

# EL RADIOTELESCOPIO DEL INSTITUTO ARGENTINO DE RADIOASTRONOMIA

*Ing. Emilio M. FILLOY*

El radiotelescopio del Instituto Argentino de Radioastronomía está compuesto de una antena parabólica de 30 mts. de diámetro y un receptor centrado en 1420 MHz, utilizable para observaciones en el continuo y como receptor de línea para observaciones galácticas y extragalácticas. La obtención de datos se hace en forma analógica y digital.

## ANTENA

Fue construída entre 1964 y 1966 e inaugurada el 28 de marzo de ese año, tiene 30 mts. de diámetro y está montada sobre un sistema ecuatorial que le permite moverse  $\pm 2$  horas en ángulo horario y cubre desde el polo sur hasta  $-9^\circ$  en declinación. Tiene una relación  $\frac{f}{D}$  (distancia focal)/(diámetro)=0.42

y su superficie está cubierta por un sector central sólido de 14 mts. de diámetro y por planchas perforadas el resto del reflector. La precisión de la superficie permite su utilización hasta longitudes de onda de aproximadamente 6 cm. El movimiento se realiza mediante la utilización de dos motores de corriente alternada en cada eje y que dan lugar al movimiento rápido para la búsqueda del punto que se desea observar y al movimiento lento para el acercamiento suave a dicho punto; en el caso del eje de ángulo horario, el motor de movimiento lento es sincrónico y permite el seguimiento de la fuente a velocidad sidérea.

## RECEPTOR

Es un receptor superheterodino del tipo Dicke. La carga de comparación es una resistencia a temperatura ambiente y utiliza un modulador de ganancia para eliminar las inestabilidades por variaciones de ganancia. Se puede utilizar como receptor de continuo para lo cual se emplea el ancho total de 10 MHz en los amplificadores de frecuencia intermedia y, fundamentalmente, como receptor de línea empleando dos bancos de filtros: uno de 56 filtros de 10 KHz de ancho de banda y

otro de 30 filtros de 100 KHz de ancho. Se utilizan amplificadores y detectores sincrónicos comunes a los dos bancos, conmutando los 30 necesarios. La integración se hace en forma analógica, existiendo la posibilidad de integrar durante largos períodos en forma digital. La temperatura de ruido total del sistema es de  $240^{\circ}\text{K}$  de los cuales  $160^{\circ}\text{K}$  pertenecen al amplificador paramétrico y etapas subsiguientes. Para una integración normal de 90 seg. se obtiene una señal mínima detectable de aproximadamente  $0.5^{\circ}\text{K}$  para los canales angostos y  $0.2^{\circ}\text{K}$  para canales anchos; estos valores en la práctica son confirmados con algunas leves variaciones debido a errores sistemáticos provocados por condiciones ambientales y envejecimiento de componentes.

### CABEZAL DEL RECEPTOR

En la plataforma situada en la zona del foco del paraboloide se encuentra la caja termostatazada en  $39^{\circ}\text{C}$  que contiene los elementos de radiofrecuencia según se ve en el diagrama block de la Fig. 1. En el canal de antena se tiene un acoplador direccional que permite la inyección de ruido proveniente de una fuente de ruido con tubo de descarga ( $\sim 10.000^{\circ}\text{K}$ ); previo al acoplador direccional están 2 atenuadores conmutables por medio de dos relevadores coaxiales que suministran calibraciones de aproximadamente  $10^{\circ}\text{K}$  y  $50^{\circ}\text{K}$ . La llave Dicke es una llave diodos (1N270) de banda angosta, tiene una pérdida de inserción de 0.2 db y está sintonizada en 1420 MHz.

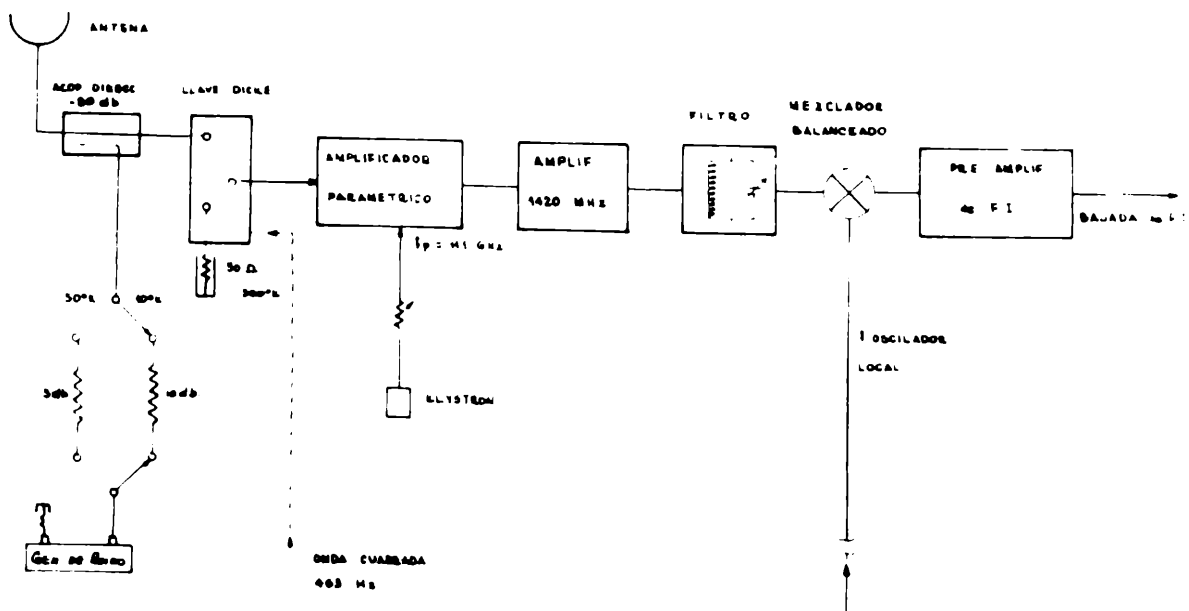


FIG. 1. Cabezal del receptor

El amplificador paramétrico es un Western Electric de dos etapas (5 circuladores) del tipo NO DEGENERADO y cuya frecuencia de bombeo (pump frequency) es 11.1 GHz. La energía para la bomba es provista por una Klystron Reflex X-13 alimentadas con fuentes de poder con regulación de 0.01 %. Los circuladores están incluidos en la unidad del amp. paramétrico. La temperatura de ruido del amplificador y etapas siguientes es de 160°K. Un amplificador transistorizado de bajo ruido sigue al paramétrico, con un filtro centrado en 1420 MHz con 20 MHz planos y 60 MHz de banda de paso a 3 db. El filtro está aislado del mezclador por un circulador. El mezclador es balanceado y convierte la señal de 1420 MHz en 30 MHz. El preamplificador tiene 10 MHz de ancho de banda y alimenta la bajada de antena hasta la Sala de Control.

SECCION DE FRECUENCIA INTERMEDIA Y VIDEO

En el edificio principal del I.A.R. está instalado el receptor. La bajada de antena (Fig. 2) en 30 MHz alimenta un atenuador variable y un preamplificador de banda ancha y 13 db de ganancia y que tiene 3 salidas de las cuales dos son utilizadas circunstancialmente para ajuste o monitoreo y la restante alimenta el modulador de ganancia. Este está compuesto por un puente de diodos PIN que conmutan el camino de la señal, mediante una onda cuadrada, entre dos atenuadores, uno fijo de 3 db y el otro variable a pasos de 1 db; el ajuste fino de atenuación se realiza variando la polarización de los diodos pertenecientes al canal de comparación y al que corresponde también el atenuador variable.

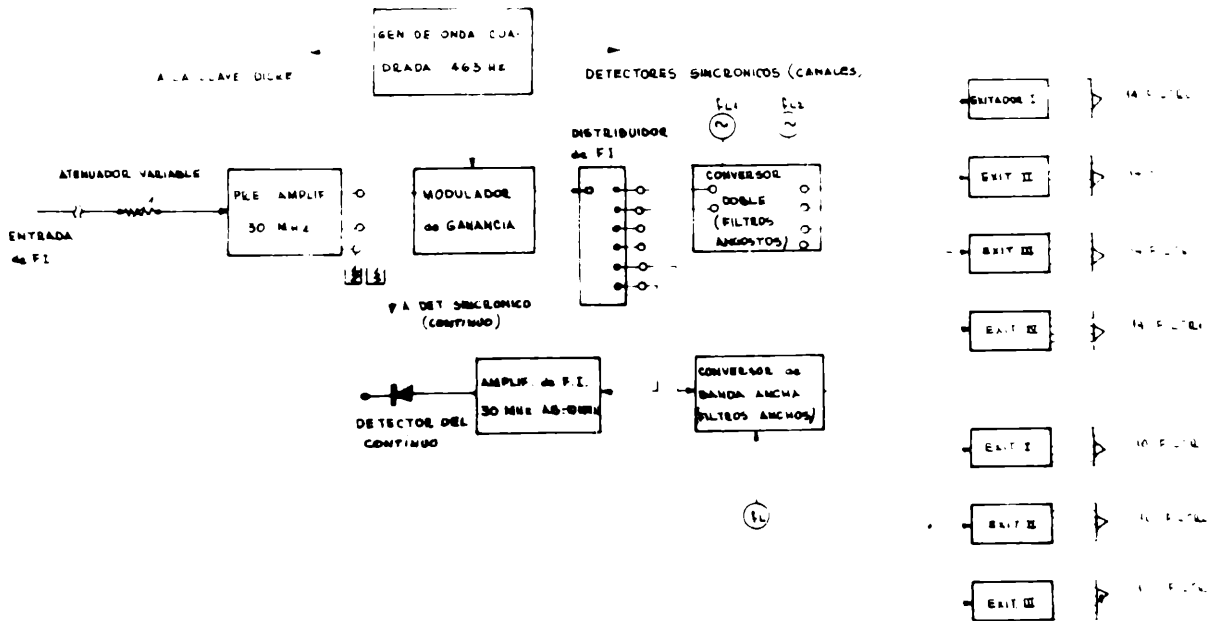


FIG. 2. Sección de frecuencia intermedia y video.

Del modulador de ganancia se alimenta un Distribuidor de Frecuencia Intermedia que suministra señal a los dos conversores para línea y un amplificador para el continuo. El conversor para canales angostos, se trata, en realidad, de un conversor doble que se puede utilizar en dos formas distintas (no se trata de un elemento de doble conversión es decir de dos conversiones sucesivas). Los 56 filtros angostos tienen 10 KHz de ancho y su separación es de aprox. 19 KHz (4 km/s exactamente en términos de corrimiento Doppler); es decir que entre dos filtros sucesivos se encuentra un pozo no cubierto por filtro alguno. Cuando se quiere utilizar el banco en esta disposición se alimentan los 4 excitadores (es decir los 56 filtros) de la salida (doble) de uno de los conversores del conversor doble. Si en cambio se alimentan los excitadores de forma que los primeros 28 canales obtengan señal de uno de los conversores y los restantes 28 del otro se tendrá como resultado un banco de filtros de 56 canales en los cuales la separación es de 2 km/seg en lugar de 4 km/s. Esto se logra al intercalar entre el canal 1 y canal 2 el canal 29; entre el 3 y 4 el canal 30 y así sucesivamente para lo cual es necesario que las frecuencias de los osciladores locales de los dos conversores difieran en  $(f_{28} - f_1) + f_2$  km sien do  $f_{28}$  = frecuencia central del canal 28,  $f_1$  = frecuencia central del canal 1 y  $f_2$  km = intervalo de frecuencias correspondiente a un corrimiento Doppler equivalente a 2 km/seg.

El conversor para los filtros anchos tiene como particularidad un ancho de banda de 7 MHz para poder cubrir los 30 filtros de 100 KHz de ancho y que están separados por 25 km/seg (aprox. 118,5 KHz). El conversor alimenta tres excitadores que actúan sobre 10 filtros cada uno directamente.

También del Distribuidor de F.I. se obtiene señal para un amplificador de FI de 10 MHz de ancho de banda y 60 db de ganancia; su salida es detectada por medio de un detectada por medio de un detector cuadrático realizado con BACK DIODES y es la señal utilizada en la sección del Continuo del receptor.

#### CONTINUO

Existen dos posibilidades: Potencia total o salida Dicke. La primera es utilizable cuando el receptor se encuentra fijo en posición "antena" en la llave Dicke y en el Modulador de Ganancia, en este caso se tiene un receptor convencional de Potencia Total y la salida del detector es amplificada y registrada. Como receptor Dicke se dispone

(Fig. 3) un amplificador sintonizado en la frecuencia de conmutación, detector sincrónico y un integrador activo de  $\tau$  variable cuya salida es registrada.

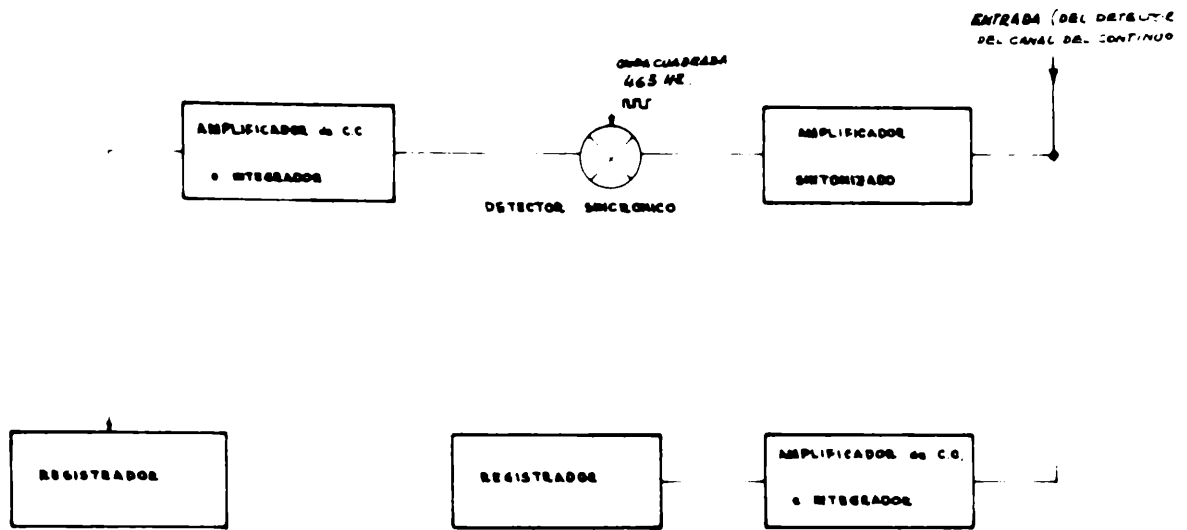


FIG. 3. Continuo

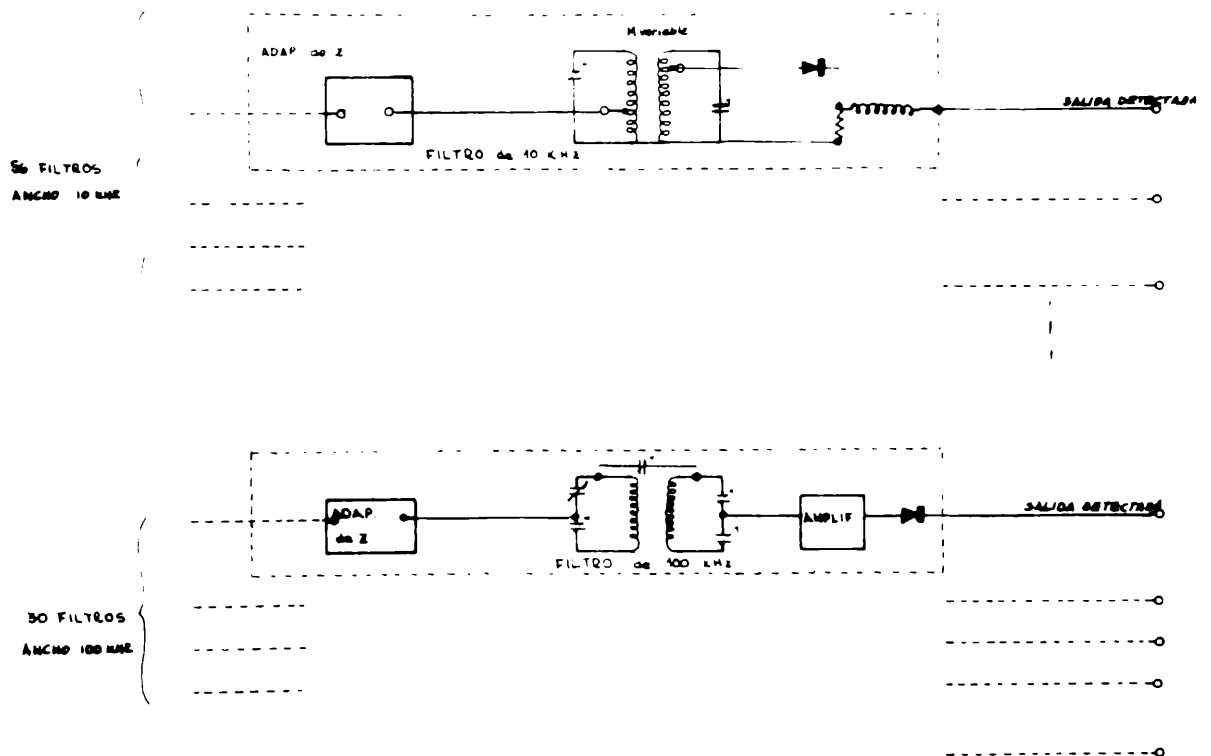


FIG. 4. Esquema del sistema de filtros anchos y angostos.

## LINEA

La construcción de los filtros angostos y anchos se basa en un circuito sintonizado doble; primario y secundario poseen ajuste de sintonía realizable desde afuera (Fig 4). El acoplamiento entre bobinas se logra mediante un capacitador variable en los filtros anchos e inductivamente en los angostos. Las salidas de cada banco de filtros se conectan a los (56) canales Dicke seleccionándose angostos o anchos mediante una batería de llaves; para el caso de los filtros anchos hay 26 canales Dicke que se anulan. Cada canal Dicke está compuesto por un amplificador sintonizado, un detector sincrónico a diodos y una red pasiva como integrador de baja constante de tiempo. Los 56 canales están conectados a 56 integradores compuestos por una resistencia de  $400\text{ M}\Omega$  y una  $C = 1\ \mu\text{F}$  cada uno. Estos integradores son leídos cada 90 segundos ó 180 segundos de tiempo de integración mediante una llave rotatoria especialmente construída dado el alto valor de impedancia en juego. La lectura es tomada por un electrómetro y registrada en un registrador potenciométrico.

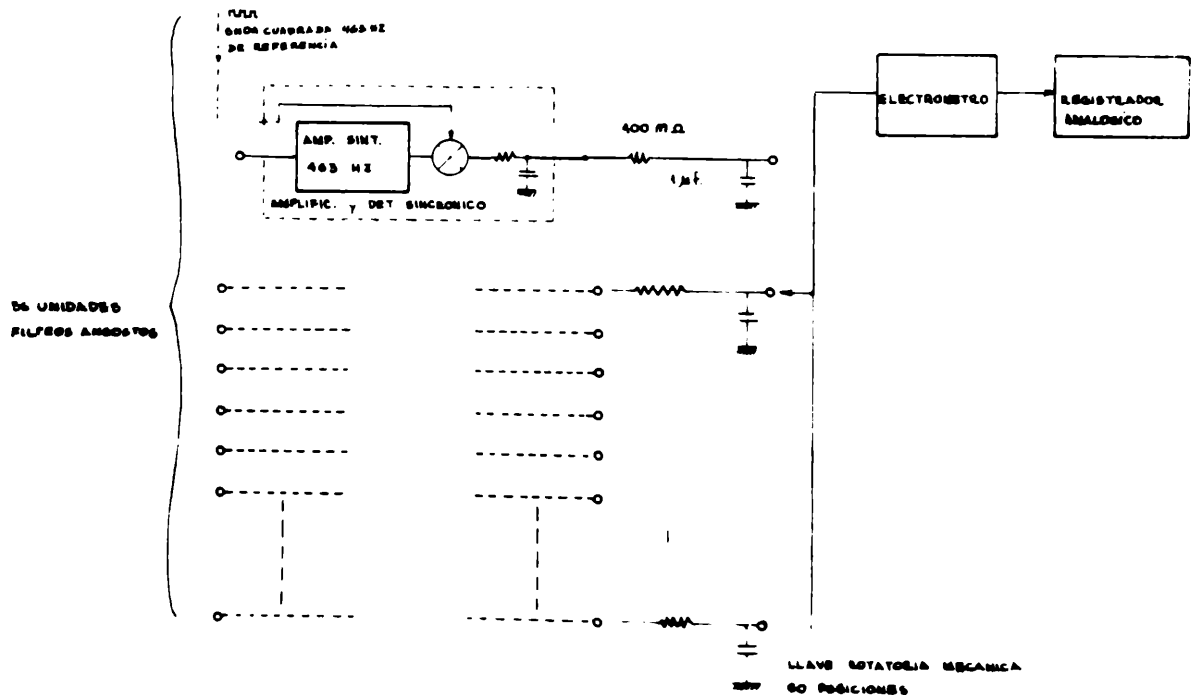


FIG. 5. Sistema de canales dicke y de lectura

## REGISTRO DE DATOS

(Fig. 6). La salida del receptor trabajando como receptor de línea es registrada en forma analógica, como ya ha sido descrito y en forma digital. Para esto último se toma la salida del electrómetro lector de los integradores y se alimenta un Conversor tensión-frecuencia que tiene una transferencia de 10.000 pulsos/seg. x Volt en su mayor sensibilidad. Los pulsos son introducidos en un contador que totaliza los mismos durante 100 mseg; por lo tanto la señal del electrómetro queda cuantificada con un error de 0.1%. El número así obtenido del contador se lleva en código BCD (4421) a un acoplador de estado sólido que transfiere el número que le llega en paralelo (las cifras de un número le llegan al mismo tiempo) en una secuencia serie, usándose una perforadora IBM mod. 26 para registrar el número en tarjeta perforada.

Cuando se quiere hacer una integración larga, se recurre al Integrador Multicanal construido alrededor de un analizador multicanal de 128 canales NUCLEAR DATA. De este instrumento se utiliza su memoria de 128 posiciones con una capacidad de almacenamiento por canal hasta  $10^5$ . El sistema posee un contador interno que también acumula durante 0.1

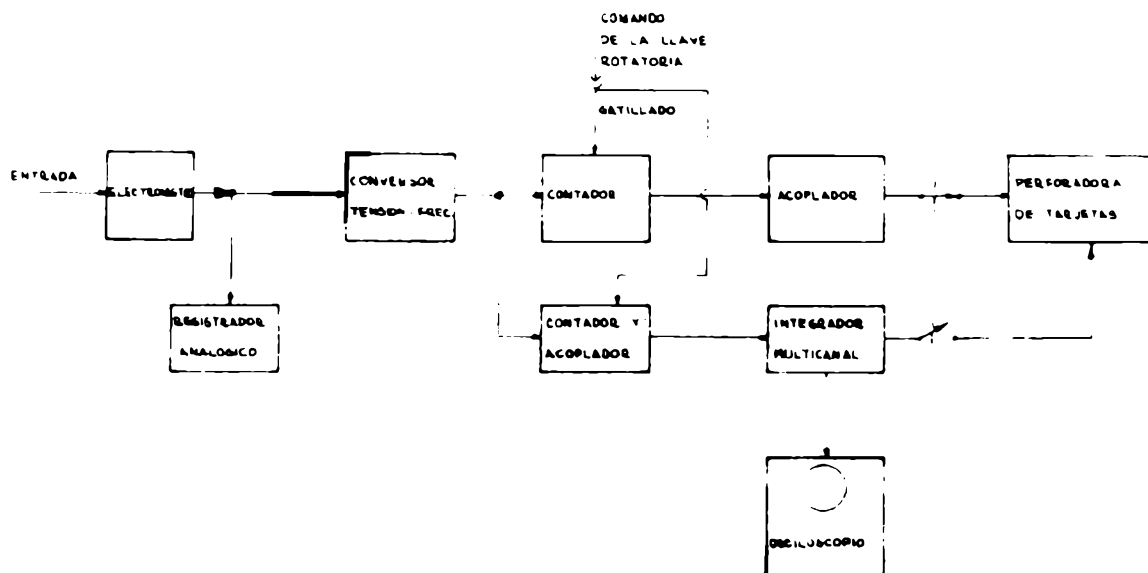


FIG. 6. Sistema de registro de datos.

seg. y por lo tanto cada lectura puede realizarse hasta un máximo de 1000 (igual al sistema anterior). Esto permite la posibilidad de hacer 100 integraciones si la señal proveniente del conversor tensión frecuencia fuese de 10.000 pulsos/seg (fondo de escala). Este valor a fondo de escala raramente es alcanzado y por lo tanto es mayor el número de integraciones posibles. Integrándose cada 90 segundos el tiempo de integración posible es dos horas y media. En las actuales condiciones la estabilidad total del sistema a largo plazo no permite integraciones tan largas. La integración puede ser visualizada después de cada observación de 90 segundos en un osciloscopio. Luego que la integración deseada ha sido realizada los datos son perforados en tarjeta.

### OSCILADOR LOCAL

Según puede verse en el diagrama block, la frecuencia de oscilador local es obtenida partiendo de un oscilador variable (2.7 - 3.5 MHz) y un oscilador a cristal de frecuencia base de aprox. 22 MHz. El objeto es llegar a 111 MHz con una señal que tenga la estabilidad del oscilador a cristal pero ajustable en su entorno. Para ello se mezcla la  $f_{ov}$  con  $f_{xtal}$  y su resultado ( $f_{xtal} \times f_{ov}$ ) se mezcla con  $4 f_{xtal}$  obtenida del oscilador después de multiplicar  $\times 4$ . La frecuencia resultante se utiliza para bloquear en fase un oscilador libre (unidad comercial FAIRCHILD) mediante su armónica 13. La salida

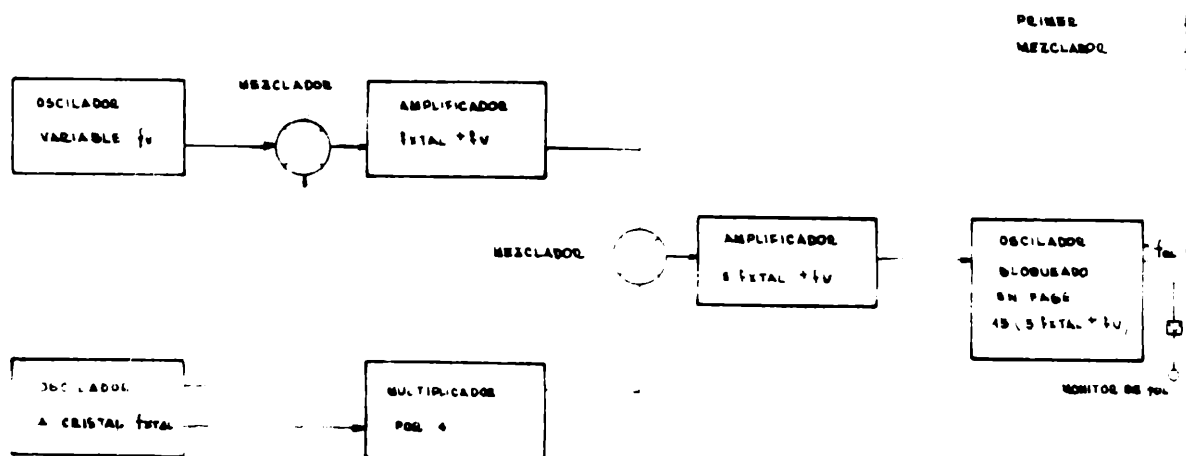


FIG. 7. Sistema de oscilador local.



de 200 mW se manda al cabezal del receptor mediante un coaxil RG17 de baja atenuación, siendo la frecuencia de aprox. 1450 MHz. El oscilador variable tiene como objeto la ubicación de la frecuencia de la línea de Hidrógeno en reposo ( $H_0$ ) en uno de los canales del banco de filtros. Estas frecuencias están tabuladas para canales anchos y canales angostos en base a la generación de la frecuencia de osc. local descripta y las frecuencias de los osciladores locales de los conversores y todo ello en conjunto con las frecuencias a las cuales están sintonizados los distintos filtros.

#### MENCION

El receptor ha sido diseñado y básicamente contruido en la Cernegie Institution of Washington, quienes en años posteriores han suministrado partes fundamentales en las modificaciones realizadas. Poco queda en la actualidad del receptor original y nuevas modificaciones son continuamente programadas. El autor del presente trabajo se hace un deber mencionar a los Ingenieros Rubén Dugatkin, Omar H. González Ferro, Rodolfo Garra, Carlos Buzaglo, Jorge Berlinger y Juan Carlos Olalde como así también a los técnicos Aníbal Camnasio, Alberto Yovino, Zbigniew M. Swidrak y Carlos E. Nagel quienes han aportado su mejor empeño en la pretensión de lograr un sistema lo mejor posible en una disciplina cuya tecnología es necesariamente de avanzada. Este reconocimiento se extiende también a los integrantes del Departamento de Mecánica sin quienes muchas de las realizaciones dentro del I.A.R. no hubiesen sido posibles.

## DATOS DEL RADIOTELESCOPIO

ANTENA - Paraboloide de 30 mts. Montura Ecuatorial.

LIMITES DE MOVIMIENTO  $\pm 30^\circ$  en Angulo horario.

-  $9^\circ$  a  $-90^\circ$  en Declinación.

ANCHO DE HAZ - (1420 MHz)  $0^\circ 28'$  circular

ALIMENTADOR - Dipolo situado en el foco de la parábola con lóbulo con -10 db sobre el borde del reflector principal.

EFICIENCIA - 52%

LOBULOS LATERALES - 20 db

RECEPTOR - Dicke con carga de 50  $\Omega$   $T_0$  como comparación.

TEMPERATURA DE RUIDO DEL SISTEMA -  $240^\circ\text{K}$

ANCHO DE BANDA PARA CONTINUO - 10 MHz.

FILTROS ANGOSTOS - 56 filtros de 10 KHz separados en 4 km/s.

FILTROS ANCHOS - 30 filtros de 100 KHz separados en 25 km/s.

FRECUENCIA INTERMEDIA - 30 MHz

INTEGRACION - 90 seg y 180 seg de la señal proveniente de integradores con  $\tau = 400$  seg.

REGISTRO - Analógico y Digital con  $\epsilon = \pm 0,1\%$  para señal a plena escala. Tiempo de lectura digital por canal: 0.1 seg.

FRECUENCIAS DE OSCILADORES DE REFERENCIA

PRIMER MEZCLADOR

$$f_{OL} = 13 (5 f_{xtal} + f_v) \approx 1450 \text{ MHz}$$

donde

$$f_v = \text{Frecuencia variable } 2,8 - 3,5 \text{ MHz}$$

$$f_{xtal} = 21.727 \text{ MHz}$$

CONVERSOR FILTROS ANGOSTOS

$$\begin{aligned} f_{OL_1} &= 26,000 \text{ MHz} \\ f_{OL_2} &= 26,5212 \text{ MHz} \end{aligned}$$

CONVERSOR FILTROS ANCHOS

$$f_{OL} = 26,448 \text{ MHz}$$