

Medidas del ruido de fase del
oscilador local del receptor
refrigerado a 45 GHz del CAY

Pablo de Vicente, Juan D. Gallego,
Alberto Barcia

Informe Técnico CAY 1990-3

1 Introducción

Se describen las medidas realizadas para determinar el comportamiento en fase del OL del Radiotelescopio del CAY con vistas a su caracterización para el experimento de VLBI a 43 GHz, que se realizó entre los días 21/6/90 y 27/6/90. Se llevaron a cabo tandas de medidas iniciadas los días 17/4/89, 5/4/90 y 4/6/90, pero este informe se centra en la última tanda que fué la que dió los resultados más definitivos una vez que se fueron corrigiendo diversas deficiencias detectadas en tandas anteriores.

Las medidas consistieron en inyectar una señal estable a 43 GHz por la bocina del receptor y observar la señal obtenida a la salida de la cadena completa de amplificación, después de las conversiones efectuadas por mezcla con el primer oscilador local, el segundo oscilador local y el oscilador local del convertidor de video. También se analizaron las señales presentes en la salida de FI del receptor y en la Salida Auxiliar de la FI del primer OL, que proporcionaron indicaciones útiles para localizar y corregir algunas deficiencias. El generador de la Señal de Prueba de 43 GHz y los diferentes OL's eran todos esclavos del mismo oscilador patrón (el máser de hidrógeno LHA 2) para mantener la coherencia en todos los puntos de la cadena.

Uno de los aspectos fundamentales de estas medidas fué el análisis de la señal de banda base obtenida a la salida del convertidor de video (BBC) del terminal de VLBI MK 2. Eligiendo adecuadamente las frecuencias de la Señal de Prueba (43 GHz) y de los OL's de la cadena, se obtiene en banda base (BB) una señal sinusoidal de baja frecuencia visible en un osciloscopio. Si a éste se le dispara con una señal coherente con el oscilador patrón (LHA 2) y la frecuencia de la señal BB es múltiplo de la de disparo, esta sinusoide debe permanecer fija en la pantalla del osciloscopio y tener aspecto nítido si los OL's y el generador de la Señal de Prueba son perfectos. Las fluctuaciones de fase en los osciladores se sumarán y aparecerán como fluctuaciones de fase en la señal BB del osciloscopio, que ensancharán el trazo de la sinusoide: la anchura de este trazo es la medida de la fluctuación pico a pico conjunta de las fases de los OL's y del generador de la Señal de Prueba, y da un límite superior a la fluctuación pico a pico de la fase de los OL's. De éste se deduce inmediatamente un límite superior a la reducción de la relación S/N debida a la pérdida de coherencia [1].

2 Generación de la Señal de Prueba

Se utilizó un mezclador armónico en guía de ondas en banda Q en cuya salida de FI se inyectó una señal de frecuencia próxima a 1 GHz generada por un sintetizador RACAL-DANA de elevada pureza espectral. En la primera tanda de medidas se utilizó un mezclador HUGHES 473724-1200 que se averió a causa de una sobrepotencia producida al accionar el interruptor de salida de RF del sintetizador. En las otras dos tandas se utilizó un mezclador armónico SIEMEL

HM-V.7 cuya eficiencia de conversión era unos 10 dB más baja. En cualquiera de los dos casos en el diodo se generaban armónicos de la señal inyectada por la FI que salían a través de la entrada de RF del mezclador y se radiaban hacia la bocina del receptor a través de una bocina THOMSON CO 33-50 (figs. 2 y 3).

El funcionamiento del mezclador como generador de armónicos se analizó con el montaje de la fig. 1. El armónico de banda Q generado por el mezclador SIEMEL es convertido a una FI observable en el analizador de espectros mediante el mezclador HONEYWELL. Las condiciones de la medida fueron las siguientes.

Frecuencia de salida del sintetizador: $F_{RD} = 1200$ MHz

Potencia de salida del sintetizador: $P_{RD} = 19$ dBm

Frecuencia oscilador Gunn: $F_{GUNN} = 44.47$ GHz

En estas condiciones, y optimizando la sintonía del mezclador SIEMEL para el armónico 36 de F_{RD} , se obtuvieron tres señales en la salida FI del mezclador HONEYWELL, de frecuencias:

$$F_1 = 1130 \text{ MHz}, F_0 = 1200 \text{ MHz}, F_2 = 1270 \text{ MHz}$$

La señal F_0 resultó ser la misma F_{RD} inyectada por el sintetizador, transmitida a través de ambos mezcladores hasta el analizador de espectros; F_1 y F_2 fueron,

$$F_1 = 38 \times 1200 - F_{GUNN} \text{ (armónico 38 entrando por la BLS)}$$

$$F_2 = F_{GUNN} - 36 \times 1200 \text{ (armónico 36 entrando por la BLI)}$$

El nivel de F_0 era, en principio, superior a los de F_1 y F_2 . Utilizando un aislador a la salida del mezclador SIEMEL dicho nivel se redujo considerablemente, quedando en 17 dB por debajo del de F_2 . Los niveles de F_1 y F_2 fueron:

$$P_1 = -76 \text{ dBm}, P_2 = -71 \text{ dBm}$$

con el cortocircuito de sintonía del mezclador SIEMEL optimizado para F_2 .

En las medidas con el receptor se comprobó que F_0 también estaba presente en la salida de FI una vez convertida por mezcla con el segundo OL de 1500 MHz, habiendo atravesado la bocina y el mezclador del receptor. Aparentemente el acoplamiento de dicha señal hacia el receptor se producía por radiación desde la bocina THOMSON, pues la misma desaparecía al interponer una placa metálica entre ambas bocinas, al igual que F_1 y F_2 .

3 Elección de la frecuencia

La frecuencia del klystron se eligió con dos condiciones:

1. Ser múltiplo de 10 KHz: esta condición se cumple siempre en observaciones VLBI pues permite que todos los telescopios vean la misma frecuencia en el cielo ajustando simplemente los OL's de los BBC — que pueden tomar valores múltiplos de 10 KHz — aunque las frecuencias de sus primeros OL's no sean las mismas.
2. Que se pudieran observar la línea $V = 1$ del SiO (43122 MHz) y la frecuencia de 43194.99 MHz (cuásares) sin necesidad de resintonizar al klystron al pasar de una a otra.

Se hubo de cumplir la condición:

$$f_{kly} = (f_{sint} \times N1 + 20) N2 + 350 \text{ MHz}, (N1 = 26, N2 = 11)$$

Para mayor sencillez se hizo que f_{kly} fuese un número entero de MHz y también $f_{sint} \times N1$. En este caso, también f_{VCO} era un número entero de MHz y f_{sint} y f_{VCO} podrían obtenerse a partir de cualquier generador sintetizado. Se eligieron los siguientes valores,

$$f_{sint} = 153.500000 \text{ MHz}$$

$$f_{kly} = 44471.00 \text{ MHz}$$

$$f_{VCO} = 4011.000000 \text{ MHz}$$

Con ello, las frecuencias citadas de los cuásares y del SiO aparecerán a la salida de la FI del receptor con los valores:

$$FI = 1500 - (44471 - 43194.99) = 223.99 \text{ MHz (cuásares)}$$

$$FI = 1500 - (44471 - 43122.00) = 151.00 \text{ MHz (SiO)}$$

La frecuencia del sintetizador RACAL-DANA se eligió de manera que a la salida del BBC se pudiera tener una frecuencia múltiplo de 60 Hz. Ello permitió disparar el osciloscopio con la señal de 60 Hz generada por el Formateador MK 2 a partir de los 5 MHz del Máser, y disponible en un conector de su panel frontal. De esta forma se podría obtener una senoide estable en la pantalla (excepto por las fluctuaciones debidas al ruido de fase, que es lo que se quería medir). Así pues:

$$1500 - (f_{kly} - N \times f_{RD}) - f_{BBC} = \frac{60}{1} \quad (1)$$

siendo:

$$f_{RD} = \text{frecuencia del sintetizador RACAL-DANA, } N = 36,$$

$$f_{BBC} = \text{frecuencia del OL del BBC.}$$

Se tiene,

$$1500 - (f_{kly} - 36 \times 1200) - 229 = 0$$

de donde,

$$1500 - (f_{kly} - 36 \times 1200.000100) - 229 = 3600\text{Hz} = \overline{60}$$

Se utilizó, por tanto:

$$f_{RD} = 1200.000100 \text{ MHz}$$

$$f_{BBC} = 229 \text{ MHz}$$

$$f_{sinusoide} = 3600 \text{ Hz}$$

4 Montajes utilizados

Se ensayaron esencialmente dos tipos de montaje, representados en las figs. 2 y 3. En el primer caso (fig. 2) el primer OL consta de dos redes PLL: la primera red engancha un VCO de ~ 4 GHz (oscilador de cavidad a transistores) a un sintetizador de VHF (~ 150 MHz); la segunda, engancha el klystron al VCO de 4 GHz. Esta configuración es la que se ha venido utilizando desde siempre para observaciones con antena única. En el segundo montaje (fig. 3), la frecuencia de ~ 4 GHz a la que se engancha la primera red se extrae directamente de un sintetizador o a través de un multiplicador de frecuencia $\times 4$ [2]. Se estudiaron, así, 5 configuraciones diferentes, denominadas, A, B, C, D y E según la manera de obtener la señal de 4 GHz de referencia para la red PLL del klystron (primer OL). Las 5 configuraciones se muestran en la fig. 4.

La configuración E (originalmente existente en el receptor) resultó inadecuada para VLBI por la presencia de una componente bastante notoria de modulación de fase debida a la red y una fluctuación de amplitud de origen desconocido sobre la señal de 3600 Hz de la BB. En particular esta fluctuación está ligada a la presencia del VCO de 4 GHz. La configuración A se concibió como una alternativa a la E en la que se suprimió dicho VCO y se utilizó un sintetizador de elevada pureza espectral pero de frecuencia limitada (< 1300 MHz).

Las configuraciones B y C se ensayaron como consecuencia de los defectos encontrados en la versión inicial de la A, para tratar de comprenderlos y para buscarle una alternativa en los primeros experimentos de VLBI. La configuración D se estudió como variante de la E para comprobar el efecto de un cambio de sintetizador. En el apartado 5 se discute todo esto con más detalle.

En las figs. 2 y 3 la referencia de 5 MHz utilizada para controlar todos los OL's y el generador de la Señal de Prueba se saca de la salida S3 del terminal

MK 2 a través de un condensador de $\geq 1 \text{ nF}$ que interrumpe el conductor central del cable coaxial, y que presenta una alta impedancia para la frecuencia de la red (50 Hz), pero baja para la referencia (5 MHz). Sin dicho condensador se producía una modulación de red de entre 160° y más de 360° pico a pico (según la forma de conectar los cables) sobre la señal de salida de 3600 Hz. No se ha encontrado explicación a este hecho que puede estar ligado a una reacción sobre el amplificador de salida del distribuidor del terminal MK 2, que presenta bastante distorsión.

5 Resultados

5.1 Configuraciones A y B

El comportamiento en ambas configuraciones fué similar y se discute conjuntamente. La única diferencia observada se refiere al nivel que hubo que aplicar a la salida de los dos sintetizadores para obtener el enganche ($\sim 1 \text{ dBm}$ en el caso A y 14 dBm en el B).

La indicación de enganche del detector de cuadratura del PLL vista en el osciloscopio resultó muy ruidosa. Esto se corresponde con un nivel de ruido también muy elevado dentro de la banda de 600 MHz del Filtro Paso Bajo de la FI del PLL, tal como se observa en la salida auxiliar del mismo (fig. 5). Dicho nivel estaba relacionado fuertemente con la potencia de salida del sintetizador. Sin duda, la explicación de estos hechos radica en la inyección hacia la FI del PLL de ruido de las bandas laterales del klystron por mezcla armónica de éstas con alguno de los armónicos de 1 GHz presentes a la salida del multiplicador $\times 4$ (por ejemplo el armónico 15 de 3 GHz o el 9 de 5 GHz). Este ruido aparecería como ruido aditivo a la entrada del detector de cuadratura y su nivel dependería del de los armónicos citados, o sea del de salida del sintetizador. Si bien la relación S/N a la salida del Filtro Paso Banda de 6 MHz de la cadena (fig. 5) es de unos 14 dB (ver espectros 10:54:21 y 09:24:09), esta relación puede ser mucho menor a la salida del amplificador limitador, saturado para la señal pero no para el ruido, explicando su aspecto en la salida del detector de cuadratura. Por otra parte, puesto que el ancho de banda del lazo PLL es sólo de unos 220 KHz, la relación S/N a la salida del mismo puede ser buena, dando un ruido de fase aceptable: así parece deducirse del espectro 13:44:08 de la Señal de Prueba a la salida de la FI del receptor y de su comparación con los espectros correspondientes 17:55:48, 11:10:29 y 12:26:05 de las configuraciones C, D y E (no se obtuvo un espectro similar para la configuración A por carecerse de Señal de Prueba). Se observó asimismo, que el nivel de la señal de 350 MHz y el del ruido en la cadena FI del PLL fluctuaban en sincronismo con la red (la fluctuación desaparecía al disparar con la red el barrido del analizador de espectros). Más tarde se comprobó (referencia [2]) que un fenómeno similar se daba con el nivel de los armónicos de 1 GHz a la salida del multiplicador de frecuencia $\times 4$ a causa de

un rizado en una de sus fuentes de alimentación. Suprimido éste, se espera que también haya desaparecido la citada modulación de amplitud que llegaba a 6 dB para un nivel de 15 dBm a la salida del sintetizador HP8340B.

En cuanto a la senoide de 3600 Hz derivada de la Señal de Prueba a la salida del BBC, se observó que se desdoblaba en dos con una periodicidad de ~ 1.8 segs. Tal desdoblamiento es indicativo de una modulación de fase inducida por la red (desaparecía al disparar con ella el osciloscopio) y seguramente se debe a la modulación en amplitud mencionada en el párrafo anterior (la separación entre senoideas desdobladas variaba con el nivel de salida del sintetizador de la misma forma que la modulación de amplitud). Es de esperar que también haya desaparecido. La fig. 6 da la forma de dicha senoide en su máximo desdoblamiento.

En la Sección Espectros se incluyen espectros en toda la banda de la FI del PLL, así, como de la portadora de 350 MHz, y también de la Señal de Prueba a la salida de la FI del receptor (para la configuración B).

Con vistas a la utilización de la configuración A como configuración definitiva, tanto para observaciones de antena única como de VLBI, las mejoras a realizar consisten en eliminar el rizado de la fuente de alimentación y los armónicos distintos de 4 GHz del multiplicador $\times 4$. Dichas mejoras están en vías de realización (referencia [2]).

5.2 Configuración C

La referencia de 4 GHz del PLL del klystron sale directamente del sintetizador HP8340B. No hay armónicos presentes que puedan inyectar ruido de las bandas laterales del klystron hacia la cadena de FI del PLL (compárense, por ejemplo, los espectros 17:31:44 y 10:50:44 ó 08:30:09, 17:24:02 y 10:54:21)

Como consecuencia de lo antedicho, la indicación de enganche del detector de cuadratura aparece limpia en el osciloscopio, no se aprecia modulación de amplitud en la portadora de 350 MHz de FI del PLL ni en el nivel de ruido (muy bajo), y la senoide de 3600 Hz derivada de la Señal de Prueba en la banda base no tiene modulación de fase debida a la red: en la pantalla del osciloscopio se ve como una senoide única con ruido superpuesto (debido al ruido de fase del generador de Señal de Prueba y la cadena de OL's). Su forma se muestra en la fig. 6. La amplitud pico a pico del ruido de fase, de aspecto aleatorio, fue de 32° .

5.3 Configuraciones D y E

Como en el caso anterior, la ausencia de armónicos y subarmónicos de la frecuencia de 4 GHz determinó que el nivel de ruido aditivo en la cadena FI del PLL fuese bajo (espectros 11:50:40 y 12:14:31, 10:58:10 y 12:16:13). Los dos últimos (10:58:10 y 12:16:13) difieren de su homólogo de la configuración C (17:24:02) por la presencia de las faldas de ruido a menos de 1 MHz de la portadora. Puesto

que la señal de FI de 350 MHz se obtiene por batido del klystron y el armónico 11 de la referencia de 4 GHz y el ancho de banda del PLL del klystron es de 220 KHz (22 KHz para el PLL del VCO de 4 GHz), el ruido observado entre 220 KHz y 1 MHz de la portadora será resultante de la combinación del debido al klystron oscilando libremente (fuera de la banda de su PLL) y el armónico 11 de los 4 GHz (sintetizador o VCO de 4 GHz oscilando libremente). El hecho de que en el espectro 17:24:02 no existan faldas en la citada región de frecuencias alrededor de la portadora sugiere que las mismas, en los espectros 10:58:10 y 12:16:13, son debidas exclusivamente al oscilador del VCO de 4 GHz (armónico 11) en oscilación libre. Dicho ruido, sin embargo, no debe afectar a la calidad del OL del receptor por estar fuera de la banda de respuesta del PLL del klystron, cuyo espectro se asemejará más bien al 17:24:02.

La senoide de 3600 Hz obtenida de bajar la Señal de Prueba a la banda base tenía el aspecto indicado en la figura 6. En ambas configuraciones D y E había una modulación en fase debida a la red, más importante en la configuración D, en que la senoide llegaba a verse desdoblada en 3 que se recomponían periódicamente. Además de esto, la curva presentó un aspecto "aserrado", quizá debido a saltos bruscos de fase separados por intervalos temporales equivalentes a una fracción muy pequeña del periodo de la senoide y de amplitud varias veces menor que 2π .

5.4 Comentarios adicionales

Los espectros 14:31:41, 17:25:00, 11:03:31 y 12:21:07 cubren una banda comprendida dentro de la banda de respuesta del PLL del klystron (220 KHz) y corresponden a una señal que se obtiene por batido entre el klystron y su correspondiente referencia. Si el PLL del klystron fuese perfecto, la fase del mismo debería seguir fielmente a la fase de su referencia, por lo que la fase de la señal de FI de 350 MHz (diferencia entre ambas) debería ser constante: en otras palabras, la citada señal no debería tener ningún ruido de fase ni ninguna modulación y su espectro sería una raya pura. Cualquier desviación observada en los espectros antes citados dará una medida inmediata de lo que se desvía el PLL del klystron del comportamiento ideal.

En los espectros 17:25:00 (configuración C), 11:03:31 (configuración D) y 12:21:07 (configuración E), las dos únicas desviaciones observadas corresponden a las rayas de modulación presentes entre 1.68 KHz y 3.36 KHz de la portadora, debidas a las vibraciones producidas por el sistema de refrigeración, y que el PLL del klystron es capaz de reducir hasta un nivel de unos -50 dBc, pero no de anular totalmente. El restante ruido de fase visible en dichos espectros es, en realidad, ruido de fase del oscilador local del analizador de espectros. Esto se comprobó comparando los espectros 17:25:00, 11:03:31 y 12:21:07 con los obtenidos al observar, con el mismo analizador, dos señales de gran pureza a 10 MHz y 150 MHz: aquellos resultaron perfectamente superponibles con estos últimos, excepto en el rango de 1.68 KHz a 3.36 KHz de la portadora, donde

aparecían las citadas rayas de modulación por vibración mecánica.

El ruido de fase en el espectro 14:31:41, configuración B, no cae tan rápidamente como en los anteriores, y así tiene un nivel unos 8 dB por encima de aquellos a 5 KHz de la portadora. Seguramente esta diferencia es debida al ruido aditivo presente en toda la banda de la FI del PLL en las configuraciones que usaban el multiplicador por 4 (A y B).

Los espectros 13:44:08 y 13:21:15 (configuración B); 17:55:48 y 17:52:34 (configuración C); 11:10:29 y 11:14:20 (configuración D), y 12:26:05 y 12:30:15 (configuración E) corresponden a la Señal de Prueba tal como se ve a la salida de la FI del receptor. Puesto que el ruido de fase de la citada señal es despreciable frente al de los espectros anteriores, se puede considerar que éstos dan una medida del ruido de fase de la cadena de OL's del receptor en las distintas configuraciones. Para las configuraciones B, C y D, los espectros son coherentes con los resultados que cabría esperar por cálculo si en lugar de las especificaciones garantizadas para el sintetizador HP 8340B se toman los valores típicos, y se tiene en cuenta un coeficiente de 1.2 en el cálculo del ancho de banda equivalente de ruido de los filtros de frecuencia intermedia del analizador de espectros, a causa de su respuesta gaussiana. Así por ejemplo, en la referencia [3] (página 5) se da un nivel de ruido de fase típico para el sintetizador citado de $\simeq -95$ dBc/Hz entre 1 KHz y 6 KHz de la portadora, que traducido a las condiciones en que se efectuó la medida del espectro 13:21:15 (resolución 100 Hz y armónico 4×11), correspondería a:

$$-95 + 10 \log(4 \times 11)^2 + 10 \log(1.2 \cdot 100) = -41 \text{ dBc}/100\text{Hz}$$

que se corresponde muy bien con el resultado medido.

En el caso de los espectros de la configuración E, sintetizador GR-1061, para lograr la coherencia entre cálculos y medidas habría que asumir un nivel de ruido de fase, por ejemplo a 5 KHz de la portadora, de -110 dBc/Hz, por encima del ruido de fase residual típico indicado por el fabricante del sintetizador y por debajo del nivel de -105 dBc/Hz estimados a partir de medidas efectuadas en la ETSIT (referencia [4], página 122).

Los resultados obtenidos más arriba indican que, mientras no se concluyan las modificaciones previstas en la configuración A para eliminar el ruido atribuido a los armónicos indeseados de 1 GHz, la configuración C es más adecuada para efectuar observaciones de VLBI. Admitiendo que el ruido de fase de 32° pico a pico medido en dicha configuración (fig. 6) tenga una distribución gaussiana, se deduce una coherencia por fluctuaciones de corto periodo de (referencia [1]):

$$C_F = \exp[-\overline{(\Delta\phi)^2}] = 0.98$$

donde $\overline{(\Delta\phi)^2}$ es el valor cuadrático medio (rad^2) de la fluctuación de fase ($\sqrt{\overline{(\Delta\phi)^2}} = 1/3$ de la fluctuación pico a pico). En consecuencia sólo hay que esperar una reducción del 2 % en la relación SNR por efecto del ruido introducido por los OL's del receptor con la configuración mencionada. El efecto

total debido a dichos osciladores será, sin embargo, peor pues al ruido anterior habrán de añadirse las fluctuaciones y derivas de la referencia (másér LHA 2).

Por último cabe mencionar la existencia de una deriva en la senoide de 3600 Hz de la banda base respecto de la señal de disparo de 60 Hz, cuyo origen se desconoce por el momento. Dicha deriva se manifestó en un adelanto de fase de la senoide respecto de la señal de disparo con un ritmo que iba de 2π rads/6 minutos a 2π rads/20 minutos. Se detectó este fenómeno con las configuraciones C y E, las únicas en las que se le prestó atención, pero probablemente común a todas ellas.

Referencias

- [1] Weinreb, S., "Short Term Phase Stability Requirements for Interferometer Coherence" NRAO Electronics Div. Internal Report N. 233, June 1983.
- [2] Juan E. Garrido, Alberto Barcia, P. de Vicente, "Multiplicador de frecuencia de 1 a 4 GHz para el PLL del receptor refrigerado a 45 GHz". Informe Técnico CAY 1990-2
- [3] HP application note 329: *Microwave Signal sources. Spectral Purity Characteristics of HP Microwave Signal Sources.*
- [4] Besada, J.L., "Contribución al desarrollo de osciladores estables para Radioastronomía Molecular". Tesis Doctoral UPM/ETSIT/GE/18/78, Diciembre 1978.

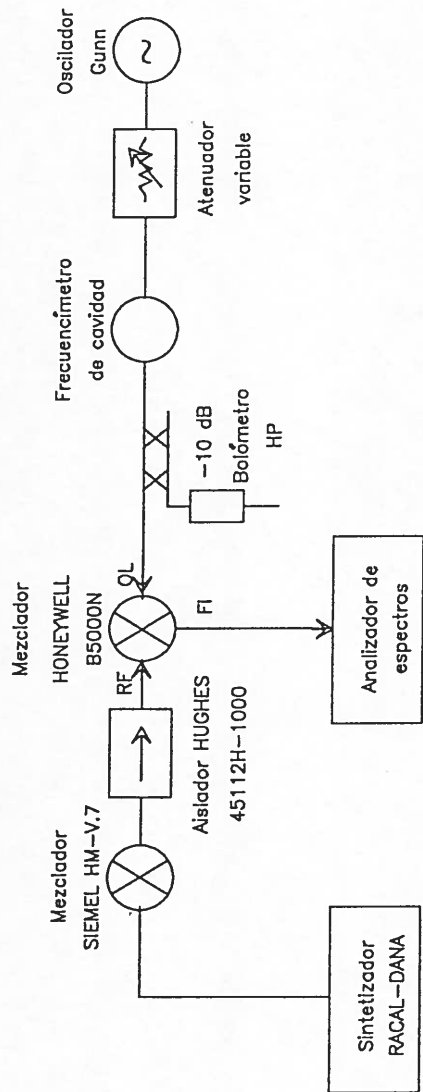


Figura 1

Montaje para caracterizar el mezclador SIEMEL como generador armónico

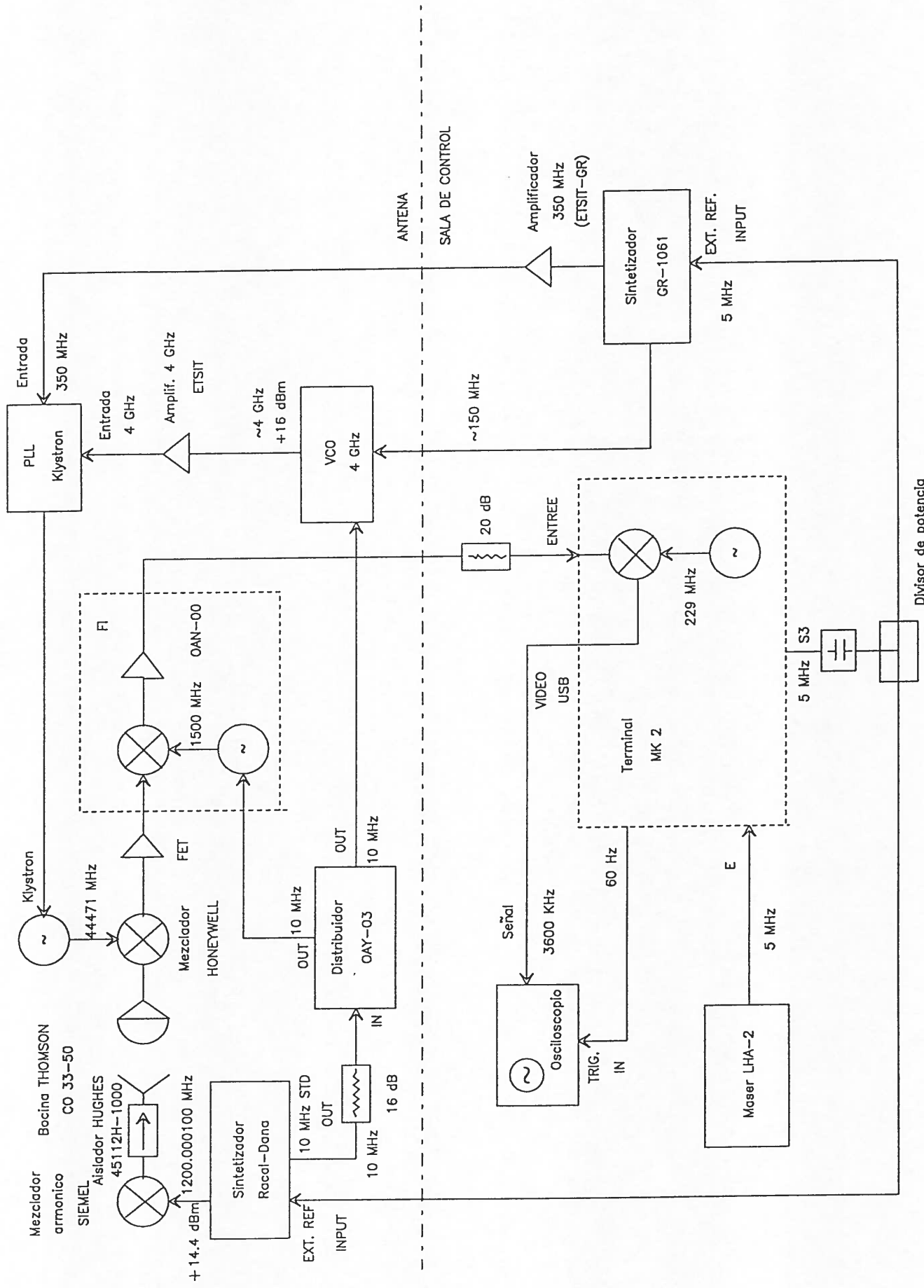
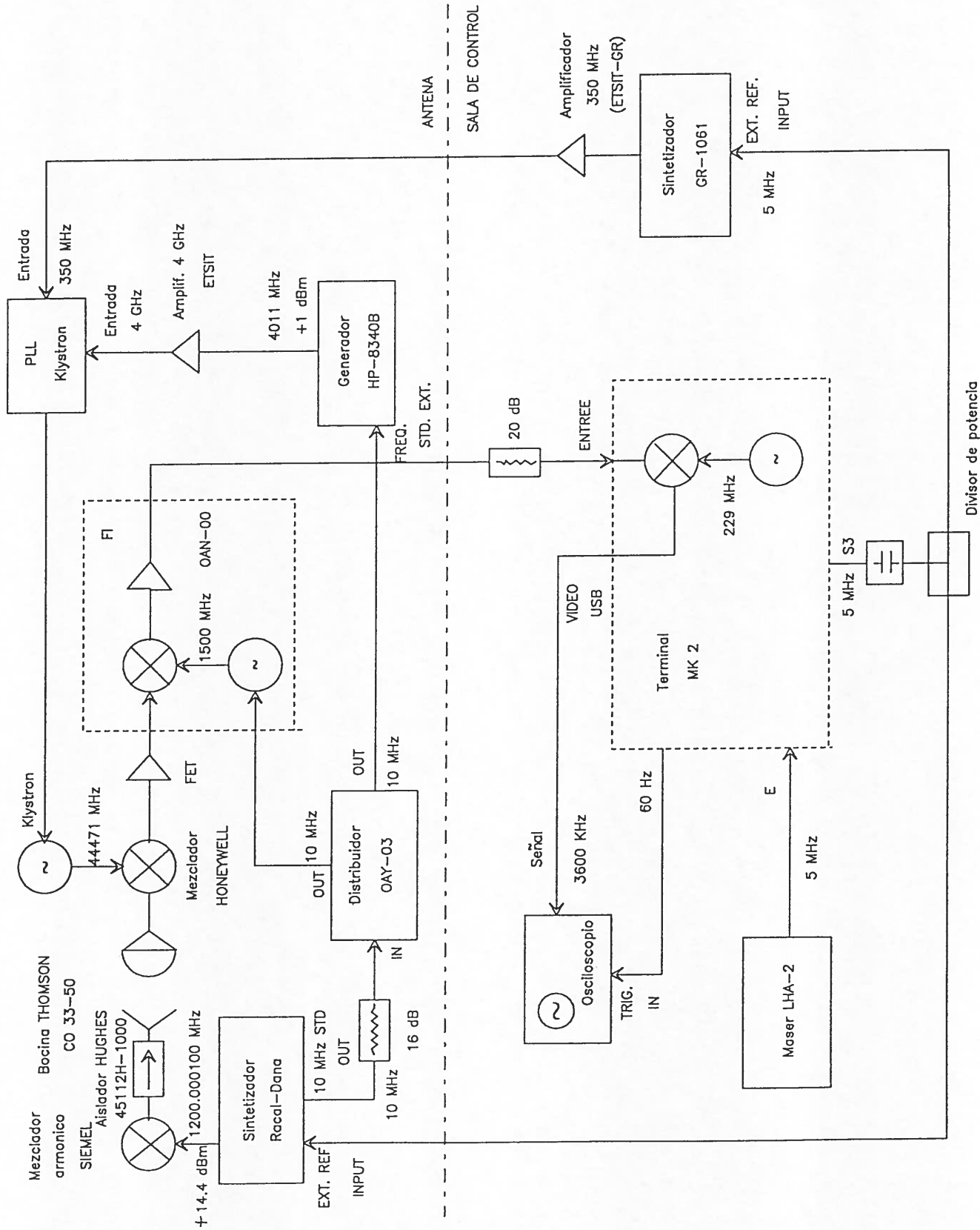
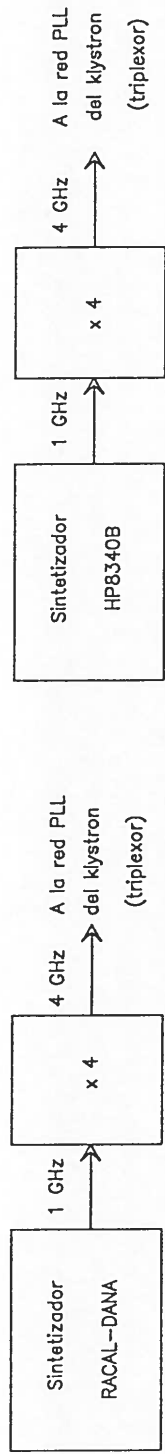


Figura 2
Mini-Circuits ZSC-2-1

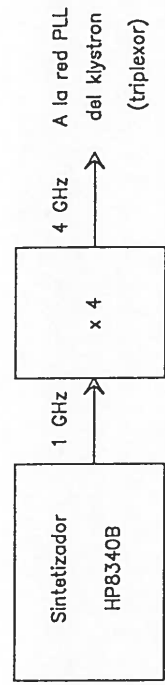


Mini-Circuits ZSC-2-1

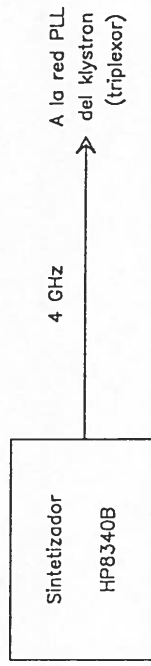
Figura 3



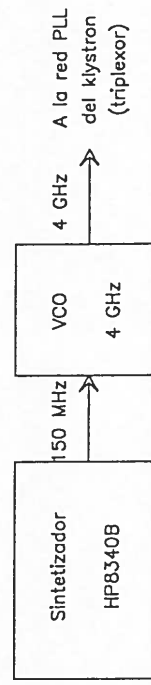
Configuración A



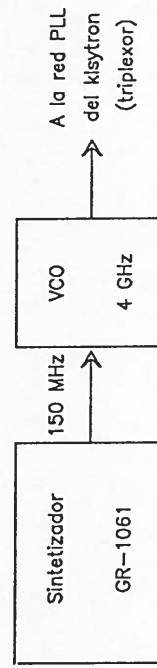
Configuración B



Configuración C



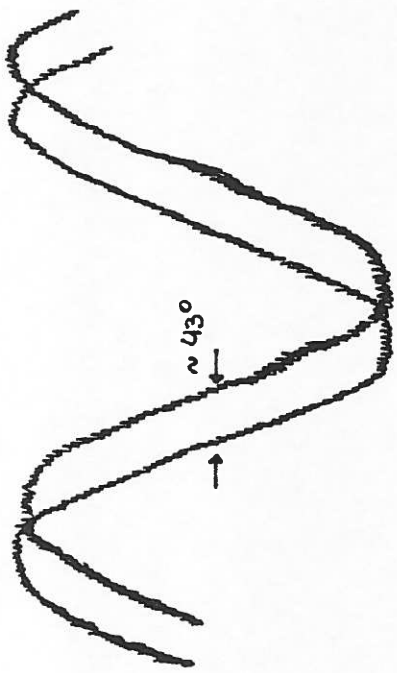
Configuración D



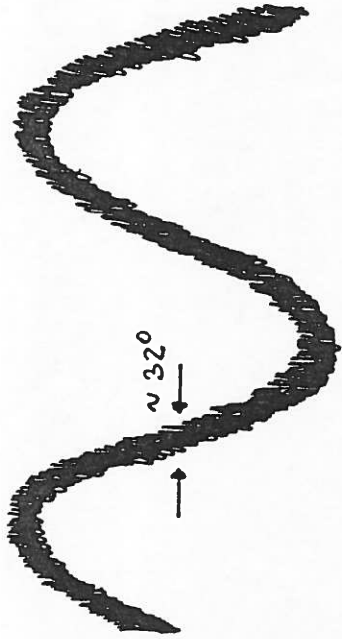
Configuración E

Figura 4

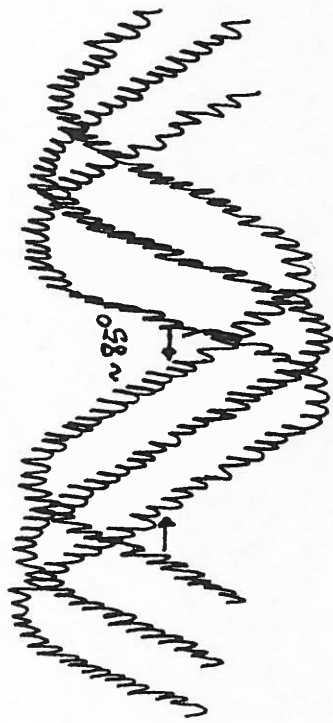
Configuraciones ensayadas para la referencia de 4 GHz



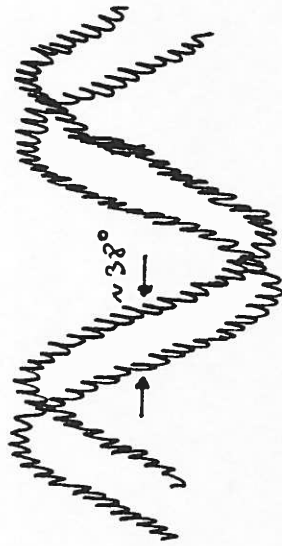
Configuracion B



Configuracion C



Configuracion D



Configuracion E

Figura 6

Aspecto de la senoide de 3600 Hz (BB) con distintas configuraciones

Espectros

Configuracion A

-20 dBm

10 dB/

350 MHz

08:30:09 06 JUN 90

Salida 350 MHz PLL (test point)

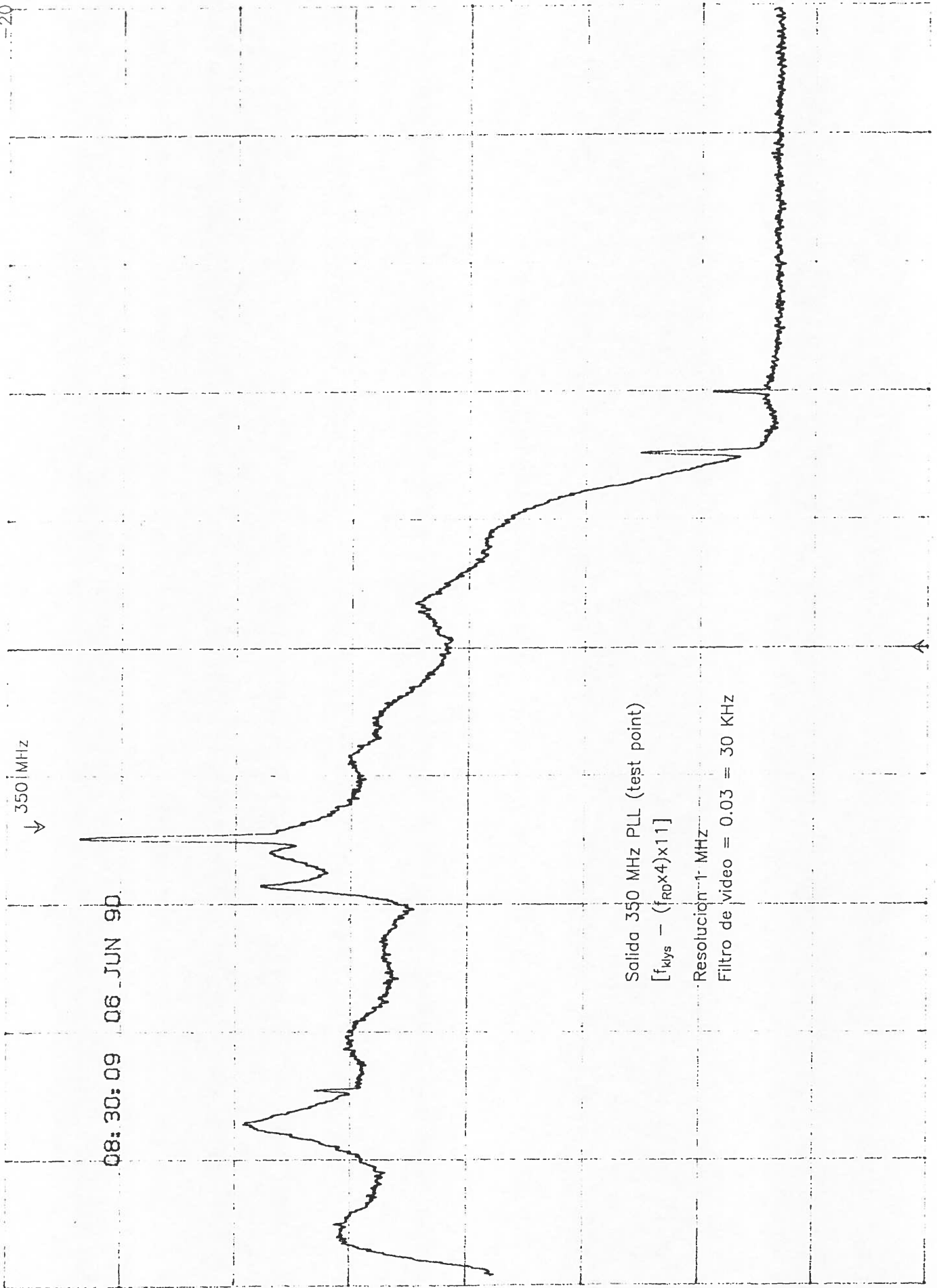
$[f_{klys} - (f_{RD} \times 4) \times 11]$

Resolucion = 1 MHz

Filtro de video = 0.03 = 30 KHz

100 MHz/

0.503 GHz

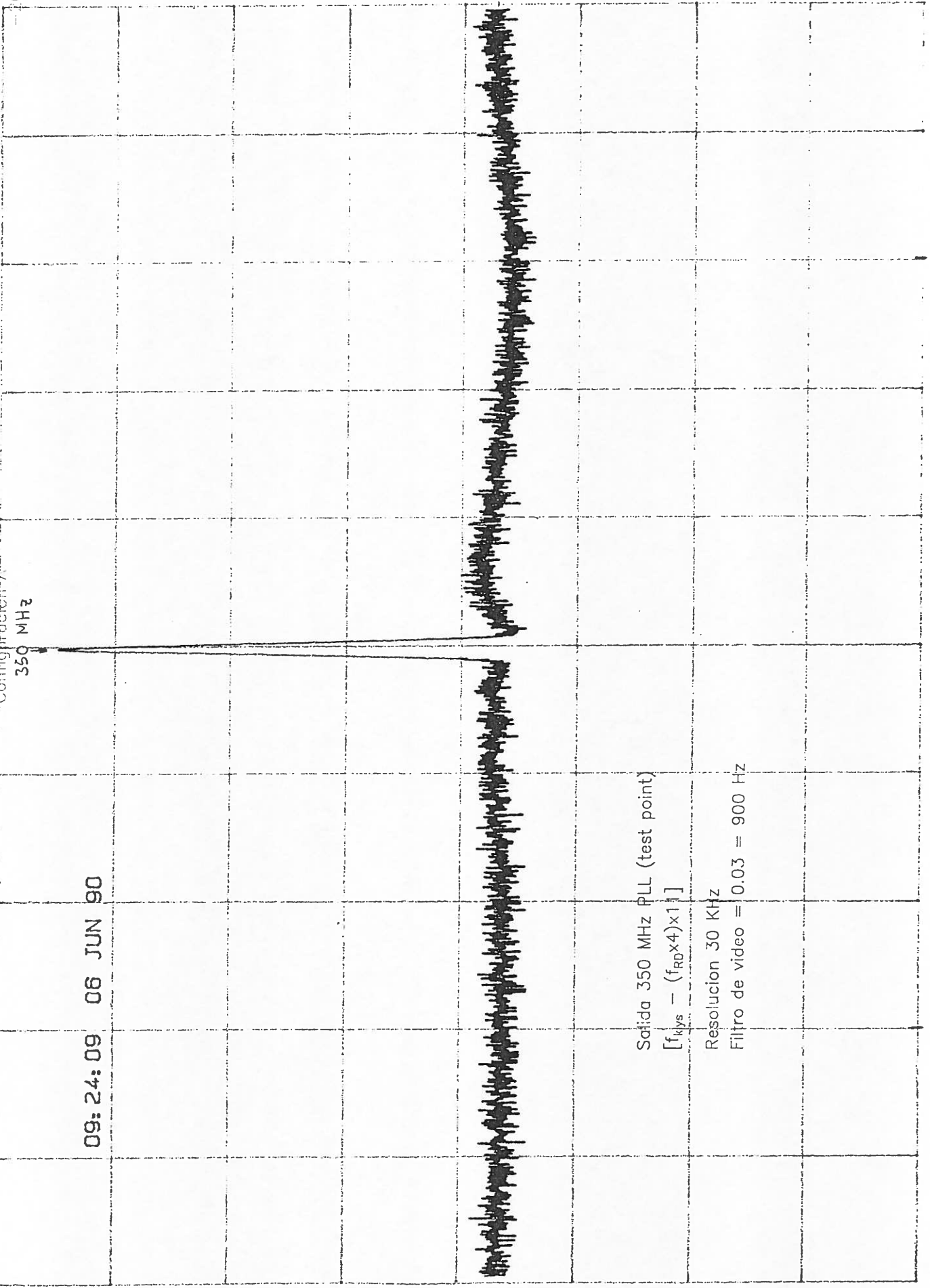


Configuración /
350 MHz

09:24:09 06 JUN 90

Salida 350 MHz PLL (test point)
[f_{klys} - (f_{RD} × 4) × 1]

Resolución 30 KHz
Filtro de video = 0.03 = 900 Hz



10 dB/

Configuracion A

20 dBm

350 MHz

18:33:21 05 JUN 90

10 dB/

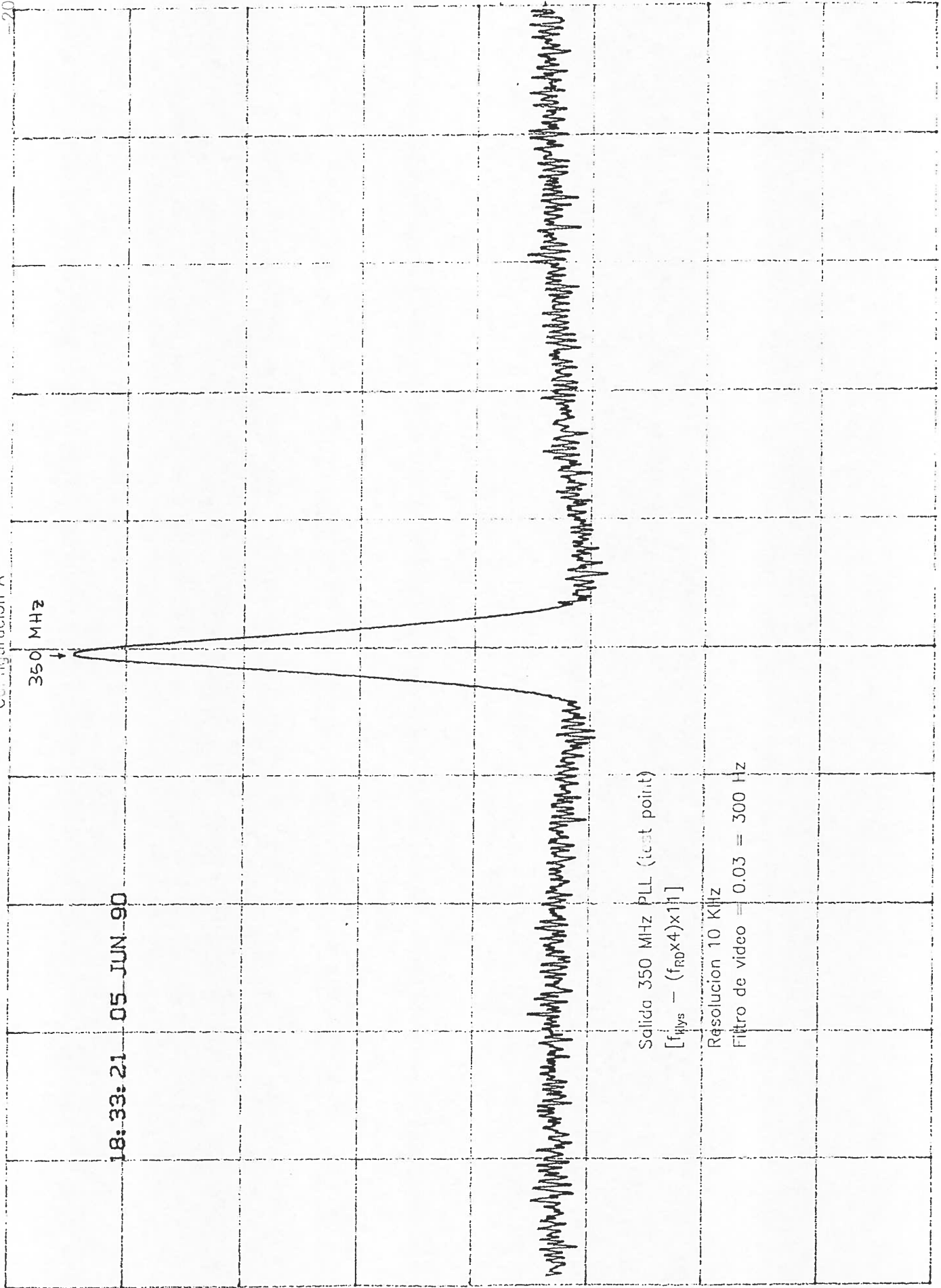
Salida 350 MHz PLL (test point)

$[f_{\text{flys}} - (f_{\text{RD}} \times 4) \times 11]$

Resolucion 10 KHz

Filtro de video = 0.03 = 300 Hz

100 KHz/



Configuracion B

-20 dBm

10 dB/

350 MHz

10:50:44 06 JUN 90

Salida 350 MHz PLL (test point)

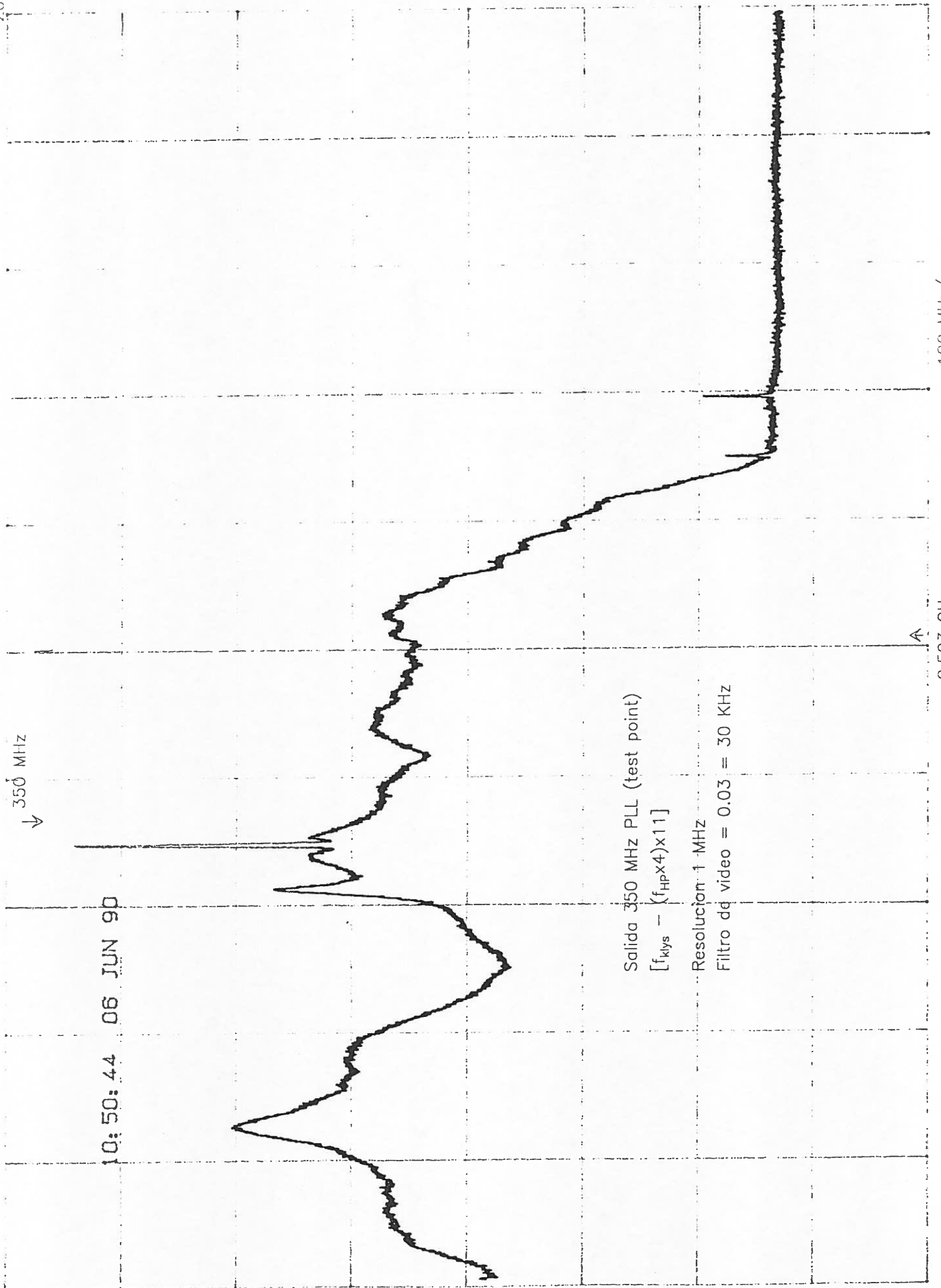
$[f_{klys} - (f_{HP} \times 4) \times 11]$

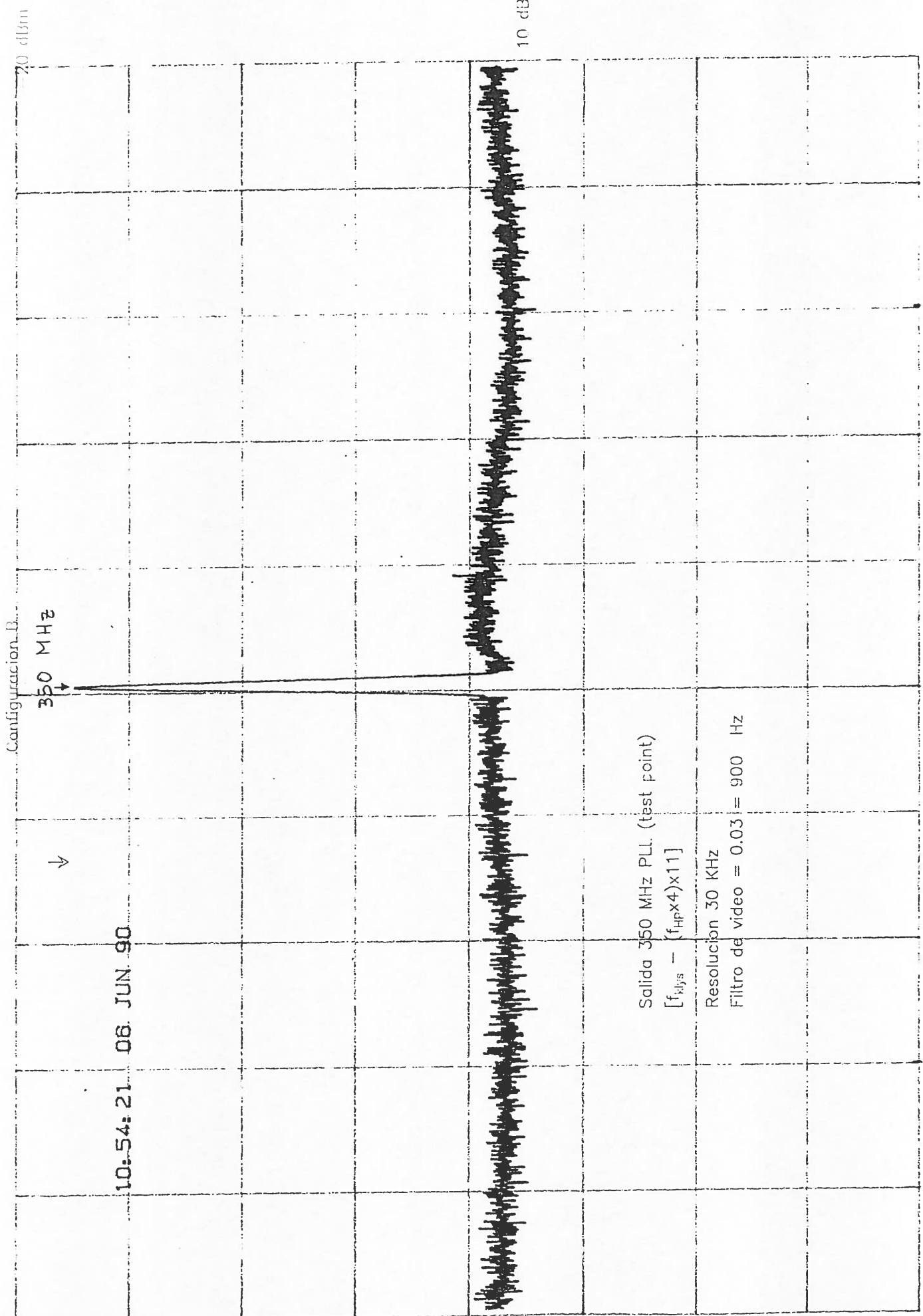
Resolucion 1 MHz

Filtro de video = 0.03 = 30 KHz

100 MHz/

0.503 GHz





Configuration B

350 MHz

10:57:58 06 JUN 90

Salida_350_MHz_PLL (test_point)

[f_klys - (f_HP*4)*1]

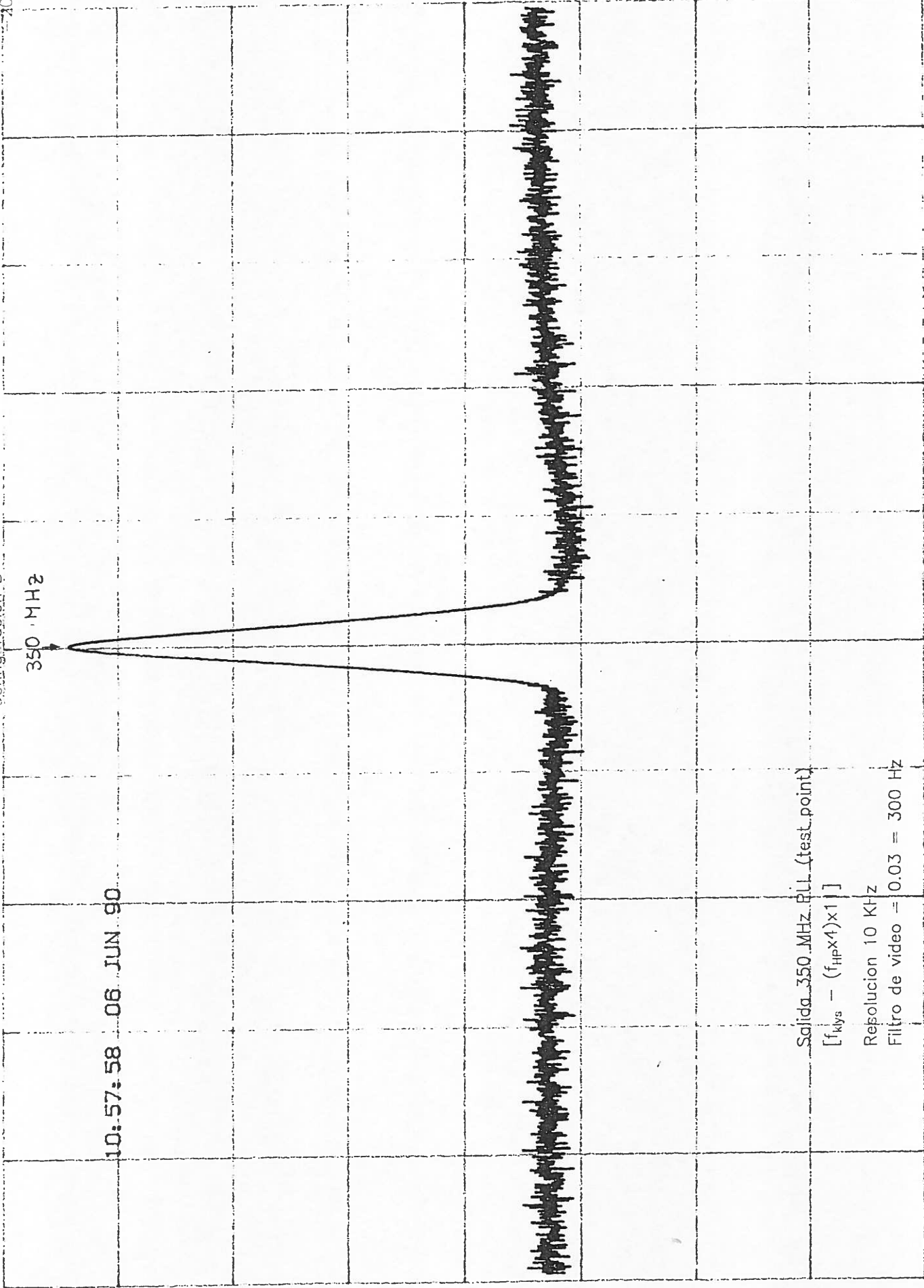
Resolucion 10 KHz

Filtro de video = 0.03 = 300 Hz

20 dBm

10 dB/

100 KHz/



Configuracion B

-20 dBm

14:31:41 06 JUN 90

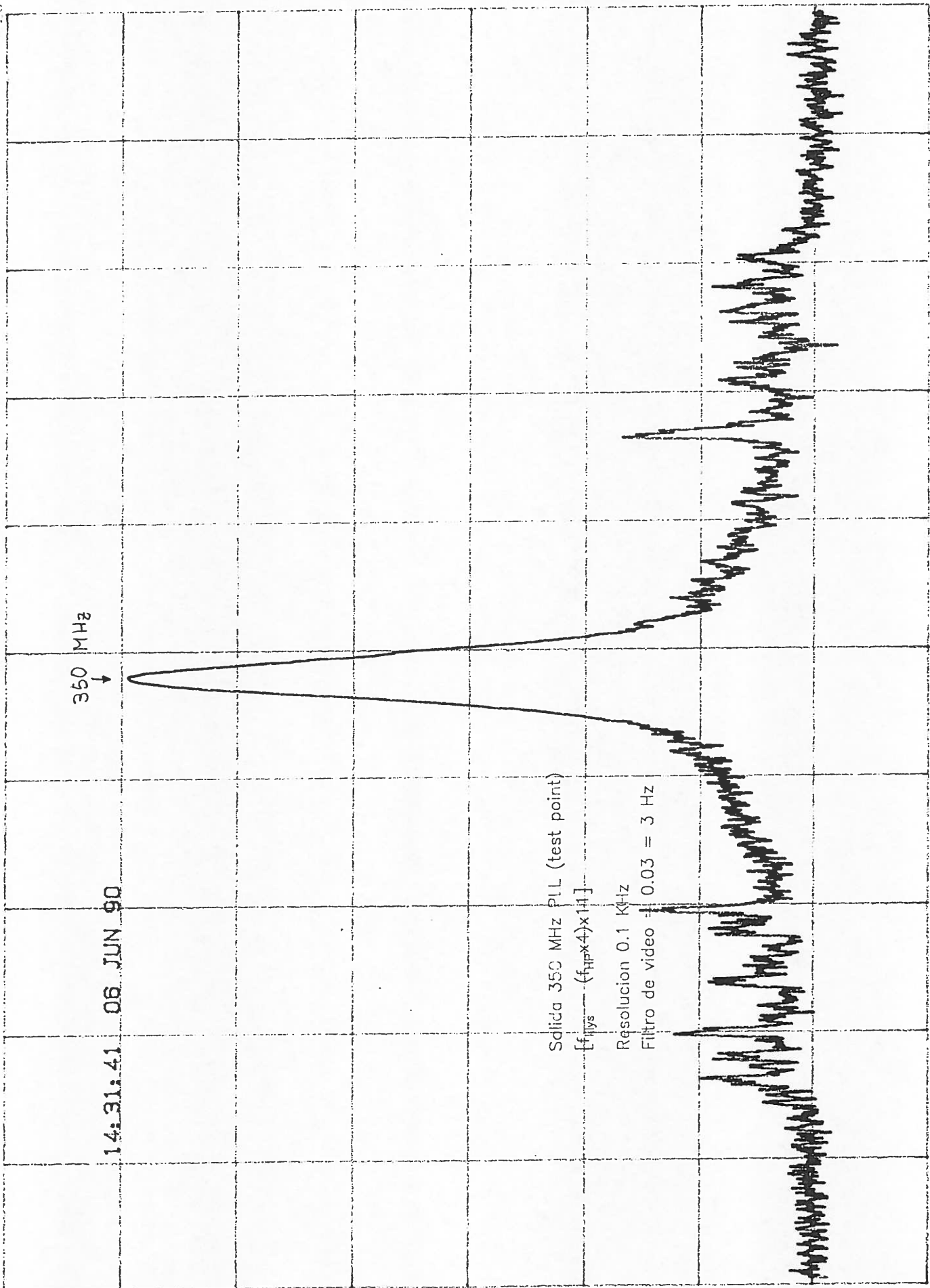
350 MHz
↓

Salida 350 MHz PLL (test point)
[f_{PLL} - (f_{HPX4})x11]

Resolucion 0.1 KHz
Filtro de video = 0.03 = 3 Hz

10 dB/

1 KHz/



Configuración B

13:44:08 06 JUN 90

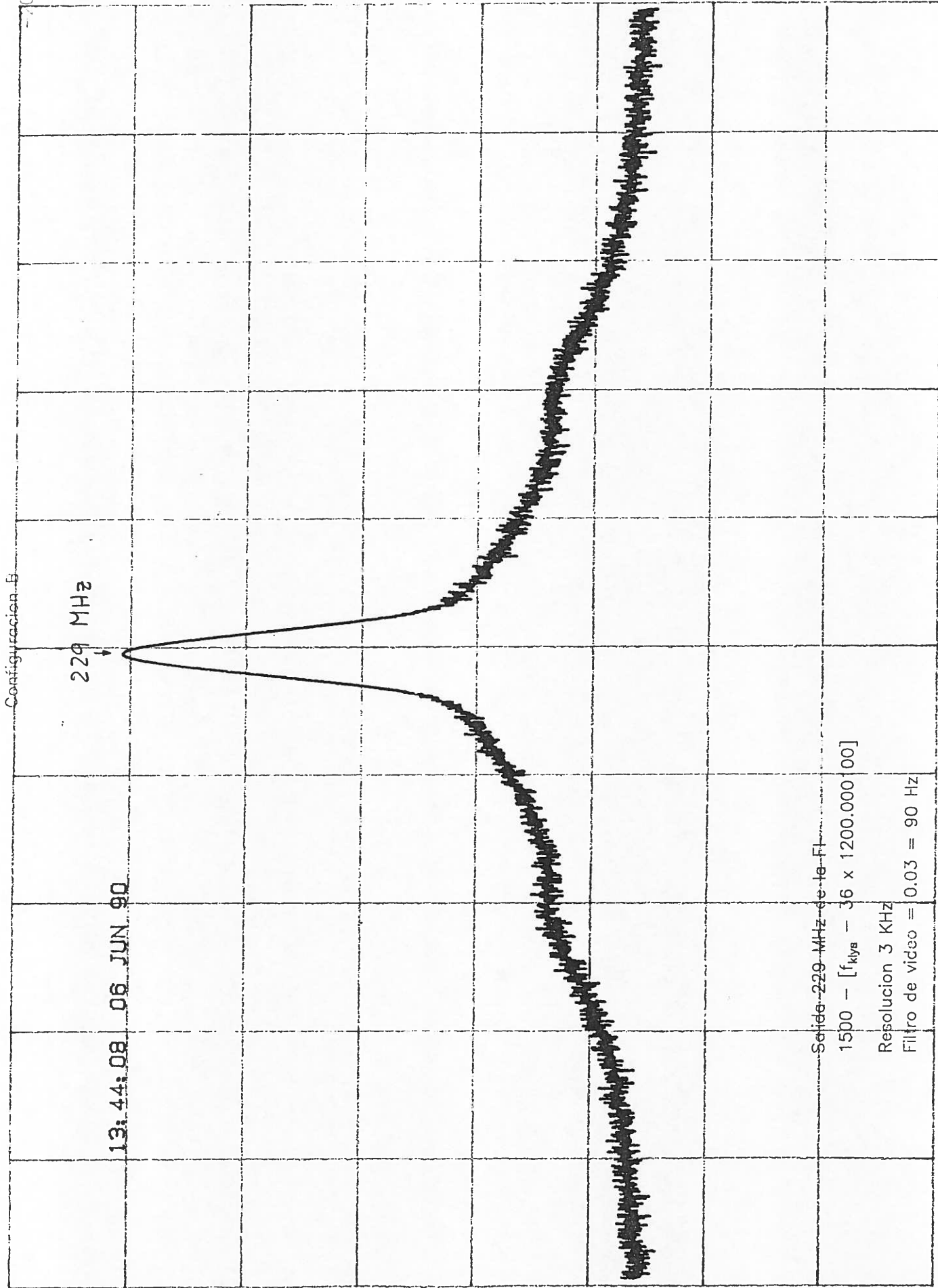
229 MHz

Señal: 229 MHz de la FT
1500 - [f_{klys} - 36 x 1200.000100]
Resolución 3 KHz
Filtro de video = 0.03 = 90 Hz

-70 dBm

10 dB/

20 KHz/



Configuracion B

-20 dBm

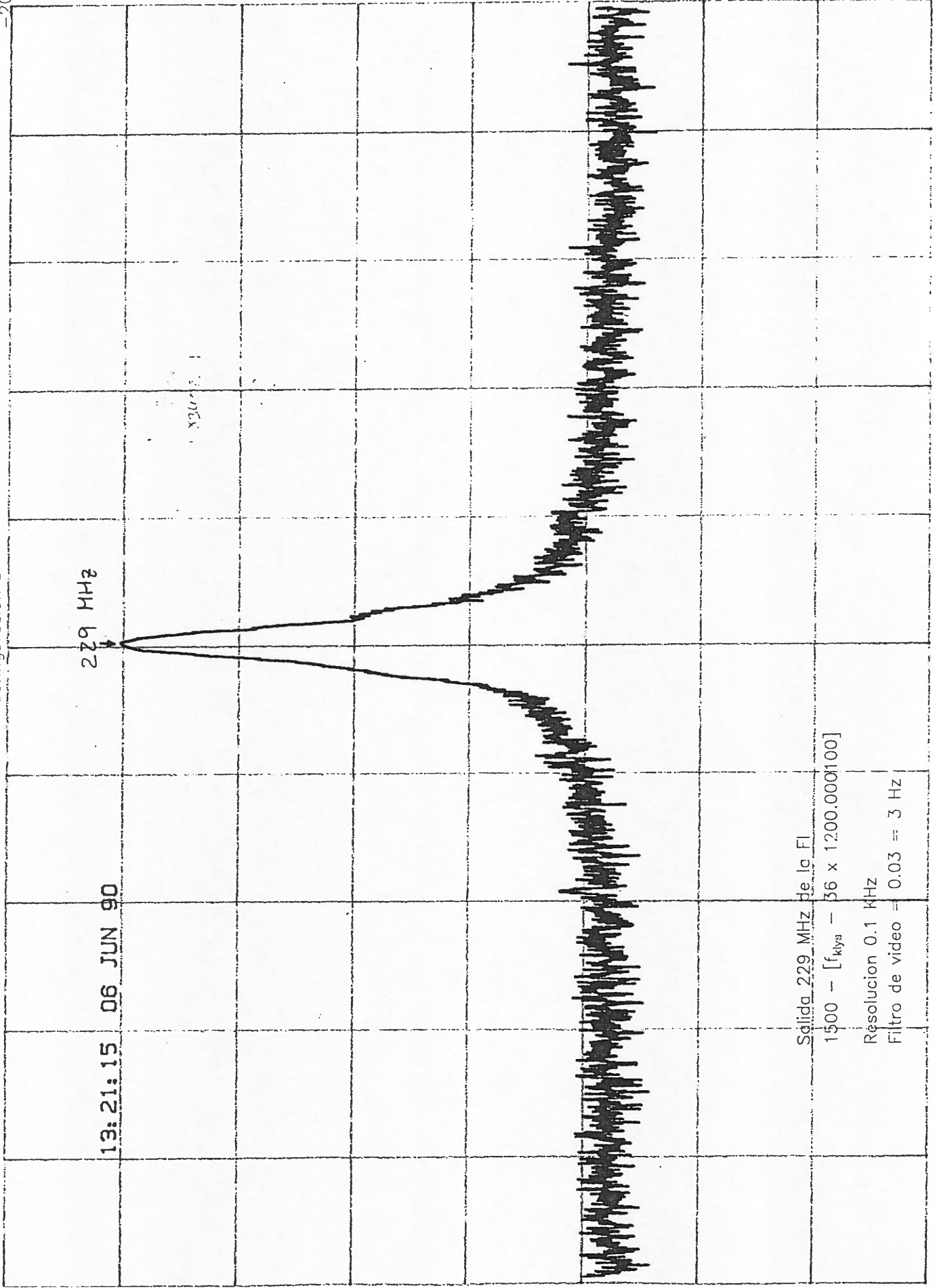
13:21:15 06 JUN 90

229 MHz

10 dB/

Salida 229 MHz de la FI
1500 - [f_{kHz} - 36 x 1200.000100]
Resolucion 0.1 kHz
Filtro de video = 0.03 = 3 Hz

1 kHz/

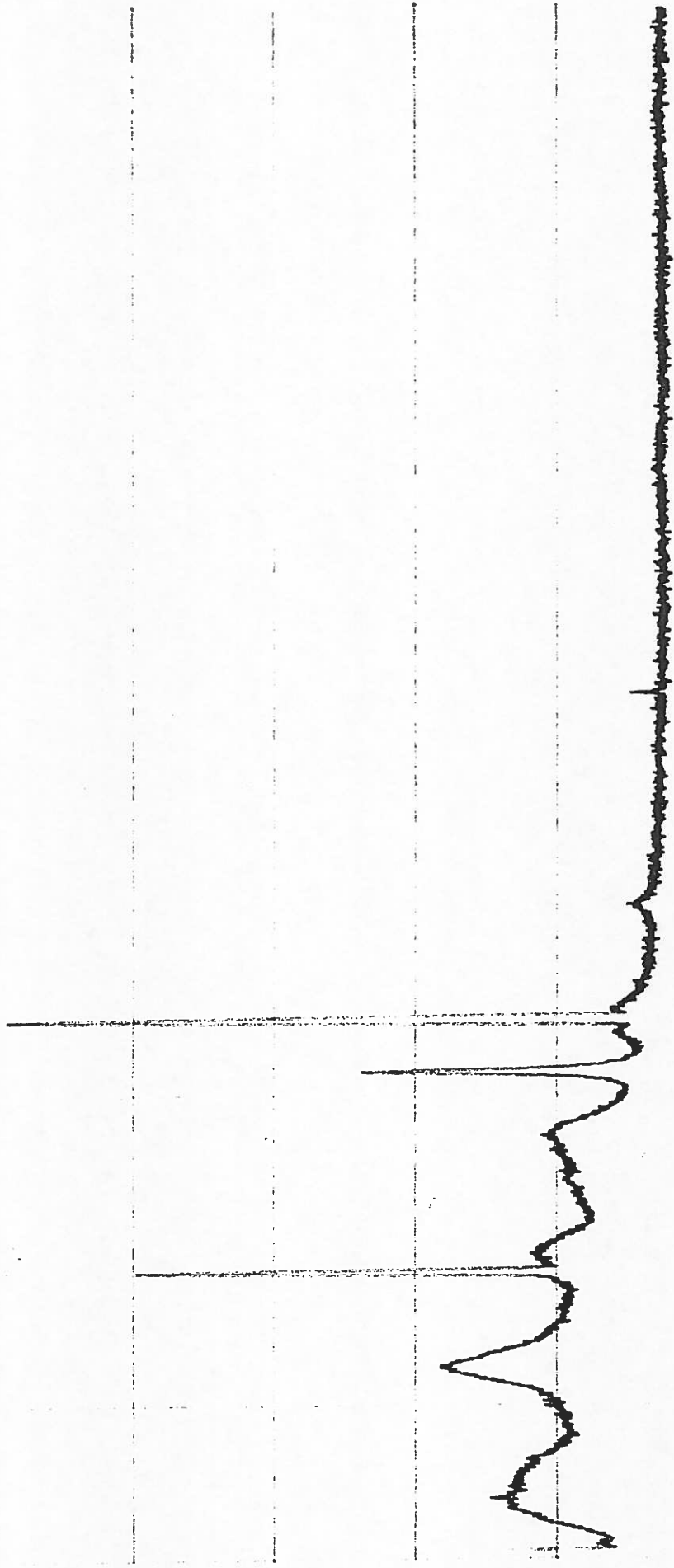


Configuracion C

-20 dBm

350 MHz

17:31:44 06 JUN 90



10 dB/

100 MHz/

0.503 GHz

Salida 350 MHz PLL (test point)

[f_klys - f_HPX11]

Resolucion 1 MHz

Filtro de video = 0.03 = 30 KHz

Configuracion C

17: 24: 02 06 JUN 90

350 MHz

20 dBm

10 dB/

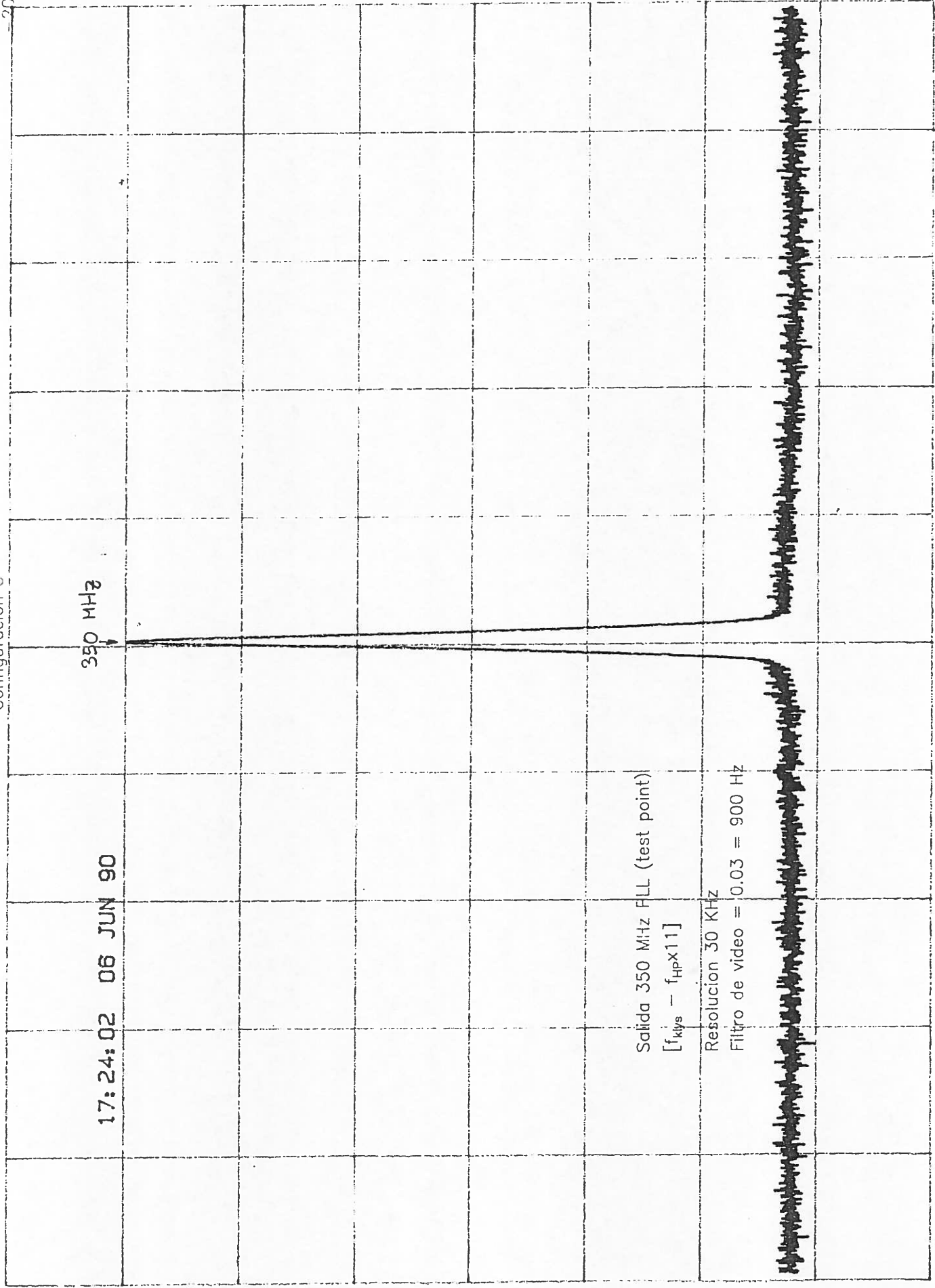
Salida 350 MHz FLL (test point)

[f_{klys} - f_{HPX11}]

Resolucion 30 KHz

Filtro de video = 0.03 = 900 Hz

1 MHz/



Configuracion C

20 dBm

17:25:00 06 JUN 90

350 MHz

Salida 350 MHz PLL (test point)

[f_{keys} = f_{HPX11}]

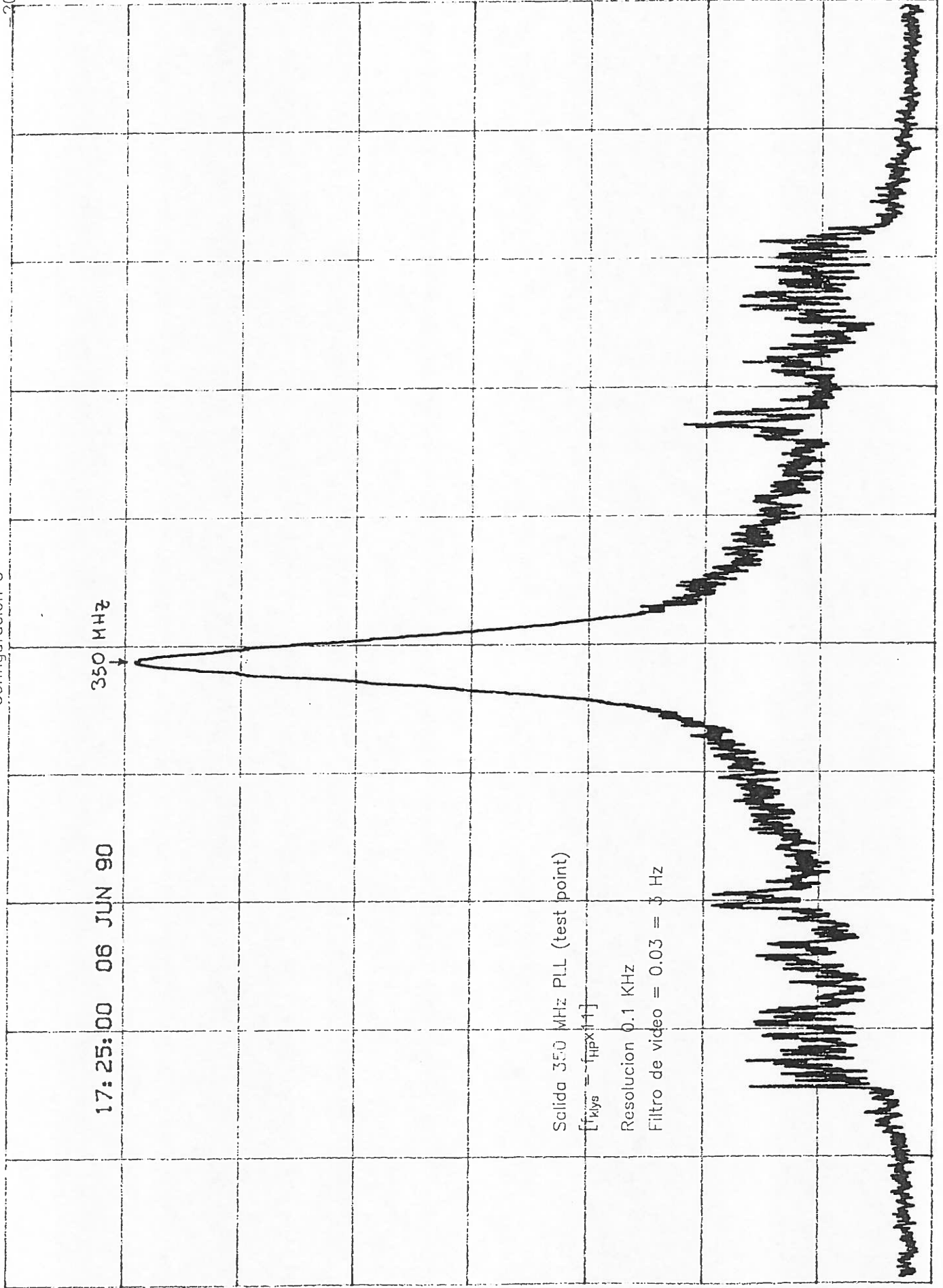
Resolucion 0.1 KHz

Filtro de video = 0.03 = 3 Hz

10 dB/

1 KHz/

1 KHz/



Configuración C

17:55:48 06 JUN 90

229 MHz

10 dB/

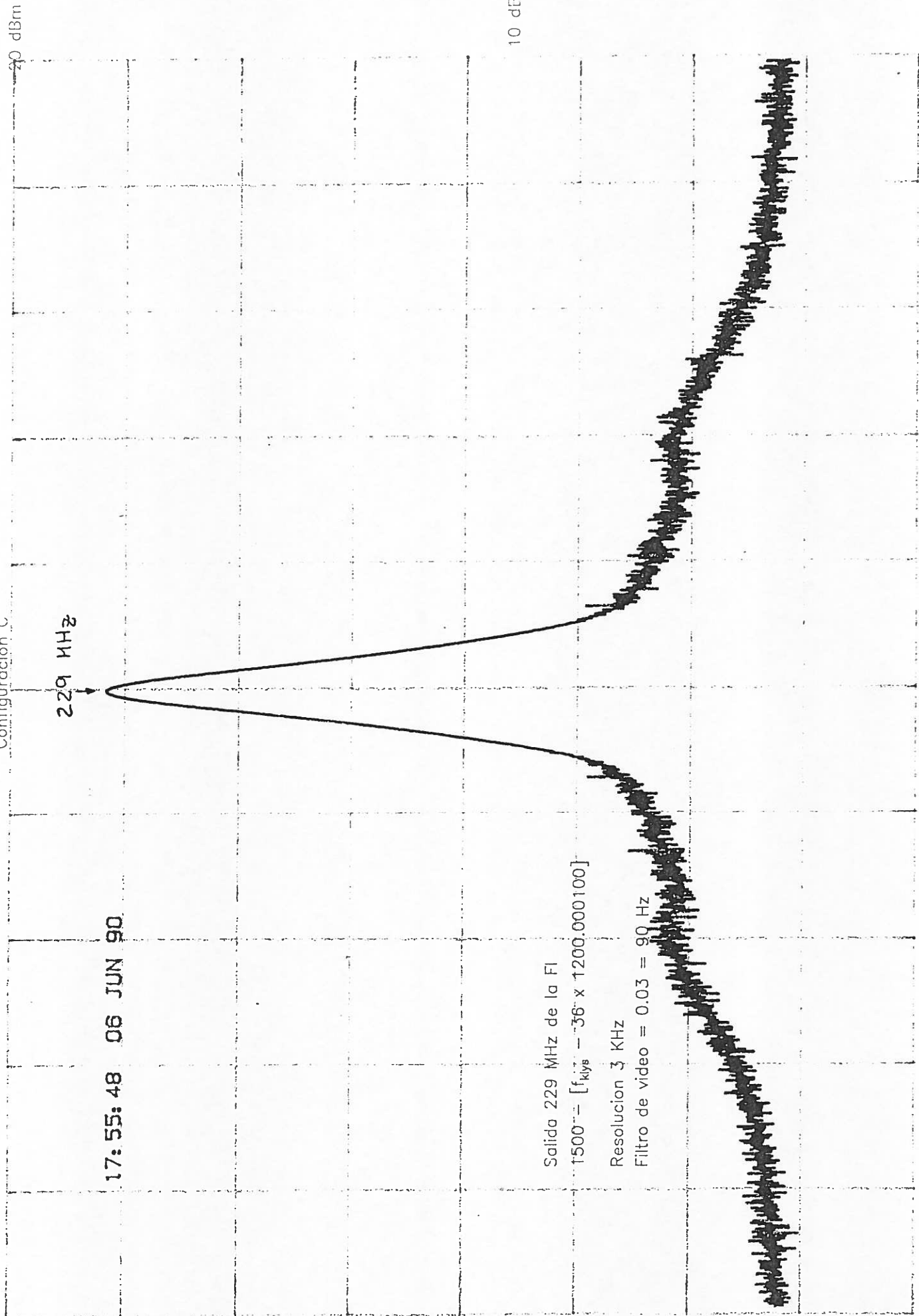
Salida 229 MHz de la FI

1500 - [f_{klys} - 36 x 1200.000100]

Resolución 3 KHz

Filtro de video = 0.03 = 90 Hz

20 KHz/



Configuracion C

-20 dBm

229 MHz

17:52:34 06 JUN 90

Salida 229 MHz de la FI

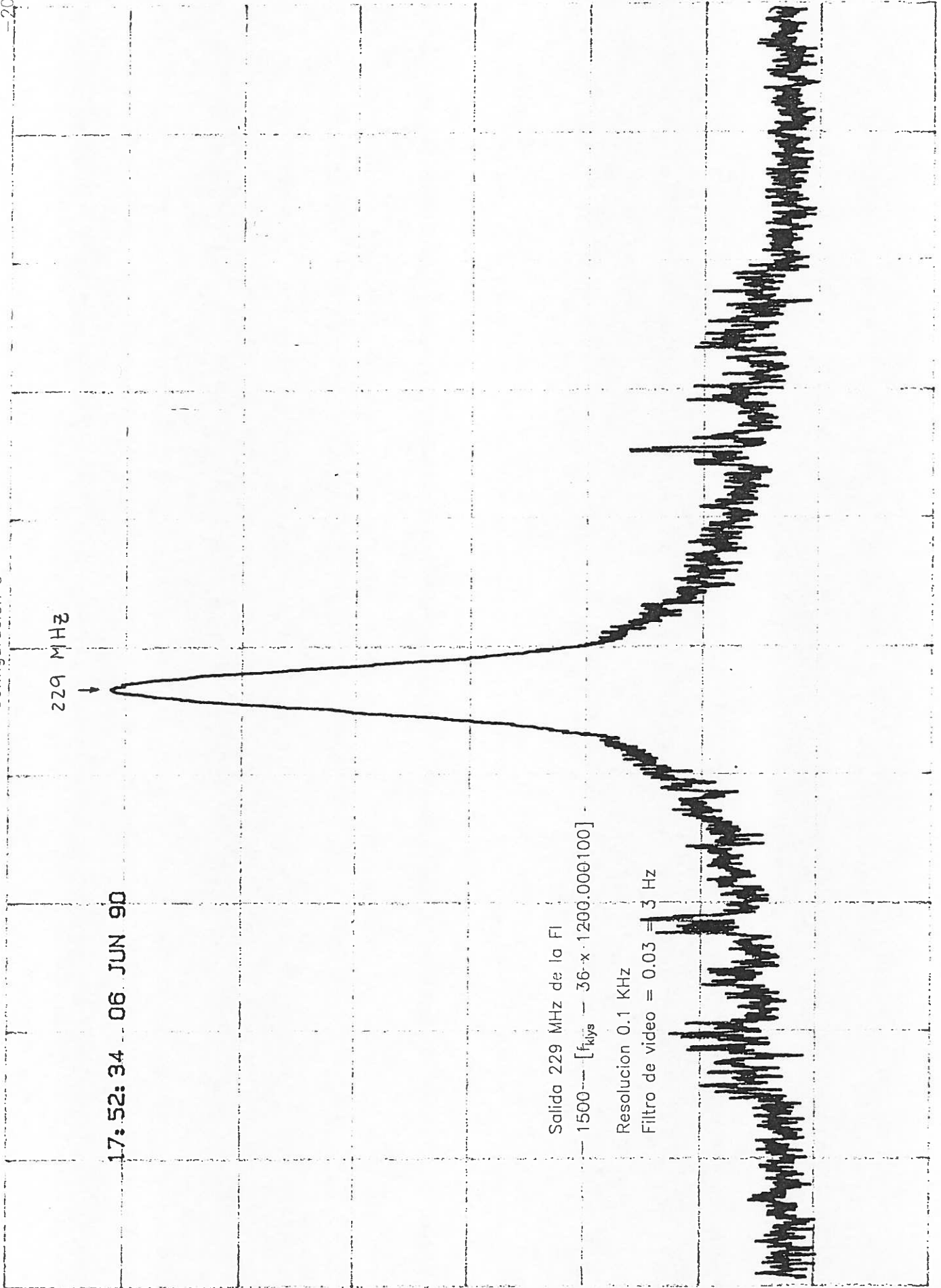
1500 --- [f_{klys} - 36-x-1200.000100]

Resolucion 0.1 KHz

Filtro de video = 0.03 = 3 Hz

10 dB/

1 KHz/



Configuracion D

-20 dBm

350 MHz

11:50:40 07 JUN 90

10 dB/

Salida 350 MHz PLL (test point)

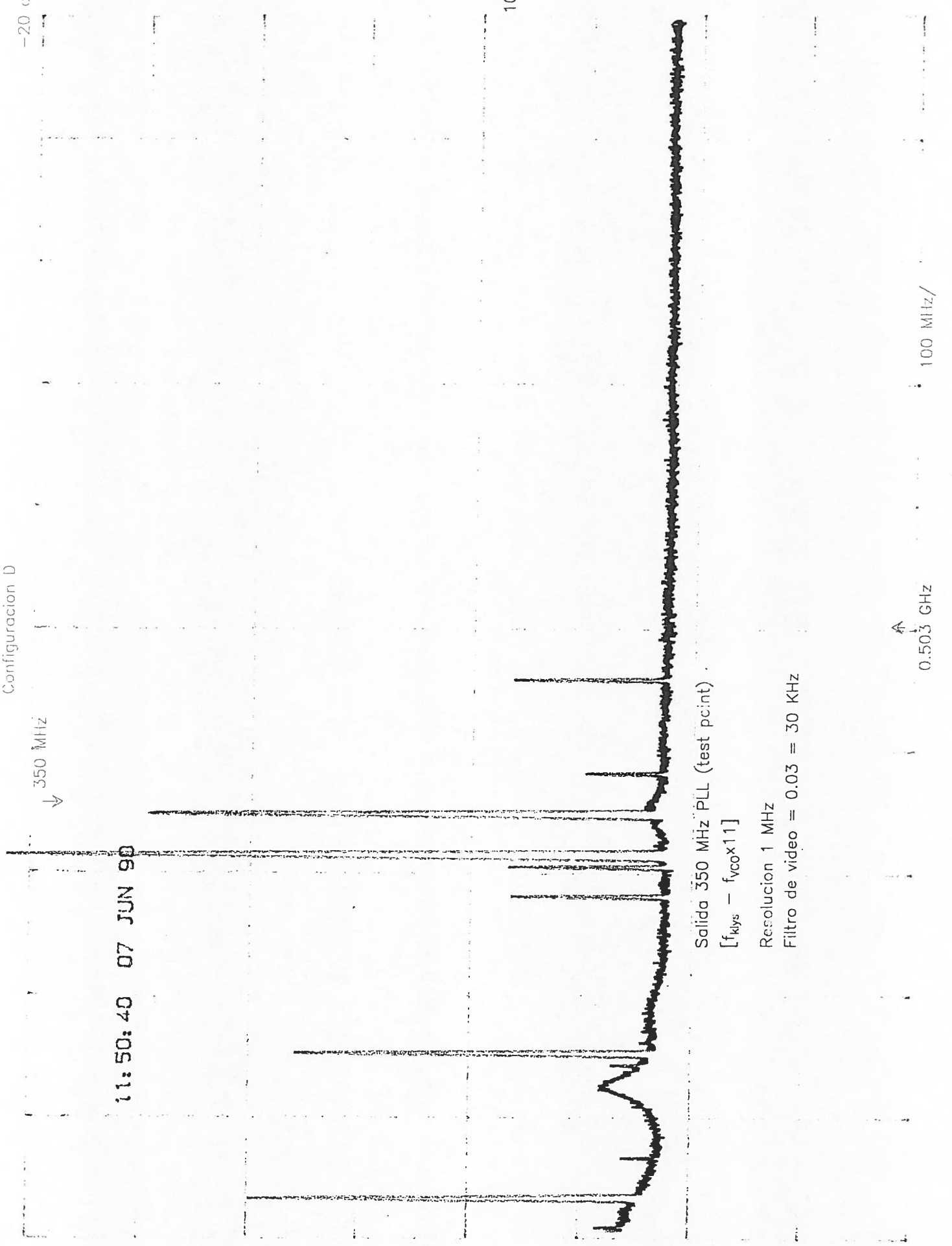
[f_{klys} - f_{vco}x11]

Resolucion 1 MHz

Filtro de video = 0.03 = 30 KHz

0.503 GHz

100 MHz/



Configuracion D

-20 dBm

10: 58: 10 07 JUN 90

350 MHz

10 dB/

Salida 350 MHz PLL (test point)

[$f_{sys} - f_{vco} \times 11$]

Resolucion 30 KHz

Filtro de video = 0.03 = 900 Hz

1 MHz/



Configuracion_D

-20 dBm

350 MHz

11:03:31 07 JUN 90

10 dB/

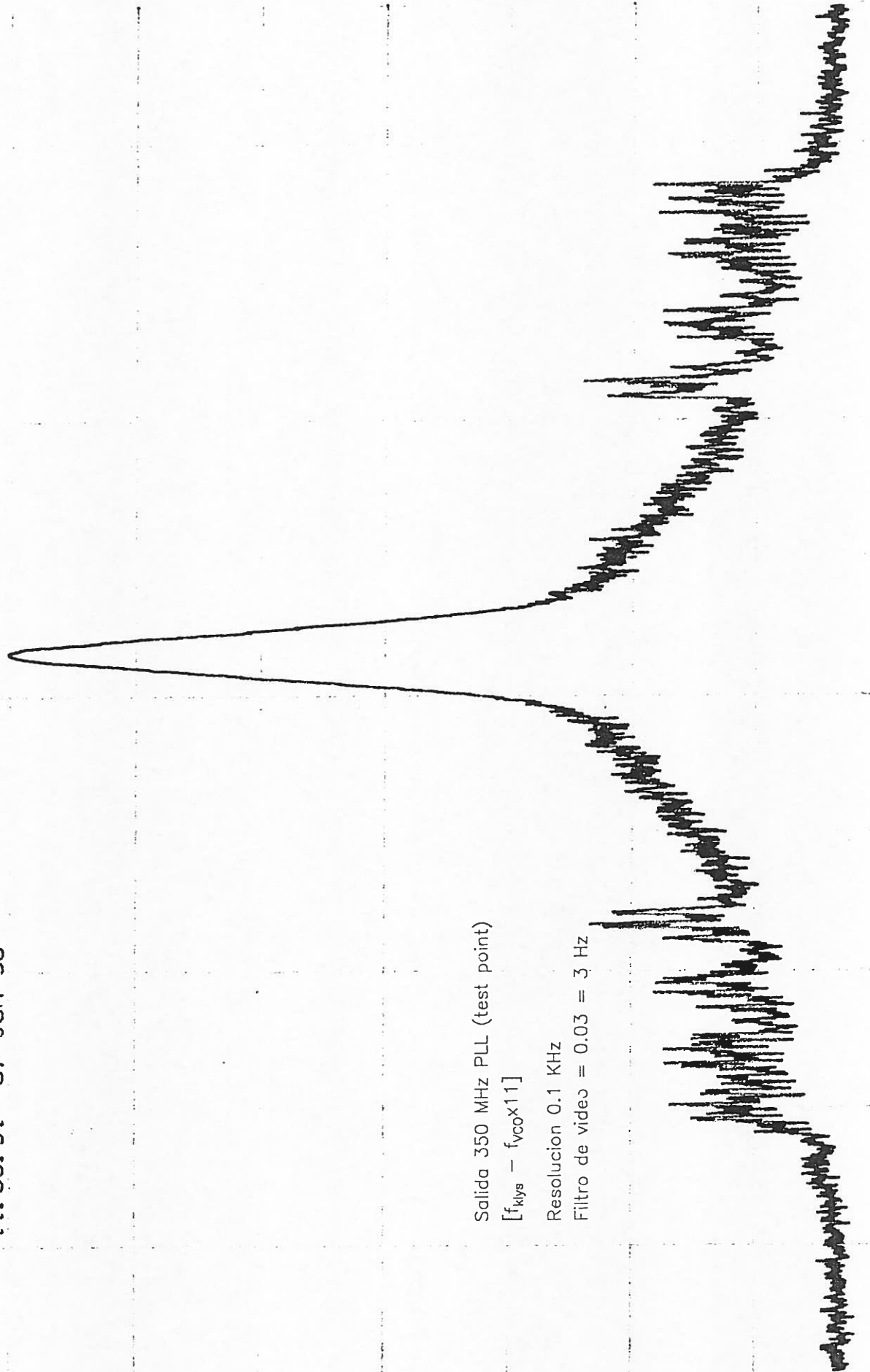
Salida 350 MHz PLL (test point)

[$f_{klys} - f_{vco \times 11}$]

Resolucion 0.1 KHz

Filtro de video = 0.03 = 3 Hz

1 KHz/



Configuracion D

11: 10: 29 07 JUN 90

-20 dBm

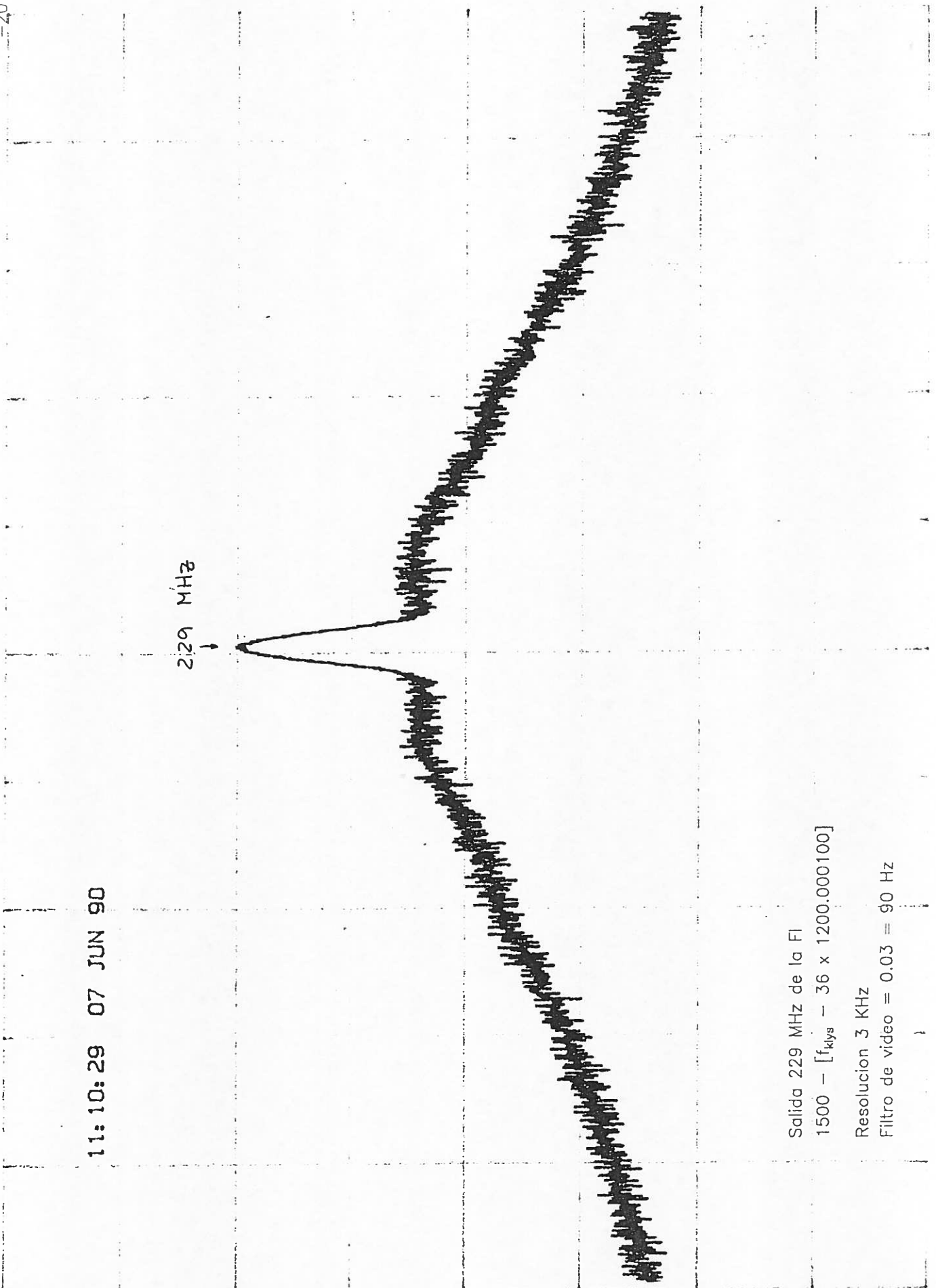
229 MHz

10 dB/

20 KHz/

Salida 229 MHz de la FI
1500 - [f_{klys} - 36 x 1200.000100]

Resolucion 3 KHz
Filtro de video = 0.03 = 90 Hz



Configuracion D

-20 dBm

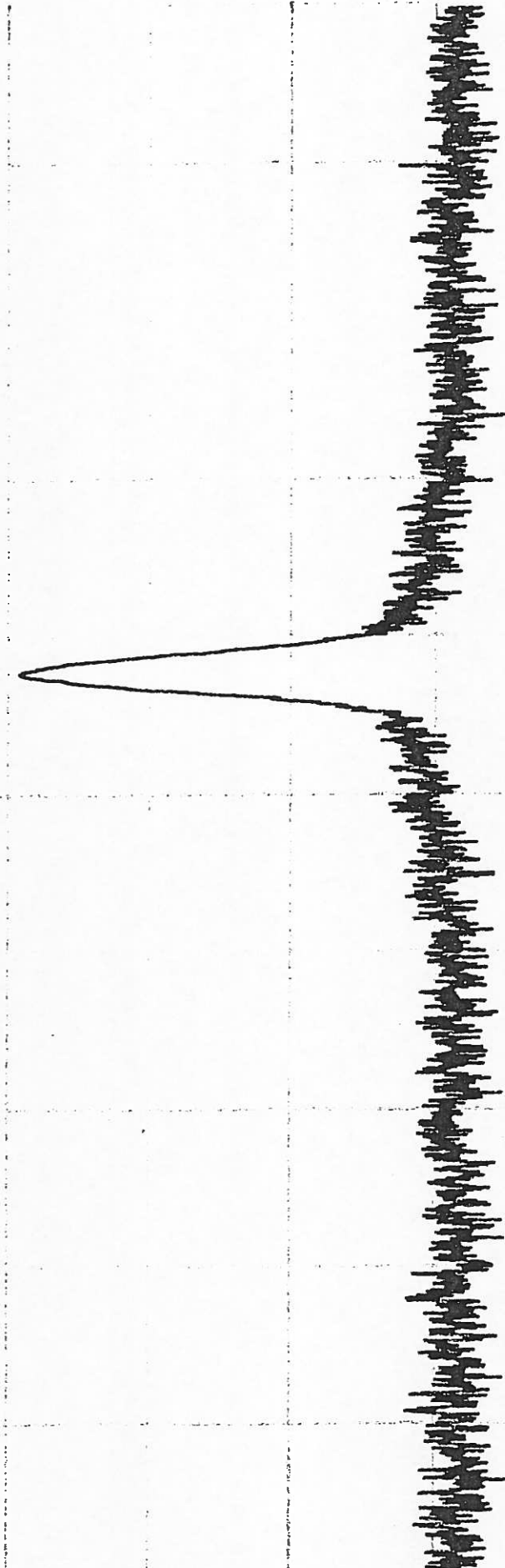
11:14:20 07 JUN 90

229 MHz
↓

10 dB/

Salida 229 MHz de la FI
1500 - [f_{KHz} - 36 x 1200.000100]
Resolucion 0.1 KHz
Filtro de video = 0.03 = 3 Hz

1 KHz/



Configuración E

-20 dBm

350 MHz

12:14:31 07 JUN 90

10 dB/

100 MHz/

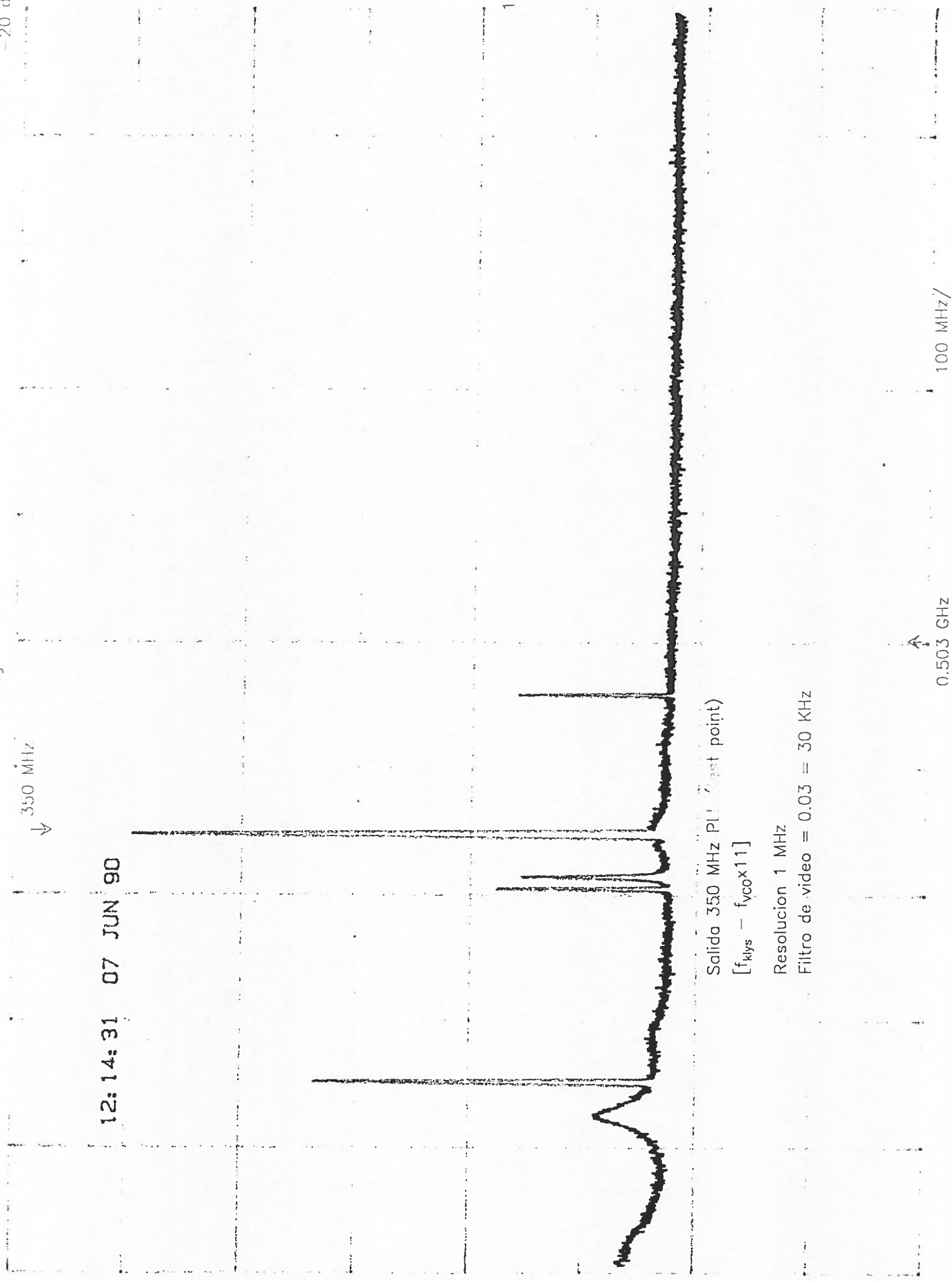
0.503 GHz

Salida 350 MHz PLL (test point)

[f_{klys} - f_{vco}x11]

Resolucion 1 MHz

Filtro de video = 0.03 = 30 KHz



Configuración E

-20 dBm

350 MHz

10 dB/

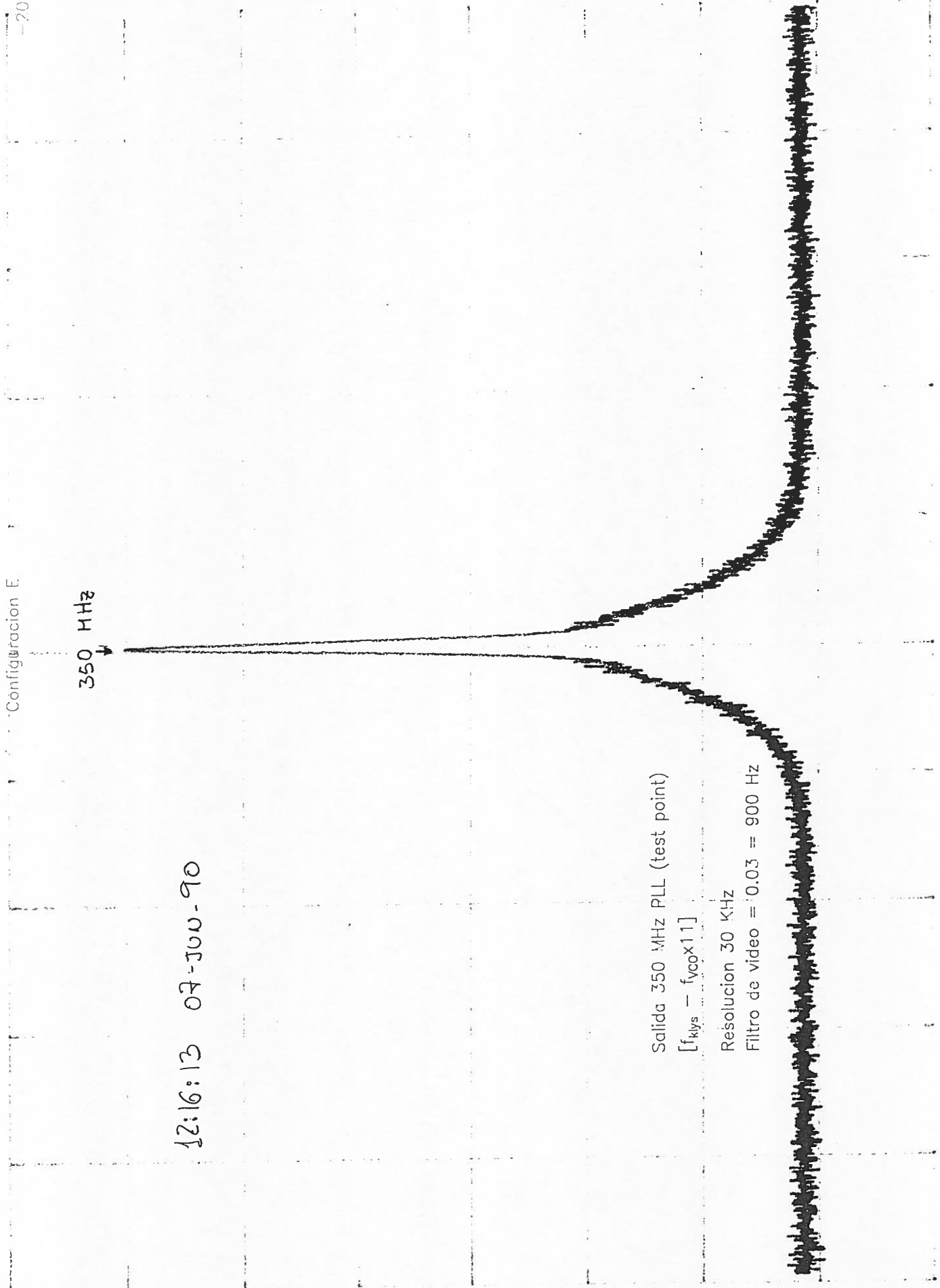
12:16:13 07-JUN-90

Salida 350 MHz PLL (test point)

[f_{klys} - f_{vco} × 11]

Resolución 30 KHz

Filtro de video = 10.03 = 900 Hz



Configuración E

-20 dBm

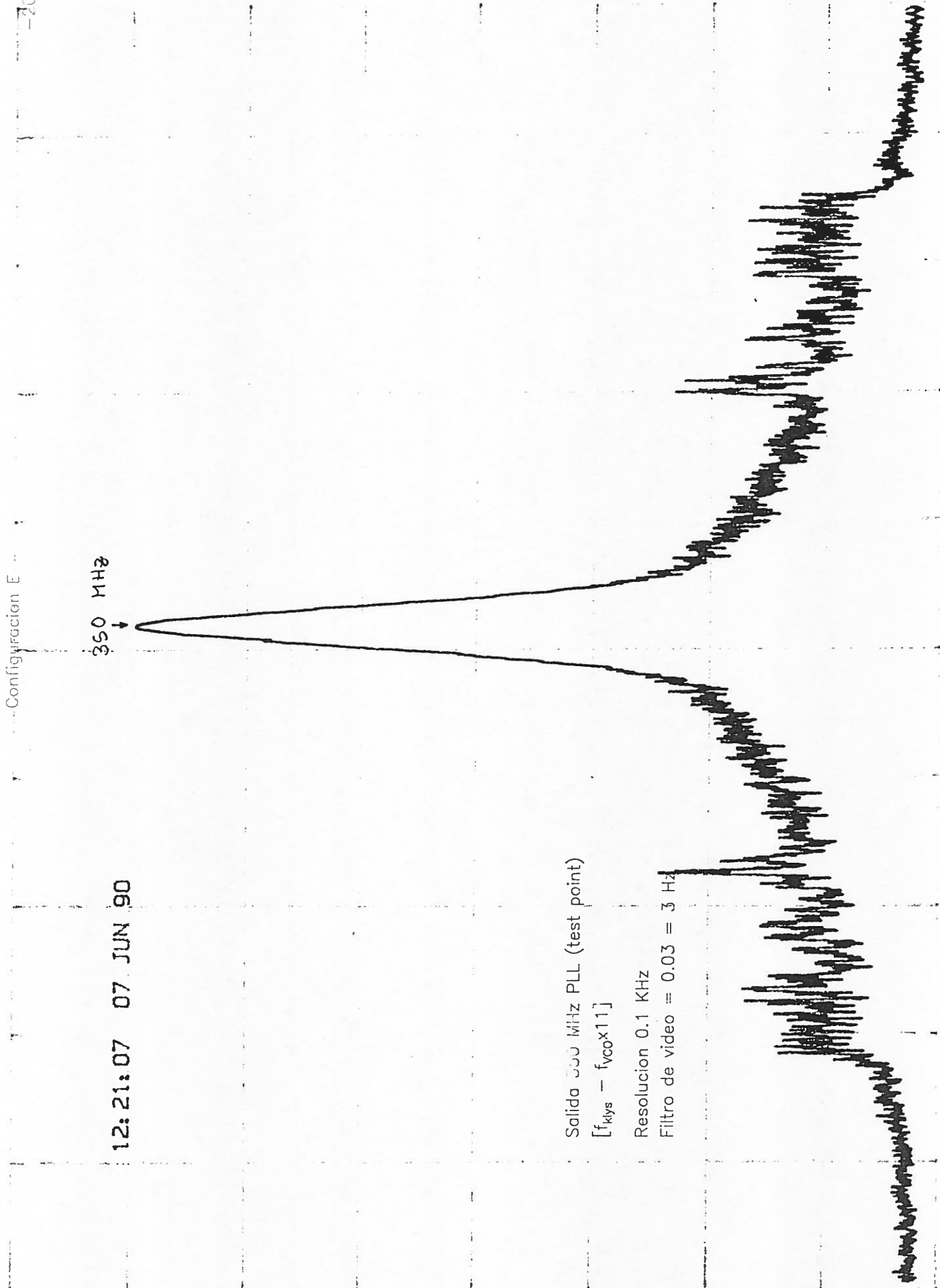
12:21:07 07 JUN 90

350 MHz

10 dB/

Salida 350 MHz PLL (test point)
[$f_{klys} - f_{vco} \times 11$]
Resolución 0.1 KHz
Filtro de video = 0.03 = 3 Hz

1 kHz/



Configuracion E

-20 dBm

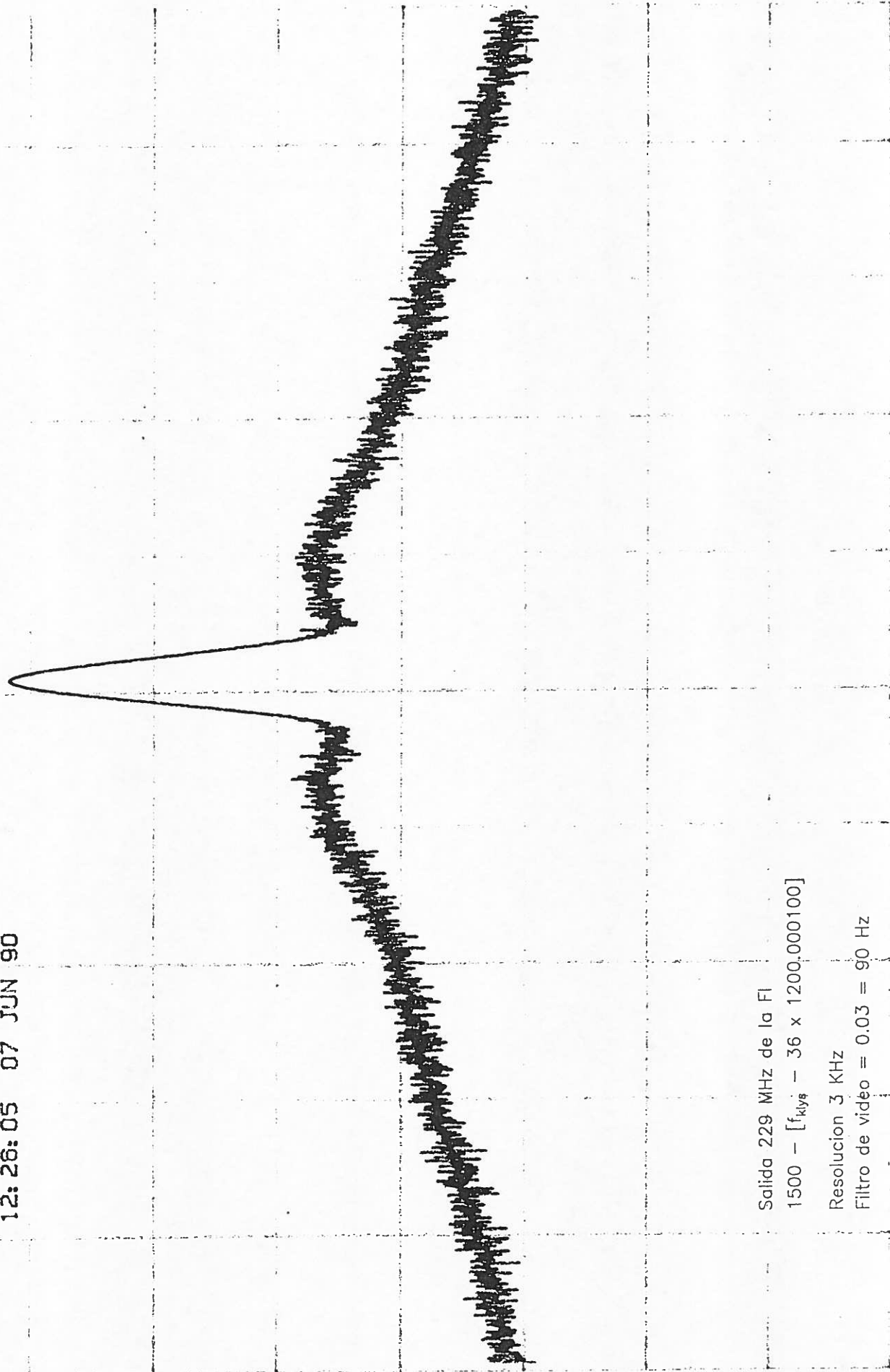
229 MHz

12: 26: 05 07 JUN 90

10 dB/

Salida 229 MHz de la FI
1500 - [f_{kiy} - 36 x 1200,000100]
Resolucion 3 KHz
Filtro de video = 0.03 = 90 Hz

20 KHz/



Configuracion E

-20 dBm

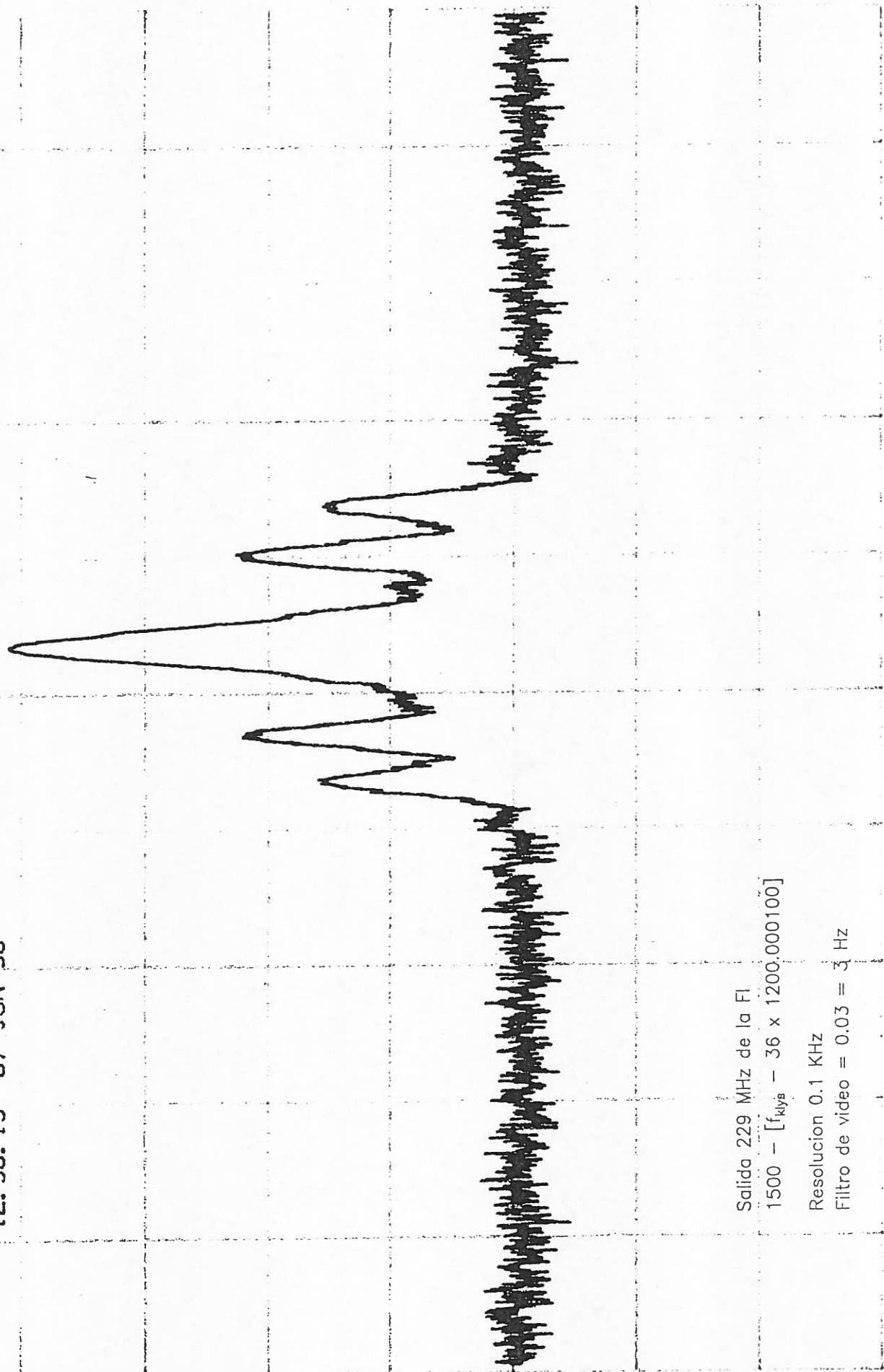
12:30:15 07 JUN 90

229 MHz

10 dB/

1 KHz/

Salida 229 MHz de la FI
1500 - [r_{klyB} - 36 x 1200.000100]
Resolucion 0.1 KHz
Filtro de video = 0.03 = 3 Hz



Apéndice

Table 1-1. Model HP 8340B Specifications and Supplemental Performance Characteristics (3 of 15)

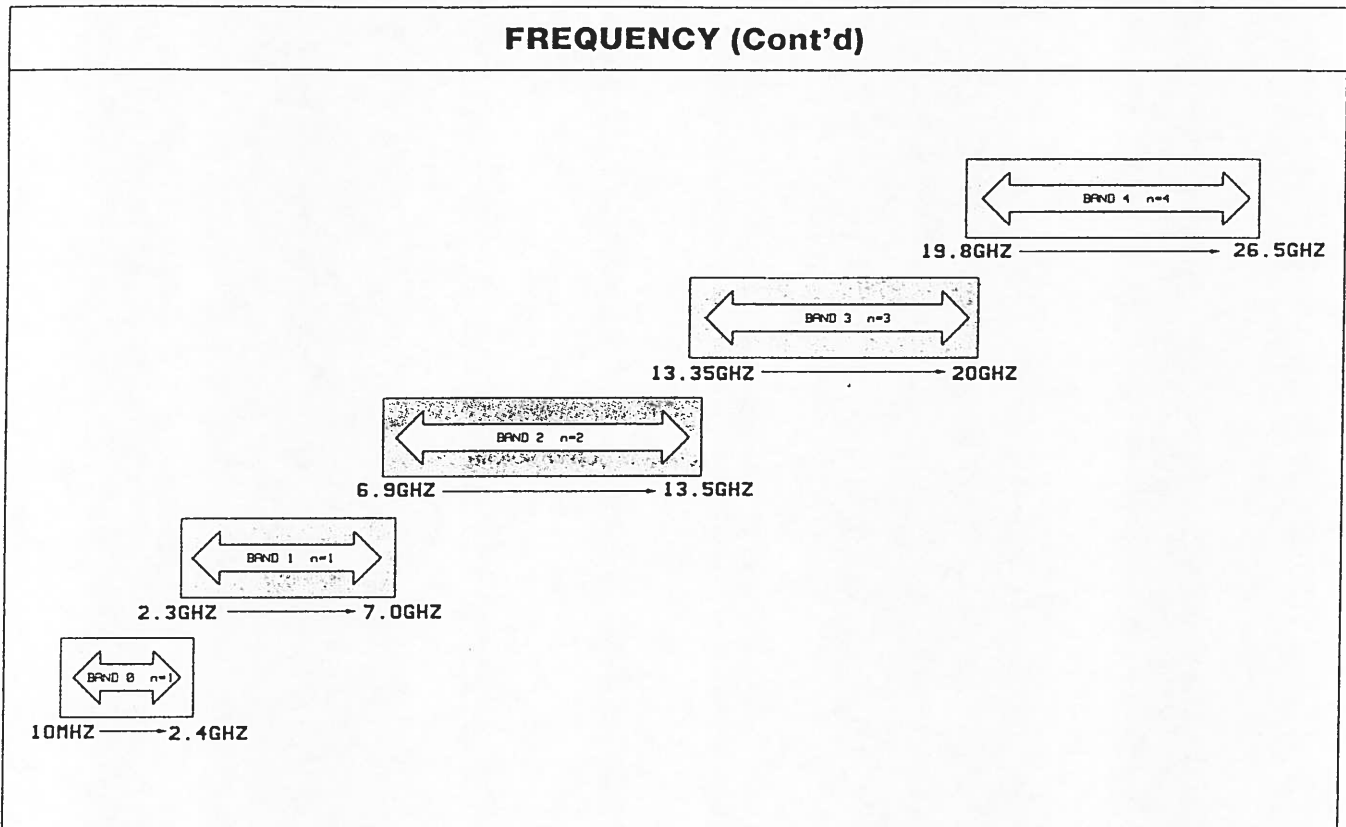


Figure 1. Typical Frequency Ranges and Bandswitch Points in Swept Modes

Note that the bands overlap. However, any sweep will be executed with the minimum number of bandswitch points. If the start frequency is above the lower limit for a given band, the sweep will start in that band and not the next lower one. If the stop frequency exceeds the upper limit of a given band by an amount greater than $0.004 \times \Delta F$, a bandswitch will occur at that band's upper limit.

SPECTRAL PURITY

(Spectral Purity specifications apply for CW mode and all swept modes, unless otherwise stated.)

SPURIOUS SIGNALS (Expressed in dB relative to the carrier level (dBc) at ALC level of 0 dBm)	Bands and Approximate Frequency Ranges (GHz) (See Frequency Ranges and Bandswitch Points for complete description)				
	Band 0 0.01 to <2.3	Band 1 2.3 to <7.0	Band 2 7.0 to <13.5	Band 3 13.5 to <20.0	Band 4 20.0 to 26.5
Harmonics (only up to 26.5 GHz)	< -35	< -35	< -35	< -35	< -35
Subharmonics and multiples thereof (up to 26.5 GHz)	-	-	< -25	< -25	< -20
Non-harmonically related spurious (CW and Manual Sweep mode only)	< -50	< -70	< -64	< -60	< -58

Supplemental Performance Characteristics are in *italics*.

Table 1-1. Model HP 8340B Specifications and Supplemental Performance Characteristics (4 of 15)

SPECTRAL PURITY (Cont'd)					
SPURIOUS SIGNALS (Cont'd)					
Power line related and spurious due to fan rotation within 5 Hz below line frequency, and multiples thereof					
(CW mode only, all power levels)	Band 0 0.01 to <2.3	Band 1 2.3 to <7.0	Band 2 7.0 to <13.5	Band 3 13.5 to <20.0	Band 4 20.0 to 26.5
Offset <300 Hz from carrier	<-50	<-50	<-44	<-40	<-38
Offset 300 Hz to 1 kHz from carrier	<-60	<-60	<-54	<-50	<-48
Offset >1 kHz from carrier	<-65	<-65	<-59	<-55	<-53
SINGLE-SIDEBAND PHASE NOISE (dBc/1 Hz BW, CW Mode, all power levels)					
STANDARD INSTRUMENT					
Offset 30 Hz from carrier	<-64	<-64	<-58	<-54	<-52
Offset 100 Hz from carrier	<-70	<-70	<-64	<-60	<-58
Offset 1 kHz from carrier	<-78	<-78	<-72	<-68	<-66
Offset 10 kHz from carrier	<-86	<-86	<-80	<-76	<-74
Offset 100 kHz from carrier	<-107	<-107	<-101	<-97	<-95
OPTION 007, Relaxed Phase Noise Specifications					
Offset 100 Hz from carrier	<-67	<-67	<-61	<-57	<-55
Offset 1 kHz from carrier	<-75	<-75	<-69	<-65	<-63
Offset 10 kHz from carrier	<-83	<-83	<-77	<-73	<-71
Offset 100 kHz from carrier	<-107	<-107	<-101	<-97	<-95
TYPICAL FREQUENCY STABILITY, 50 Hz - 15 kHz post detection bandwidth					
Typical Residual FM in CW Mode: $<n \times 60 \text{ Hz rms}$					
Typical Residual FM in Swept Mode:					
$\Delta F > n \times 5 \text{ MHz: } <n \times 25 \text{ kHz rms}$					
$\Delta F \leq n \times 5 \text{ MHz: Same as CW mode}$					
Where n = harmonic multiplication number (1 to 4). Refer to Frequency Ranges and Bandswitch Points description above.					

Supplemental Performance Characteristics are in *italics*.

Specifications

Fixed Frequency: 400 kHz to 160 MHz in 10-kHz steps with 100-Hz search-sweep settability. Finer steps optional, the finest being 0.1-Hz steps with 0.001-Hz search-sweep settability. **LOCAL CONTROL (Option 1):** Set by in-line-readout panel switches or external remote-control signals; control transferred by single panel control. **REMOTE CONTROL:** Set by 8-4-2-1 external signals; logic "1" is 0 to 0.5 V at 3 mA, logic "0" is +5 V at 0 mA. Programming time < 100 μ s per step except with economy resolution options (4F or 4G), where it is \approx 5 ms for steps below 10 kHz.

Time	FREQUENCY OFFSET VS TIME Digit Switched				
	10 MHz	1 MHz	100 kHz	10 kHz and less	Economy 1 kHz
100 μ s	<100 Hz	< 10 Hz	< 1 Hz	<0.1 Hz	N/A
1 ms	< 0.1 Hz	<0.1 Hz	<0.1 Hz	<0.1 Hz	<600 Hz
5 ms	< 0.1 Hz	<0.1 Hz	<0.1 Hz	<0.1 Hz	< 10 Hz
10 ms	< 0.1 Hz	<0.1 Hz	<0.1 Hz	<0.1 Hz	< 0.1 Hz

Search-sweep and Frequency Modulation — (limited with economy resolution options 4F and 4G): **SWEEP WIDTH:** Up to 11 MHz. Any decade, with 1-MHz steps or less, can be replaced by a continuous control with a range of -1 to $+10$ X one step of the decade being replaced, with a settability of 1/100 of one step. **LOCAL CONTROL (Optional):** Digit to be replaced is chosen by panel pushbuttons or external signal; frequency is set by -1 to $+10$ multiplier plus continuous vernier or by external signal. **REMOTE CONTROL:** Digit to be replaced is chosen by logic signal; frequency is set by $+0.5$ V/step (-0.5 to $+5.0$ V) dc signal with nonlinearity of ± 0.3 step max. **SWEEP (FM) RATE:** Dc to 20 kHz, -3 dB. **DEVIATION pk-pk:** Same as sweep width. **HARMONIC DISTORTION:** < 6% for all deviations within range of decade selected; < 3% to 5 kHz. **STABILITY:** $\pm 2 \times 10^{-4}$ step/s, $\pm 1 \times 10^{-3}$ step/min, $\pm 1 \times 10^{-2}$ step/h. **AMPLITUDE MODULATION:** Dc to 1 kHz at 90% modulation, dc to 10 kHz at 15% modulation; with 5% distortion. Control via remote-control of signal output (see below), achieved by externally summing an a-m rate source with a dc voltage.

Signal Output: 224 mV to 2.24 V rms (0 to $+20$ dBm into 50 Ω) from 50- Ω source, available at rear GR874[®] connector (optionally on front panel). **LOCAL CONTROL (optional):** Set by panel control with ± 1.5 -dB accuracy or by external remote control signal.

REMOTE CONTROL: Set by external dc signal of 2 X desired rms output voltage, into > 10 k Ω applied to rear BNC connector. Programming time < 100 μ s, to desired level within ± 1 dB.

Auxiliary Outputs: Low-level output of dc to 10 MHz at -4 to -6 dBm, with ± 0.25 -dB flatness, -38 dB distortion. 10 MHz at $+6$ to $+8$ dBm into 50 Ω , which can be used to drive another synthesizer, and 1 MHz at 0.8 V pk-pk into 10 k Ω , available at rear BNC connectors. Also, 42 MHz, -4 to -1 dBm; plus 500 to 510 MHz, $+15$ to $+18$ dBm, and 500 to 350 MHz, -3 to 0 dBm, (accessible at normally bridged connectors) — available at SMA connectors.

Phase Modulation (optional): Output can be phase modulated ± 3 rad from dc to 300 kHz, ± 1 rad at 1-MHz modulation frequency, by external signal of 1 V/rad at dc, flat within 2 dB to 300 kHz, into 7.5 k Ω , applied to rear BNC connector.

Accuracy of Fixed Frequency: Equal to that of drive source. Drive source can be internal oscillator or external drive.

Internal Oscillator (optional): **MODERATE STABILITY:** 5-MHz crystal oscillator. Adjustment range $> 5 \times 10^{-5}$ by manual trimmer or $> 5 \times 10^{-6}$ by $+6$ - to $+9$ -V external dc signal. Stability is 2×10^{-7} / $^{\circ}$ C from $+20$ to $+50^{\circ}$ C, 2×10^{-6} /mo. **HIGH STABILITY:** 10-MHz crystal oscillator in proportional-control oven. Adjustment range, $> 4 \times 10^{-6}$ by manual trimmer or $> 5 \times 10^{-7}$ by $+6$ - to $+9$ -V external dc signal. Stability, $< 2 \times 10^{-10}$ / $^{\circ}$ C from 0 to $+50^{\circ}$ C. Drift, $\pm 1 \times 10^{-8}$ /wk, $< 2 \times 10^{-10}$ with $\pm 10\%$ line-voltage variation; restabilizes typically within 2×10^5 h after power interruption. Connector provided on rear for battery to maintain oscillator during power interruption.

External Drive (required on models without internal oscillator): 5 or 10 MHz, -5 to $+21$ dBm into 50 Ω applied to rear BNC connector.

Environment: TEMPERATURE: 0 to $+50^{\circ}$ C operating. HUMIDITY: 95% at 50° C.

Supplied: Power cord, coaxial patch cord with GR874 connectors, 50-pin plug to mate with rear frequency program connector.

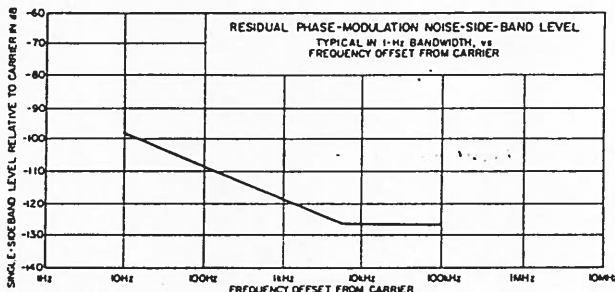
Available: GR874 adaptors, 1452 Programmable Attenuator.

Power: 90 to 110, 104 to 127, 180 to 220, 194 to 236, or 207 to 253 V; 48 to 66 Hz (45 to 48 Hz with high-line limit decreased 5%, 360 to 440 Hz with low-line limit increased 5%); 70 W max. Connection provided for 15- to 18-V, 200-mA, dc source to maintain high-stability oscillator during power interruption.

Mechanical: Bench or rack models. DIMENSIONS (wxhxd): Bench, 19.75x6.9x24.88 in. (502x176x632 mm); rack, 19x5.22x22.88 in. (483x133x569 mm). WEIGHT: Bench, 58 lb (27 kg) net, 69 lb (32 kg) shipping; rack, 50 lb (23 kg) net, 61 lb (28 kg) shipping.

	400 kHz	2 MHz	160 MHz
Output Level (freq response) full output	$+1.5, -0.5$ dB		± 0.3 dB
Harmonics, 50- Ω load	-27 dB		
Discrete Non-Harmonics	-80 dB		
Noise Modulation phase, rms*	-63 dB, re 1 rad, (0.5 Hz to 15 kHz)		
amplitude, rms	-75 dB, re 100% (0.5 Hz to 15 kHz)		

* Also see curve.



Description Catalog Number

1061 Frequency Synthesizer, 400 kHz to 160 MHz with 10-kHz resolution and 100-Hz search settability remote control, and external drive only

Bench Model
Rack Model

Options

- OP1 Local Control Panel
- OP2A Moderate-Stability Internal Oscillator
- OP2B High-Stability Internal Oscillator
- OP3 Phase Modulation
- OP4A 1-kHz digit resolution (10-Hz search)
- OP4B 100-Hz digit resolution (1-Hz search)
- OP4C 10-Hz digit resolution (0.1-Hz search)
- OP4D 1-Hz digit resolution (0.01-Hz search)
- OP4E 0.1-Hz digit resolution (0.001-Hz search)
- OP4F 100-Hz digit resolution (economy, 5-ms switching, 100 Hz Search)
- OP4G 1-Hz digit resolution (economy, 5-ms switching, 100 Hz Search)

Available for customer installation
Digit Insertion Kit*

1169-9600

* Additional digits of resolution may be added to any synthesizer equipped with options 4A through 4D.
U.S. Patent Number 3,509,483.

FOR INSTANCES, WITH RESOLUTION TO CORRECT ALL BURSTS OF LENGTH 53 OR LESS, (i+1)th bit mod-n in the first row if k=i, clearly every row

Technical Specification

Frequency

Range 10kHz to 1300MHz

Resolution 0.5Hz throughout entire frequency range

Reference Oscillator

Internal:
 Standard: Ageing rate 3×10^{-9} per day after 3 months continuous operation. Warm up 6 minutes to $\pm 1 \times 10^{-7}$. Temperature stability $\pm 3 \times 10^{-9}$ per °C from 0°C to +45°C
 Option 04B: Ageing rate 5×10^{-10} per day after 3 months continuous operation. Warm up 20 minutes for $\pm 1 \times 10^{-7}$. Temperature stability $\pm 6 \times 10^{-10}$ per °C from -10°C to +50°C
 Option 04L5: Ageing rate 1×10^{-9} per day. Warm up 30 minutes to $\pm 1 \times 10^{-7}$. Temperature stability 4×10^{-9} total from 0°C to +50°C
 External: Any 10MHz ± 100 Hz frequency standard at a level between 0.1V and 5V rms into 50 ohms nominal

Reference Oscillator Voltage Control (Option 04L5 only) Frequency adjustment range $> 3 \times 10^{-7}$ (total) for input voltage range of +1 – +10V DC. Rear panel BNC socket

Frequency Standard Output 10MHz at 0dBm ± 2 dB into 50 ohms from rear panel socket

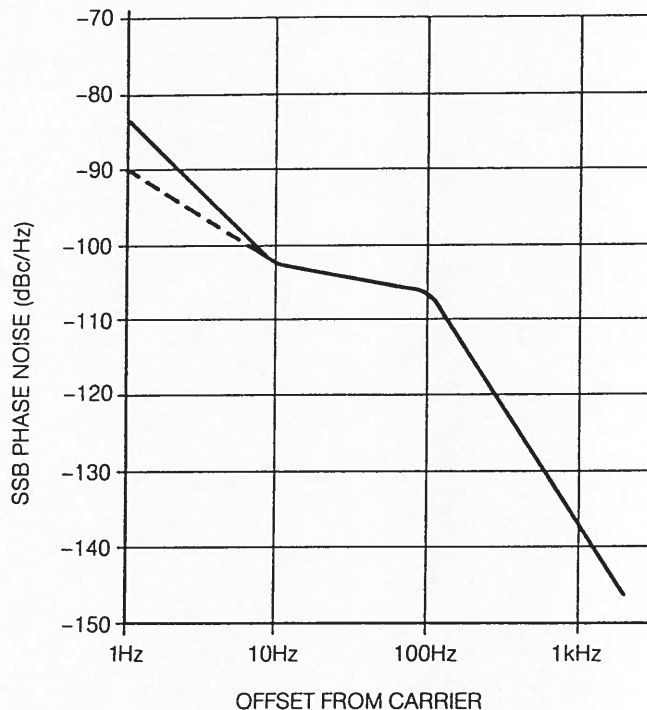
Spectral Purity

Frequency Range (MHz)	0.01- <100	100- <325	325- <650	650- 1300
SSB phase noise 3 – 500kHz offset from carrier (Typical)	-136 dBc/Hz	-142 dBc/Hz	-136 dBc/Hz	-130 dBc/Hz
Broadband noise floor $\geq +13$ dBm output level (Typical)	-150 dBc/Hz at $>2.5\%$ offset			
Residual FM 0.3-3kHz from carrier	<0.25Hz peak	<0.125Hz peak	<0.25Hz peak	<0.5Hz peak
Spurious signals >3kHz from carrier	<-90 dBc	<-97 dBc	<-91 dBc	<-85 dBc
Power line related and microphonically generated spurious (with unit switched to internal standard)*	<-76 dBc	<-76 dBc	<-70 dBc	<-64 dBc
Harmonics $\leq +13$ dBm (Typical)	-35 dBc			-30 dBc
Subharmonics	None			

*Typically 3dB better

Typical SSB Phase Noise at 100MHz

(With option 04L5 fitted)



Notes: 1) Dotted line shows 3101 Residual Noise.
 2) Typical SSB Phase Noise at Frequencies >100 MHz may be predicted by direct scaling of above graph
 (add $20 \log \frac{F}{100\text{MHz}}$ dB)

Switching Speed

RF hardware switching speed is typically $400\mu\text{s}$ for the output frequency to be within 100Hz of the final frequency.

Total frequency switching speed depends on programming mode, carrier frequency and step size. Typical times for the frequency to settle to within 100Hz of the final frequency are as follows:

Data Entry Time	Switching Time
0.45mS/character	7.4mS
0.7mS total	0.6mS
0.2mS total	0.7mS

GPIB entry (Deferred mode)
 GPIB entry (Fast Learn mode)
 Direct Frequency Access

'Switching time' is defined as the total time from the last character being entered to when the output has settled to within 100Hz.