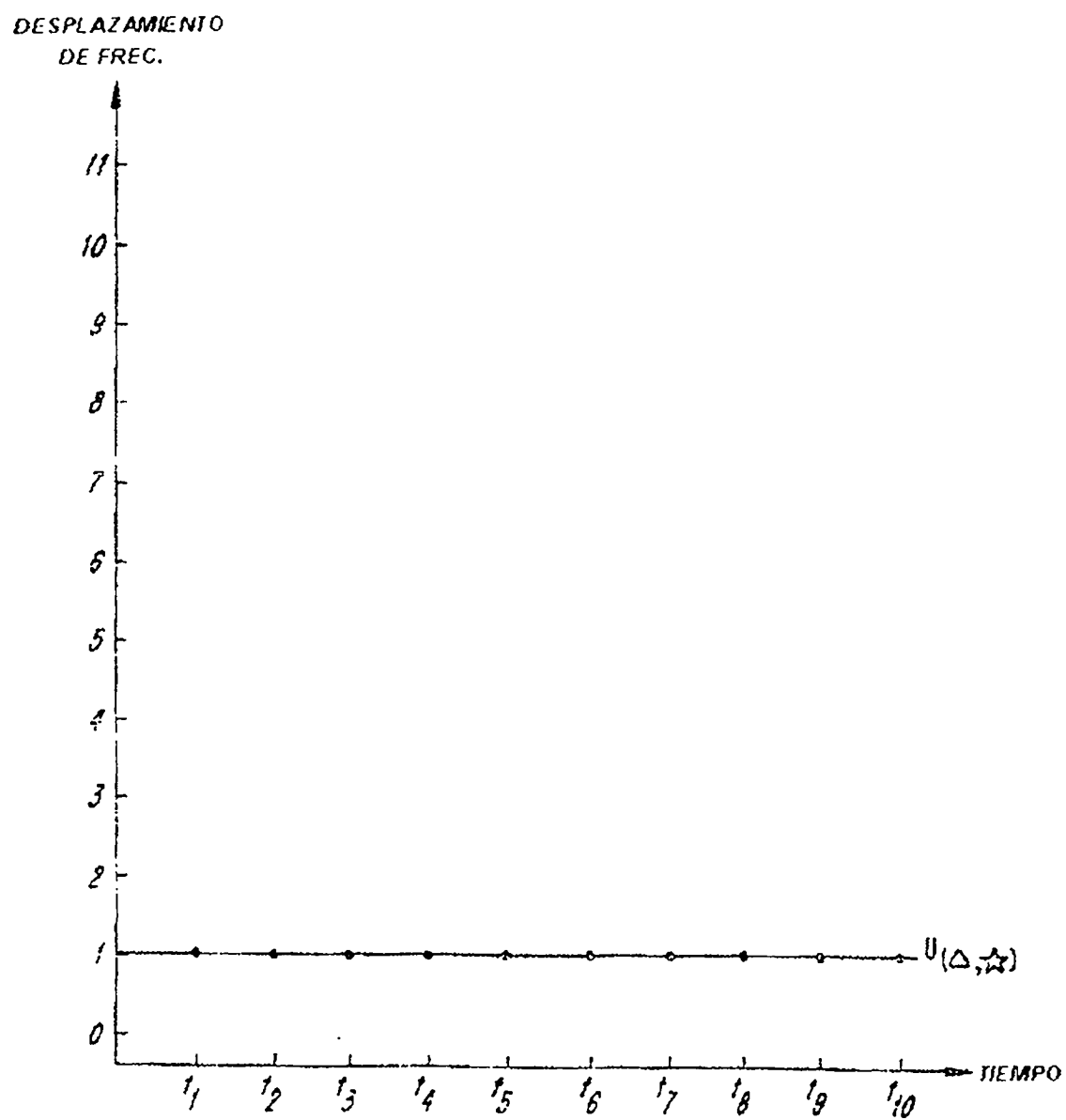


FIG. 3E

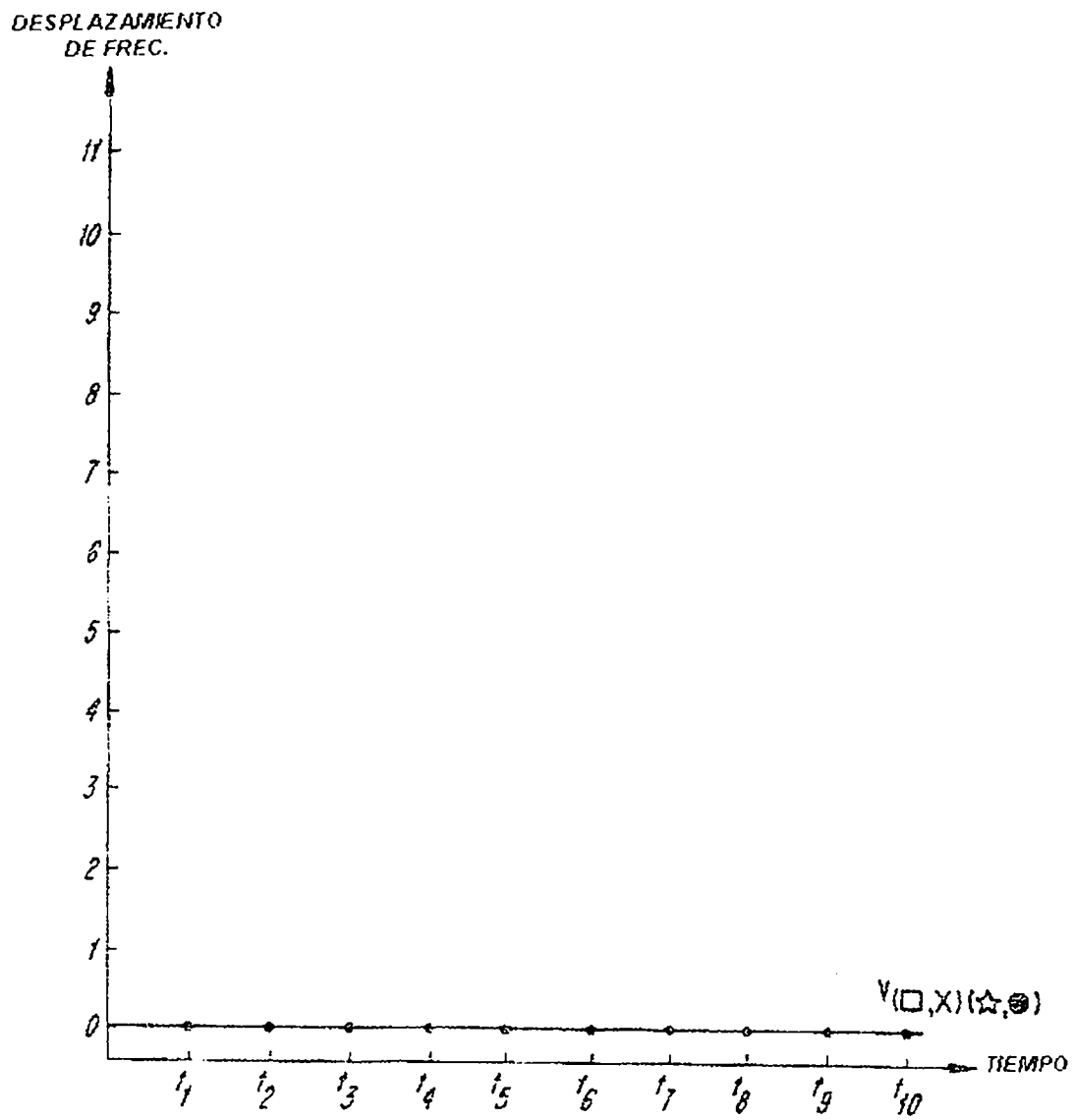


FIG. 3F

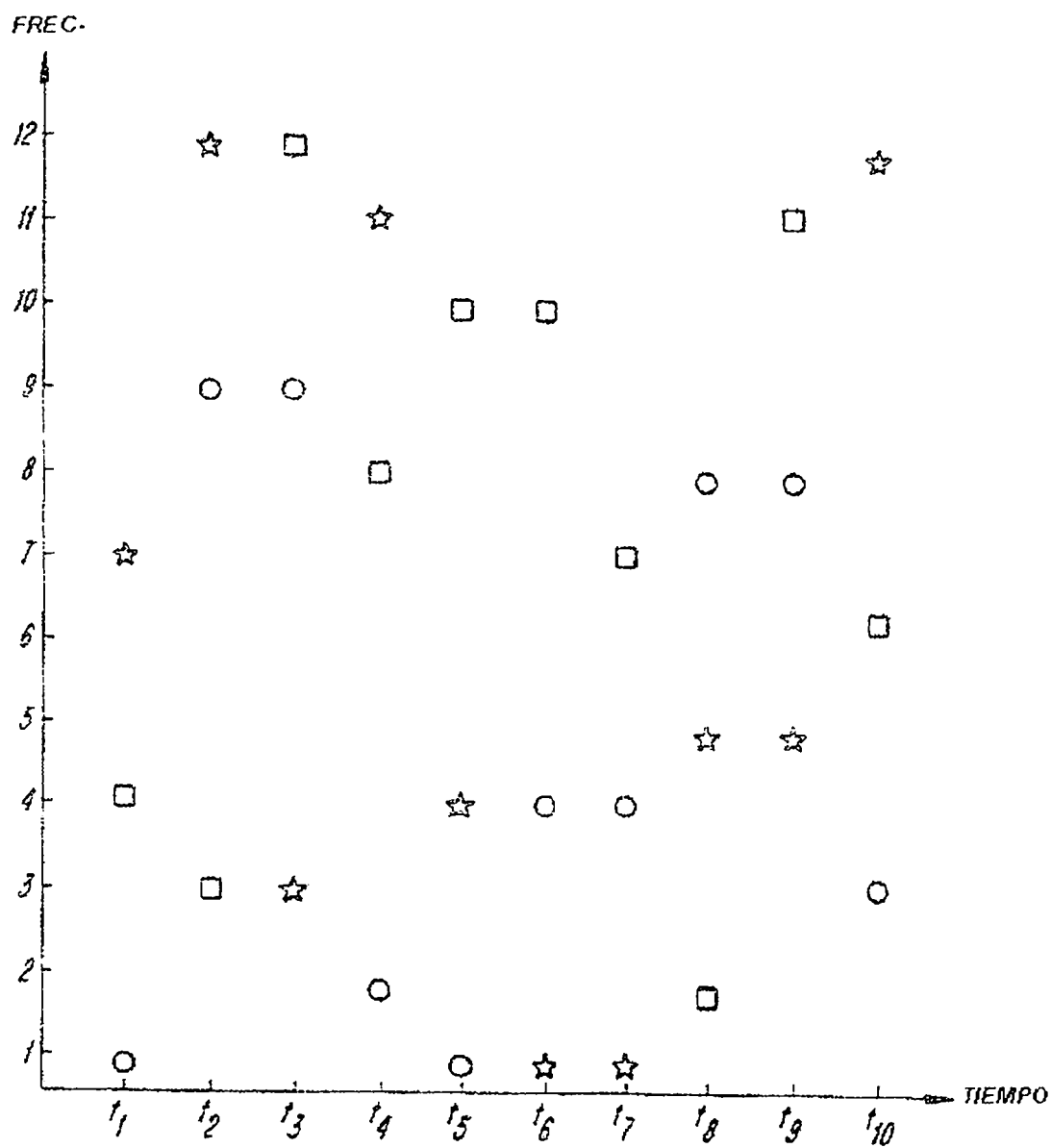


FIG. 4A

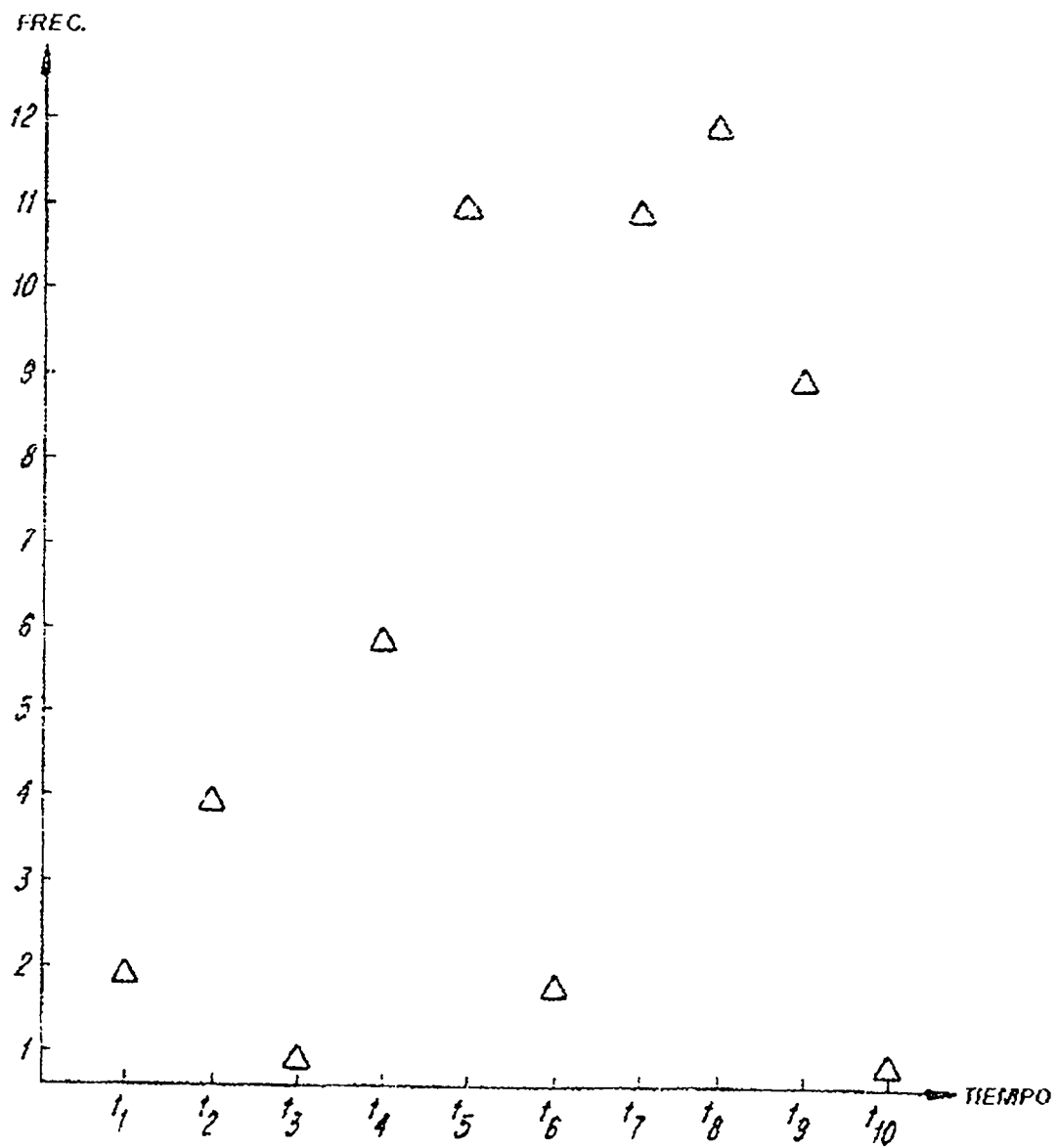


FIG. 4B

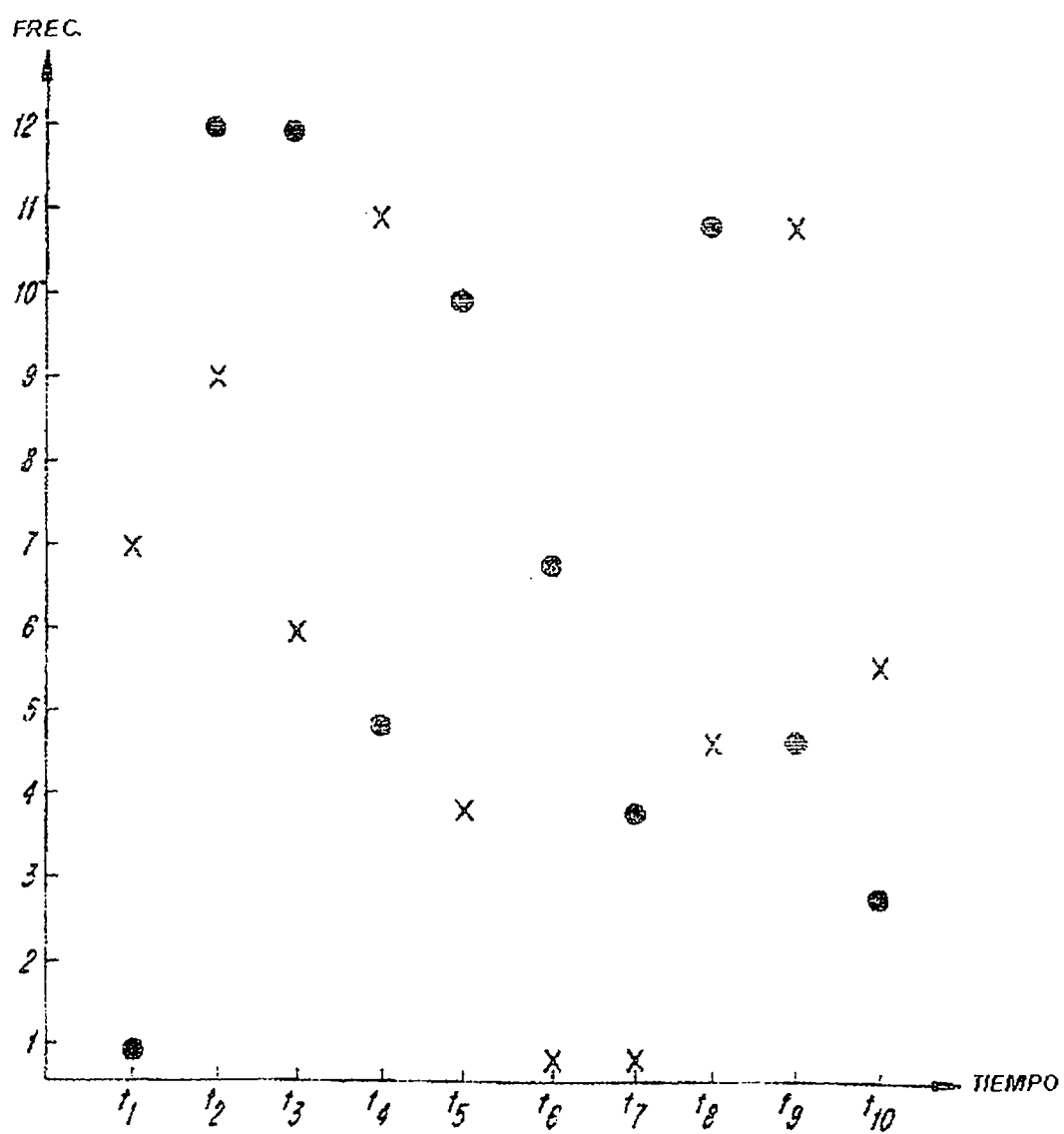


FIG. 4C

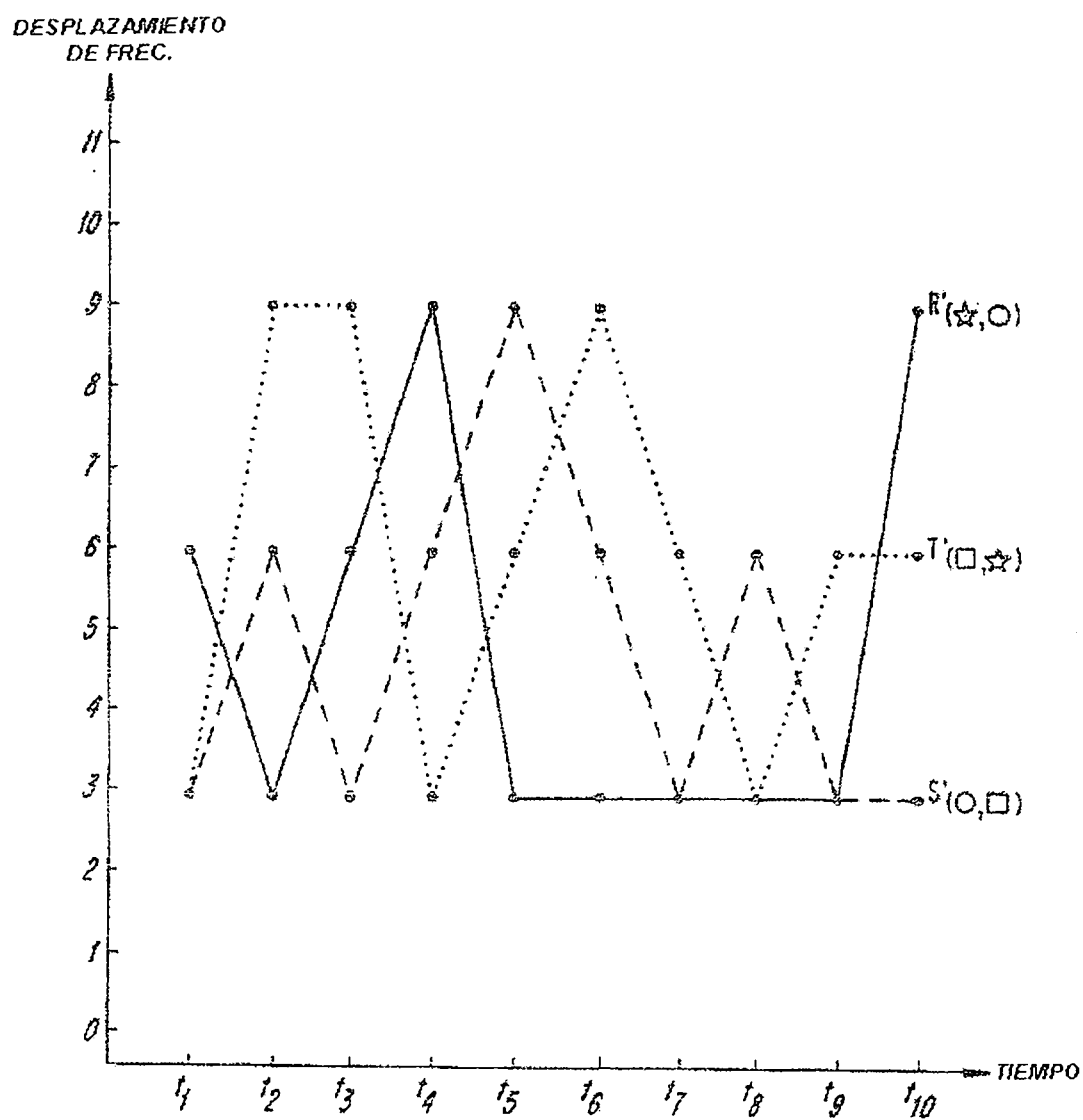


FIG. 4D

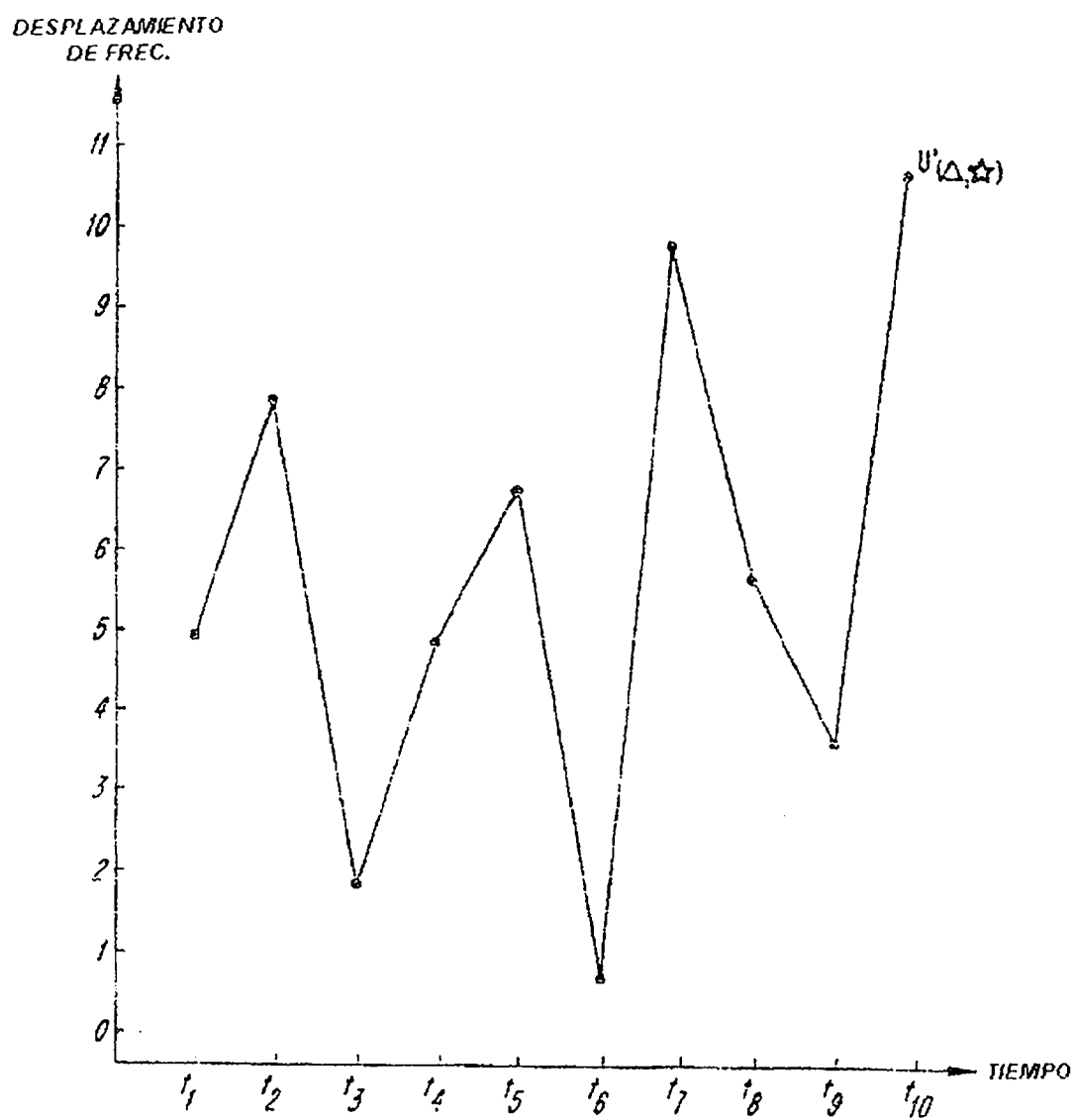


FIG. 4E

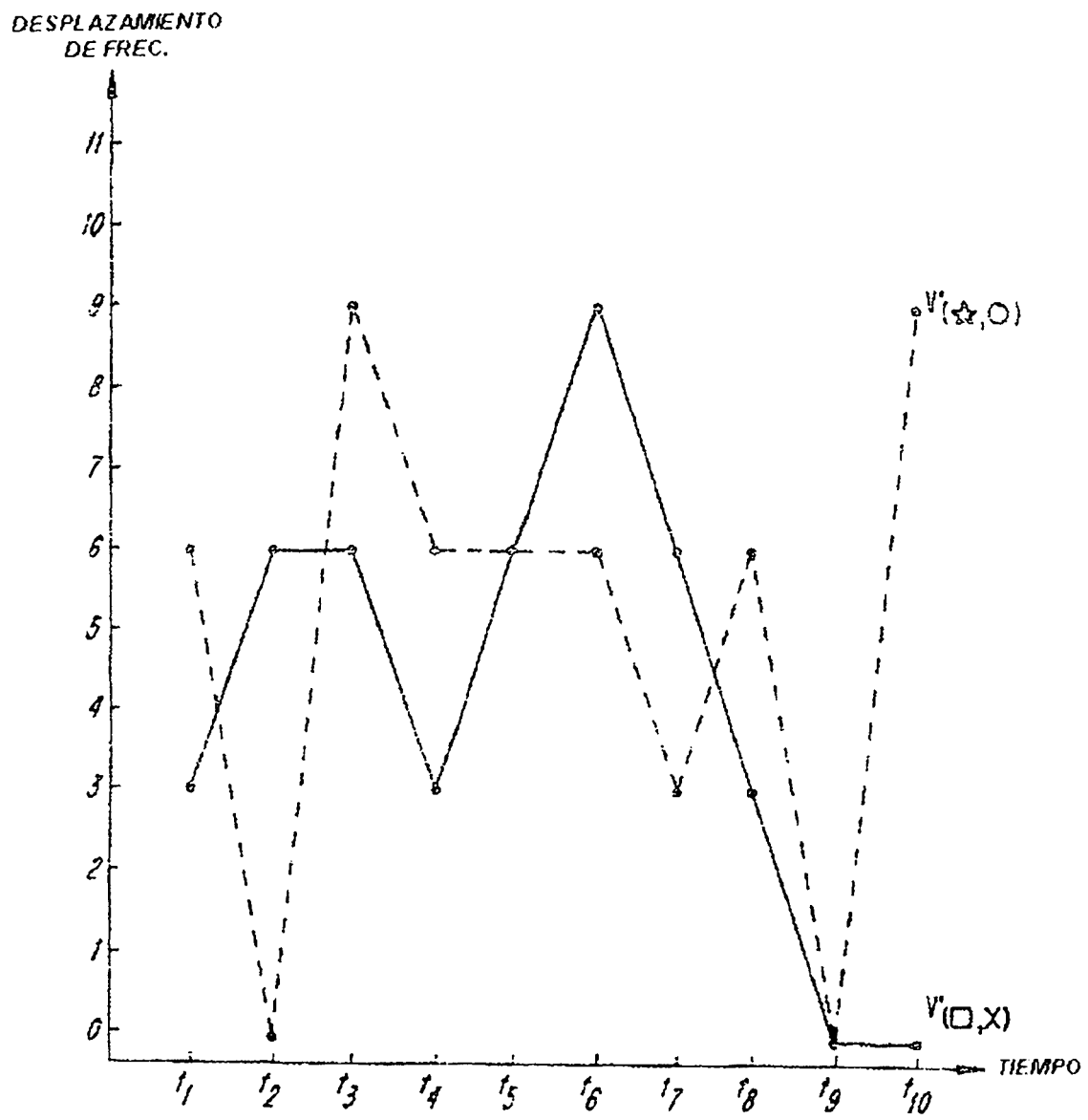


FIG. 4F