



TOGETHER
for a sustainable future

OCCASION

This publication has been made available to the public on the occasion of the 50th anniversary of the United Nations Industrial Development Organisation.



TOGETHER
for a sustainable future

DISCLAIMER

This document has been produced without formal United Nations editing. The designations employed and the presentation of the material in this document do not imply the expression of any opinion whatsoever on the part of the Secretariat of the United Nations Industrial Development Organization (UNIDO) concerning the legal status of any country, territory, city or area or of its authorities, or concerning the delimitation of its frontiers or boundaries, or its economic system or degree of development. Designations such as “developed”, “industrialized” and “developing” are intended for statistical convenience and do not necessarily express a judgment about the stage reached by a particular country or area in the development process. Mention of firm names or commercial products does not constitute an endorsement by UNIDO.

FAIR USE POLICY

Any part of this publication may be quoted and referenced for educational and research purposes without additional permission from UNIDO. However, those who make use of quoting and referencing this publication are requested to follow the Fair Use Policy of giving due credit to UNIDO.

CONTACT

Please contact publications@unido.org for further information concerning UNIDO publications.

For more information about UNIDO, please visit us at www.unido.org

07959

Distr. RESERVADA

DP/ID/SER.B/115
6 octubre 1977
Español

FERTILIZANTES LIQUIDOS ,

DP/CUB/70/017

CUBA ,

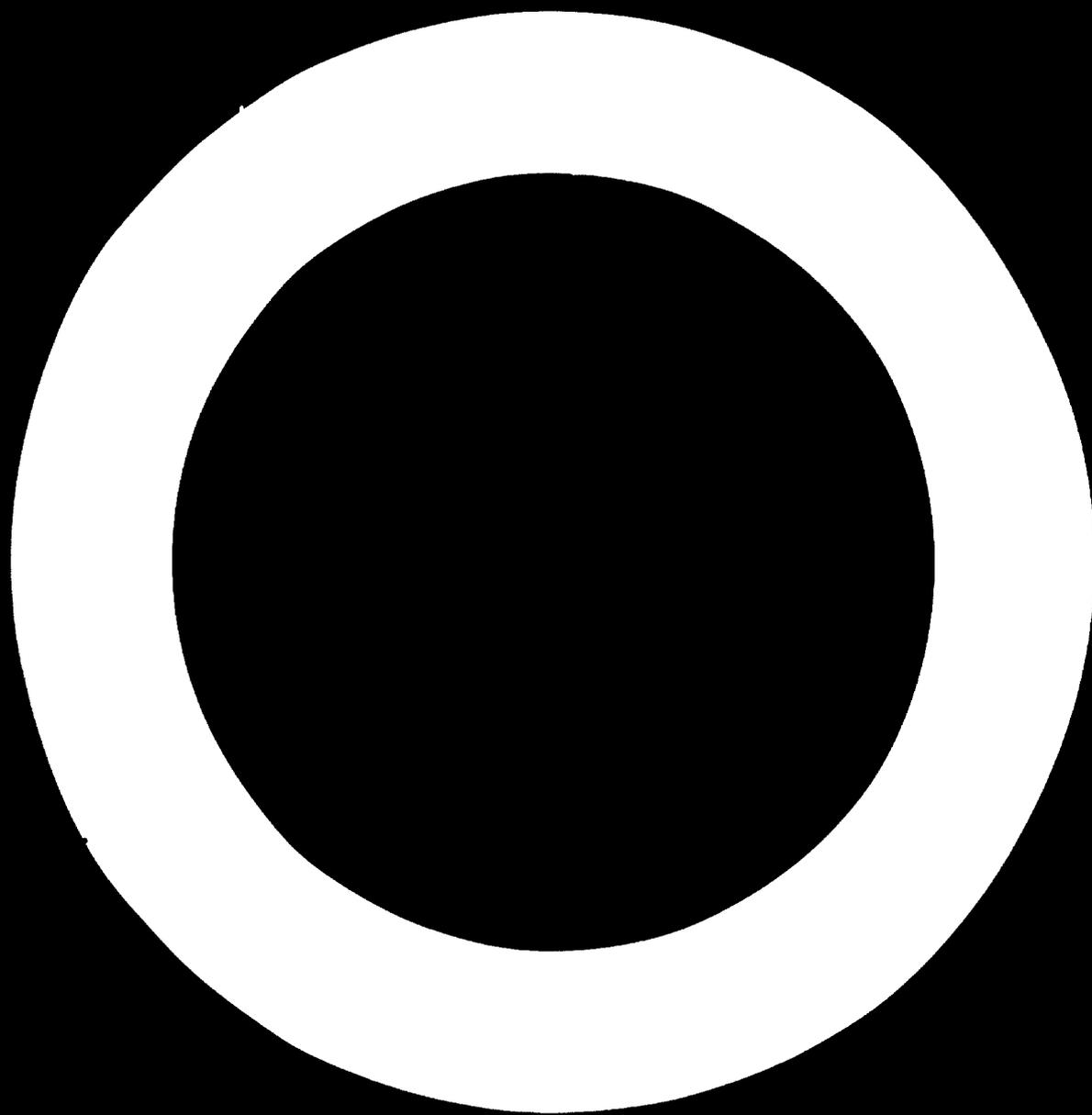
Informe final .

Preparado para el Gobierno de Cuba por la Organización
de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial en
calidad de organismo de ejecución del Programa de las
Naciones Unidas para el Desarrollo

Basado en la labor del Sr. V. Lembrikov, experto en fertilizantes
líquidos y director del proyecto

Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial
Viena

id.77-7212



RESUMEN

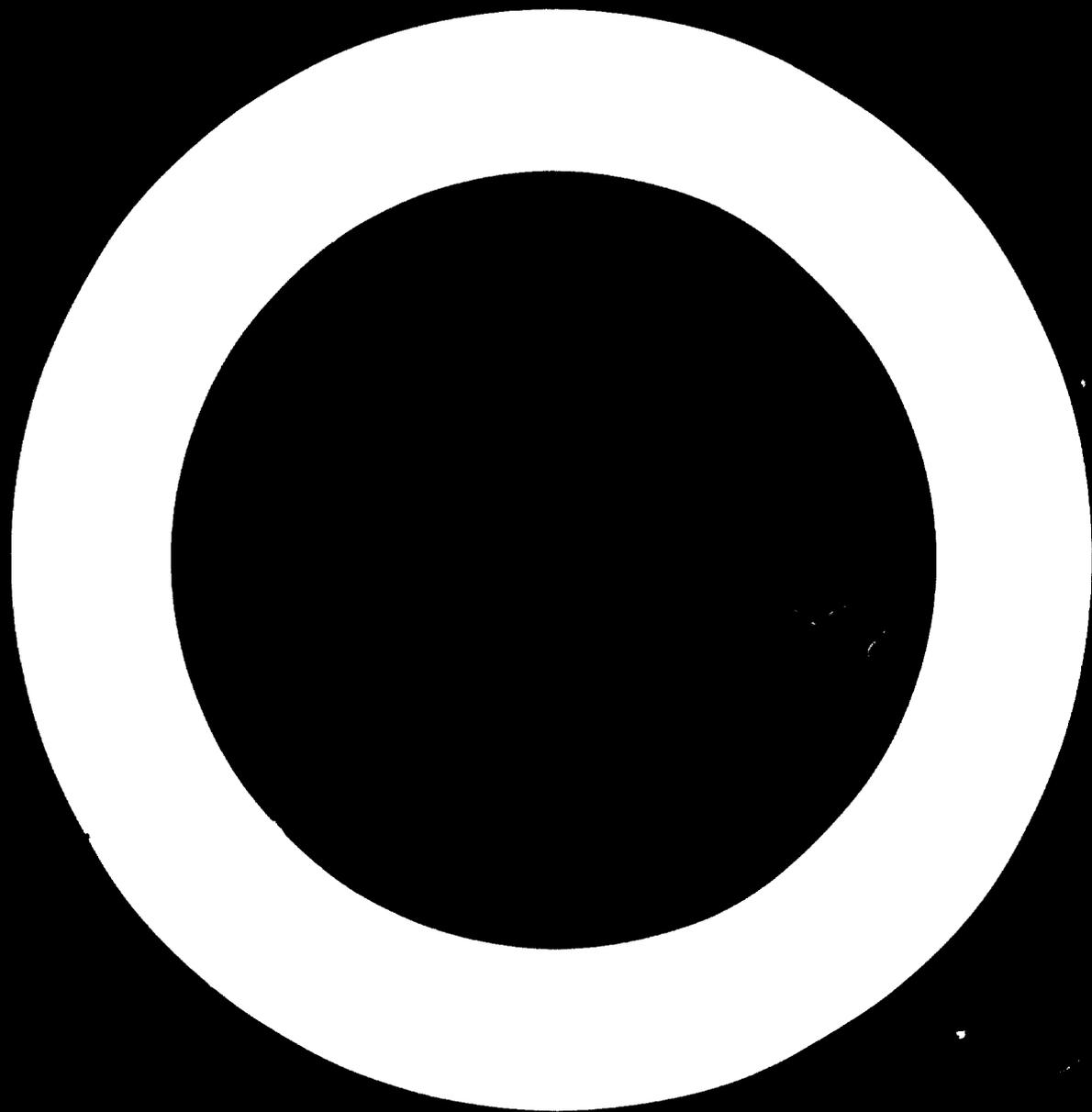
Este informe final sobre fertilizantes líquidos (DP/CUB/70/071) ha sido preparado para el Gobierno de Cuba por el experto de la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI), que ha intervenido como organismo de ejecución del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) y se corresponde con el proyecto que en 1970 elaboró el Ministerio de la Industria Química de Cuba. Un año después fue incluido en el plan del PNUD.

El costo del proyecto rebasó los 80.000 dólares, que se destinaron a financiar los gastos de adquisición de la instalación para investigaciones de laboratorio, planta piloto y pagos al experto y especialistas cubanos.

El informe se ha elaborado en base a los resultados del trabajo que llevó a cabo el Centro de Investigaciones Químicas (CIQ) bajo la dirección del experto, y abarcó el período que va de marzo de 1977 hasta septiembre del mismo año.

El trabajo comprendía el asesoramiento de un grupo de especialistas en fertilizantes líquidos y la química del proceso, así como la producción, almacenamiento y transporte de los fertilizantes líquidos. Se impartieron enseñanzas en relación con las propiedades físico-químicas de los fertilizantes líquidos, y se trataron los aspectos económicos de su producción y aplicación.

Fue elaborado un esquema de la planta piloto que figura al final de este trabajo como anexo III. La existencia de esta planta permitirá la obtención de una amplia gama de fertilizantes líquidos y efectuar experimentos destinados a las investigaciones agroquímicas.



INDICE

<u>Capitulo</u>		<u>Página</u>
	INTRODUCCION	6
I.	DESCRIPCION DEL PROYECTO	7
II.	PLAN DE ACTIVIDADES	9
III.	CARACTERISTICAS DE LOS FERTILIZANTES LIQUIDOS	11
IV.	VENTAJAS DE LOS FERTILIZANTES LIQUIDOS	14
V.	CONDICIONES QUE HAN DE REUNIR LOS FERTILIZANTES LIQUIDOS	15
VI.	PROCESO DE OBTENCION DE SOLUCIONES N-P-K EN LA PLANTA PILOTO	16
VII.	ASPECTOS TEORICO-PRACTICOS DE LA PRODUCCION DE FERTILIZANTES LIQUIDOS	20
VIII.	CONCLUSIONES	23
IX.	RECOMENDACIONES	25

Anexos

I.	Denominación de los equipos y aparatos de la planta piloto	27
II.	Equipos para planta piloto suministrados a través de la ONUDI	29
III.	Esquema de la planta piloto	39

INTRODUCCION

En los últimos veinte años, se han logrado grandes éxitos en los Estados Unidos de América y en diversos países europeos en la producción y la utilización de los fertilizantes líquidos.

El desarrollo intensivo de la producción de fertilizantes líquidos permitirá en los próximos años el progreso técnico de la industria de los fertilizantes minerales. Esto llevará implícito no sólo la ampliación del surtido y el aumento de la calidad de la producción, sino también la introducción de técnicas más eficaces.

En la actualidad, uno de los tipos de fertilizantes minerales de gran eficiencia y prometedoras perspectivas está representado por los fertilizantes líquidos, y, especialmente, los fertilizantes líquidos completos (FLC).

En 1970, se planteó la cuestión de la viabilidad de organizar la producción de fertilizantes líquidos en Cuba por parte del Ministerio de Agricultura de dicho país.

En lo que atañe a la aplicación de los fertilizantes líquidos, las investigaciones agroquímicas fueron encomendadas al Grupo de Suelos y Fertilizantes del Ministerio de Agricultura, y las investigaciones tecnológicas, al Centro de Investigaciones Químicas del Ministerio de la Industria Química.

Entre las recomendaciones que se señalan en el presente informe, merece destacar aquellas relacionadas con el mejoramiento de la tecnología y de los aparatos que se utilizan en el proceso; las directivas de trabajo a seguir para determinar la eficiencia agroquímica de los fertilizantes líquidos, y las recomendaciones encaminadas a organizar la producción de los fertilizantes líquidos en Cuba.

I. DESCRIPCION DEL PROYECTO

En 1971, el proyecto de los fertilizantes líquidos fue incluido en el plan del PNUD, con la aprobación de un fondo de 65.000 dólares para los gastos relacionados con la adquisición de la instalación para las investigaciones de laboratorios de los fertilizantes líquidos y para la adquisición de la instalación de planta piloto, para la invitación de un experto y el envío de los especialistas cubanos.

Desde el 10 de marzo hasta septiembre de 1977, el trabajo sobre los fertilizantes líquidos se realizó bajo la dirección y con la participación del experto del Centro de Investigaciones Químicas, donde fue creado un grupo sobre fertilizantes líquidos, encabezado por la Ing. María J. Izquierdo.

Objetivo del proyecto

El proyecto de los fertilizantes líquidos prevé el estudio de la posibilidad de organizar la producción de los fertilizantes líquidos en Cuba. En correspondencia con esto, las tareas del experto incluyeron las siguientes cuestiones:

- (a) Asesoría de un grupo de investigadores sobre desarrollo industrial de los fertilizantes líquidos a escala mundial;
- (b) Recomendaciones para la construcción de la planta piloto y ensayos relacionados con la selección del régimen tecnológico para obtener distintas marcas de fertilizantes líquidos;
- (c) Recomendaciones para el transporte, almacenamiento y aplicación de los fertilizantes líquidos;
- (d) Recomendaciones para el desarrollo industrial de los fertilizantes líquidos en Cuba;
- (e) Preparación de los especialistas cubanos del Centro de Investigaciones Químicas en materia de los fertilizantes líquidos.

Una etapa importante del proyecto ha sido la construcción de la planta piloto, que permitirá trabajar con diferentes variantes de los esquemas tecnológicos de los fertilizantes líquidos, teniendo en cuenta la materia prima existente y sus perspectivas, así como realizar las investigaciones tomando en cuenta las condiciones climáticas de Cuba; las investigaciones de los parámetros tecnológicos del proceso; las propiedades físico-químicas de los fertilizantes líquidos; las condiciones de transporte y aplicación; las propiedades de corrosión.

La planta piloto permite también a un grupo de personal de servicio
determinados habilitar en la producción de los materiales de plástico y obtener
los patrones experimentales de los fenómenos de flujo en un caso práctico
de aplicación y los datos necesarios para el estudio de los fenómenos de flujo
en un proceso de la organización de la producción de los materiales de plástico.

II. PLAN DE ACTIVIDADES

Después de haber conocido el proyecto sobre los fertilizantes líquidos, el experto preparó el plan de las actividades y su ejecución. Fue propuesto un esquema tecnológico complejo del proceso, que permite trabajar con el amplio surtido de las marcas de los fertilizantes líquidos, tomando en consideración las necesidades de la agricultura.

Así como para la construcción de la planta piloto fue necesario fabricar 20 unidades de los equipos básicos tecnológicos, a fin de que la mayor parte de los equipos fueran hechos de acero especial, no había la posibilidad de cumplir la tarea en tres meses (los aparatos complementarios: Bombas, llaves, y aparatos de medición fueron recibidos a través de la ONUDI y, parcialmente, fabricados en Cuba).

El criterio del experto fue comunicado a la Dirección del Centro y al Representante Residente del PNUD en Cuba, así como a los representantes correspondientes del Ministerio de la Industria Química y del Comité Estatal de Colaboración Económica, los cuales solicitaron a la ONUDI una prórroga del contrato por seis meses. La prórroga fue concedida y el plan de cumplimiento de actividades elaborado del 10 de marzo de 1977 hasta septiembre de 1977.

Con el fin de estudiar la posibilidad de organizar la producción de fertilizantes líquidos, y para obtener los datos necesarios que permitiesen elaborar la fundamentación técnico-económica fue propuesto el esquema tecnológico de la planta piloto con una productividad de 100 kg/h de la solución de los fertilizantes líquidos. Actualmente está terminado el montaje de la planta, y el esquema de la misma, se incluye al final de este trabajo. Han comenzado ya los ensayos tecnológicos.

La planta piloto permite trabajar con el régimen de obtención de soluciones nitrogenadas (N); con las soluciones nitrofosfóricas (N-P) de las marcas 7-21-0 y 8-24-0 con la utilización del ácido fosfórico de concentración 52-54% de P_2O_5 ; con soluciones nitrofosfóricas de las marcas 10-24-0 y 11-37-0 con la utilización del ácido polifosfórico; con las soluciones (N-K) a base de compuestos que contienen nitrógeno y potasio, así como obtener un amplio surtido de los fertilizantes líquidos con la utilización de compuestos nitrogenados (urea, nitrato de amonio) y compuestos potásicos.

PRINCIPALES ACTIVIDADES Y PLAZOS DE SU CUMPLIMIENTO

A C T I V I D A D E S
 MARZO ABRIL MAYO JUNIO JULIO AGOSTO SEPTIEMBRE
 10-20 21-31 1-10 11-20 21-31 1-10 11-20 21-31 1-10 11-20 21-31 1-10 11-20 21-31

1. Conocimiento del Proyecto.	x							
2. Elaboración del esquema tecnológico de obtención de fertilizantes líquidos de nitrógeno y fósforo.	x							
3. Elaboración del esquema de obtención de un amplio surtido de fertilizantes líquidos.	xxx							
4. Elaboración de la construcción de distintos bloques y aparatos.	xxx							
5. Consultas durante: - El diseño del esquema de los equipos. - La preparación de los equipos. - El montaje del esquema tecnológico. - La elaboración del esquema de los aparatos de medición y control.	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	
6. Presentar los principios teóricos del proceso de obtención de los fertilizantes líquidos.	xxx	xxx						
7. Exponer las propiedades y condiciones sobre transporte y almacenamiento de las materias primas para la obtención de los fertilizantes líquidos. - Acido fosfórico. - Acido polifosfórico. - Los componentes de nitrógeno y potasio.	xxx	xxx	xxx					
8. Las propiedades físicas y químicas de los fertilizantes líquidos.	xxx	xxx	xxx	xxx				
9. Balances materiales y técnicos.		xxx	xxx					
10. Preparación de la instrucción de arranque y el reglamento tecnológico de la planta piloto.		xxx	xxx	xxx	xxx			
11. Recomendaciones sobre los métodos de análisis.						xxx		
12. Valoración del proceso de la modelación de distintos aparatos.						xxx		
13. Arrancada y prueba de la planta piloto.					x	x	x	x
14. Realización de experimentos.							x	x
15. Las condiciones de transporte y almacenamiento de fertilizantes líquidos.					x	x		
16. Las cuestiones sobre la organización del transporte y aplicación de P.L.							x	x
17. Algunos cálculos económicos.							x	x
18. Conferencias e informes.								x
19. Preparación del informe final y recomendaciones sobre el trabajo ulterior.								x

III. CARACTERISTICAS DE LOS FERTILIZANTES LIQUIDOS

El término "fertilizantes líquidos" abarca una diversidad de productos que se distinguen por su estado físico, y pueden ser:

- (a) Amoníaco líquido bajo presión;
- (b) Soluciones de nitrógeno bajo la presión de sus propios vapores;
- (c) Soluciones de nitrógeno sin presión;
- (d) Soluciones sobresaturadas o suspensiones.

Como formas líquidas de los fertilizantes nitrogenados intervienen:

1. Amoníaco líquido (anhídrido - 82,2% del N). Debido a la alta elasticidad de vapores, el amoníaco líquido se transporta y se almacena en los tanques de acero especial calculados para una presión de 20 atmósferas. Durante su utilización como fertilizante, el amoníaco líquido se licua bajo la presión de 8-10 atm. o se enfría hasta 34,4°C. La mayor eficiencia del amoníaco líquido se obtiene durante su utilización en los suelos sueltos, en condiciones de riego o en las regiones húmedas. Con el fin de evitar las pérdidas, el amoníaco se aplica en una profundidad de 14-18 cm.
2. Soluciones de nitrógeno bajo la presión de sus propios vapores. A estas soluciones pertenecen las soluciones de amoníaco en el agua o las soluciones de las sales, que contienen las sales de nitrógeno en el amoníaco anhidro concentrado, llamadas amoniacates.

Las soluciones de amoníaco en el agua contienen 25% de amoníaco, que corresponde 20,5% del nitrógeno y 20% de amoníaco (16% de nitrógeno) los cuales se obtienen mediante la saturación del agua con el amoníaco gaseoso. El nitrógeno de estos fertilizantes está principalmente en forma de amoníaco libre, y por eso existe la posibilidad de su pérdida en el suelo después de su aplicación. La fijación de amoníaco depende de la capacidad total de absorción, de la humedad, de la estructura del suelo, de la reacción del medio.

Las soluciones acuosas de amoníaco se aplican en una profundidad de 10-12 cm. Como deficiencia de las soluciones de amoníaco podemos citar su relativamente baja concentración.

3. Soluciones de las sales que contienen el nitrógeno en el amoníaco anhidro concentrado. En calidad de los componentes que contienen el nitrógeno más frecuente, utilizan el nitrógeno de amonio y la urea. Los amoniacates son muy diversos, tanto por el contenido del nitrógeno, como por la correlación de él

en distintas formas. El contenido de nitrógeno en los amoniacatos varía del 35% hasta el 50%. Para la obtención, el transporte y la aplicación de los amoniacatos se necesitan las capacidades hechas de acero inoxidable o de metal cubierto con capas anticorrosivas.

4. Las soluciones nitrogenadas son las soluciones de una o varias sales: urea, nitrato de amonio y raramente sulfato de amonio en agua. Disolviendo la urea en agua se puede obtener la solución con contenido de 18% de nitrógeno, lo que es una concentración relativamente baja. Por otra parte, la solubilidad de la mezcla de urea y nitrato de amonio con la correlación óptima de estas dos sales es considerablemente más alta que la solubilidad de cada sal tomada separadamente. La utilización de la mezcla de urea y nitrato de amonio con la correlación 35,4: 44,3; 32: 42,2 en porcentaje en peso permite obtener soluciones con contenido de nitrógeno de un 32% y 30%. La producción de tales soluciones se realiza mediante la disolución de las sales elaboradas, pero más frecuente se utilizan los productos no elaborados, es decir semiproductos de estas sales.

5. Los fertilizantes líquidos complejos. De los fertilizantes líquidos, presentan más interés los fertilizantes líquidos complejos, a los cuales pertenecen las soluciones que integran en sí dos o tres elementos nutritivos. De las soluciones dobles, obtuvieron más distribución las soluciones nitro-fosfóricas de las marcas 7-21-0 y 8-24-0, las cuales se obtienen a base de ácidos fosfóricos de extracción y de la descomposición térmica correspondiente, con el contenido de P_2O_5 de aproximadamente un 50%. Las marcas 10-34-0 y 11-37-0 se obtienen a base del ácido polifosfórico. El proceso de la obtención de las soluciones N-P puede presentar distintas diferencias en los aparatos, según la calidad del ácido utilizado y la composición de la solución obtenida. La operación principal en la producción de las soluciones N-P es la neutralización del ácido fosfórico, que se realiza con la utilización del neutralizador de alta capacidad o del reactor tubular.

La técnica más eficaz es la obtención de los fertilizantes líquidos a partir de los ácidos polifosfóricos, en los cuales una parte del fósforo está en una especie de poliformas, las cuales durante la neutralización se convierten en polifosfatos de amonio que presentan un elevado coeficiente de solubilidad en comparación con los ortofosfatos, y ello permite obtener soluciones más concentradas.

Durante la obtención de las soluciones (N-P-K) triples de fertilizantes líquidos, con distinta correlación, se utilizan la urea, el nitrato de amonio o sus mezclas como fuente adicional de nitrógeno; el cloruro de potasio obtiene más distribución en calidad de fuente de potasio, pero su solubilidad es bastante baja -sobre todo si la solución contiene nitrato de amonio- y esto provoca la posible formación de sales de nitrato de potasio poco solubles. Como consecuencia, al aumentar la concentración de potasio disminuye la de las sustancias nutritivas de las soluciones.

Los fertilizantes líquidos tienen una concentración de sustancias nutritivas relativamente baja en comparación con la de los sólidos debido a que con el aumento del radio de transporte aumentan los gastos del mismo. Esta deficiencia se puede en cierta medida subsanar obteniendo los fertilizantes de suspensión.

Los fertilizantes complejos de suspensión se elaboran a base de ácido polifosfórico en las instalaciones utilizadas para la obtención de las soluciones (N-P) con la adición de las arcillas de bentonita o de atapulguita.

Estos fertilizantes se pueden almacenar durante largo plazo, sin que eliminen el precipitado y se dividan. La concentración de las sustancias nutritivas en los fertilizantes de suspensión es un 8-28% mayor que en las soluciones.

IV. VENTAJAS DE LOS FERTILIZANTES LIQUIDOS

En comparación con los fertilizantes sólidos, los fertilizantes líquidos tienen una serie de ventajas, relacionadas con la exclusión del ciclo tecnológico de una serie de operaciones tales como la granulación, el secado, etc., lo que permite disminuir las inversiones de capital en un 20-30%. Además, los fertilizantes líquidos, en comparación con los sólidos, tienen considerables ventajas en la etapa de su aplicación, a saber:

- (a) La mecanización completa de los trabajos de transporte y de aplicación;
- (b) Alta distribución homogénea de las sustancias nutritivas en el suelo;
- (c) La disminución considerable de las pérdidas en las etapas "fábrica-campo";
- (d) La posibilidad de la aplicación de estos fertilizantes superficialmente, así como en profundidad;
- (e) La posibilidad de la aplicación simultánea de herbicidas, insectofungicidas, y microelementos.

Además de esto, los fertilizantes líquidos complejos en comparación con los fertilizantes líquidos nitrogenados, tienen ventajas adicionales relacionadas con la posibilidad de su transporte y el almacenamiento en los envases no herméticos, y tienen una baja actividad corrosiva en relación con los metales negros.

Las ventajas de los fertilizantes líquidos en comparación con las de los sólidos para las condiciones de Cuba, se caracterizan por:

- (a) La presencia de las unidades de producción que necesitan grandes cantidades de fertilizantes;
- (b) La demanda de los fertilizantes durante todo el año;
- (c) El clima tropical dificulta el transporte, el almacenamiento y la aplicación de los fertilizantes minerales sólidos;
- (d) La posibilidad de simultánea la aplicación de los fertilizantes líquidos con el riego.

V. CONDICIONES QUE HAN DE REUNIR LOS FERTILIZANTES LIQUIDOS

Los fertilizantes líquidos son las soluciones de las sales nutritivas que determinan y limitan la selección de las materias primas de utilización. No son utilizables las sales insolubles y poco solubles. Durante la producción de los fertilizantes líquidos es necesario seleccionar la materia prima, la cual determina la obtención de la correlación óptima de los elementos nutritivos, tomando en cuenta las propiedades físico-químicas de las soluciones obtenidas. Teniendo en cuenta todo esto, los fertilizantes líquidos deben reunir las siguientes condiciones:

- (a) Concentración máxima en correlación óptima con las sustancias nutritivas para una especie dada de fertilizantes;
- (b) Los fertilizantes líquidos deben tener cualidades que simplifiquen la posibilidad de su aplicación, tales como baja viscosidad, y baja temperatura de cristalización, lo que permite el almacenamiento y la aplicación en cualquier época del año;
- (c) La suficiente resistencia durante el almacenamiento;
- (d) La inercia o la poca actividad de la corrosión referente a la instalación.

De las características citadas de los fertilizantes líquidos, prestan más interés las soluciones obtenidas con la utilización del ácido polifosfórico, pero así como la arrancada de la planta piloto fue realizada con la utilización del ácido fosfórico de 52% de P_2O_5 , en el informe se describen los parámetros de este proceso.

VI. PROCESO DE OBTENCION DE SOLUCIONES H-F-F EN LA PLANTA PILOTO

El ácido fosfórico con la concentración de P_2O_5 (32-34%) entra en el tanque de recepción de ácido (posición 7), que tiene una capacidad de 300 l está hecho de acero inoxidable. Este recipiente tiene un serpentín para el calentamiento del ácido, un agitador y un controlador de la temperatura del ácido.

El ácido fosfórico, a la temperatura de 60°C, es bombeado del tanque de recepción (posición 10) al tanque intermedio para ácido que tiene una capacidad de 108 l, es de acero inoxidable y está provisto de una camisa de vapor para mantener una temperatura determinada del ácido, dispone de un agitador y del reboso del ácido al tanque de recepción (7). En el tanque intermedio para ácido se controla la temperatura del mismo.

El ácido fosfórico del tanque intermedio, que cuenta con una bomba dosificadora (posición 13), se suministra al reactor tubular (posición 15) a través del medidor de flujo a una temperatura de hasta 80°C y una presión de 1,5-2 atm. Simultáneamente, del cilindro (posición 24) al reactor se introduce hasta un 70% de la cantidad total de amoníaco a temperatura de 0-20°C y presión de 1,5-2 atm. El agua amoniacal, que viene de la absorción, llega a la parte superior del reactor desde el tanque intermedio para agua (posición 6), la cantidad de la cual depende de la densidad de la solución en el neutralizador (posición 16).

El reactor está hecho de una aleación de Hastelloy y tiene una camisa para evitar las incrustaciones. Debido al calor de la reacción química, en el reactor se desarrolla una temperatura de hasta 220-250°C, la cual se mide con la ayuda de un termopar.

El fundido formado en el reactor de fosfato y, parcialmente, de polifosfato de amonio pasa al tanque neutralizador (posición 16), que tiene una capacidad de 300 l, y es de acero inoxidable. El neutralizador tiene un agitador, una camisa para el enfriamiento y un barboteador (posición 18) para la amonificación de la solución, a la que se añade el restante 30% del amoníaco.

En el neutralizador se mide constantemente, con ayuda del densímetro, la densidad de la solución, y según ésta se regula el gasto del agua en el reactor. Se mide también el PH con ayuda del PH-metro.

Además de esto, en el neutralizador se mide incesantemente la temperatura y se mantiene al nivel de 50-65°C con ayuda de la solución en circulación y del agua de refrigeración. La bomba de circulación para la solución (posición 23), extrae el líquido del tanque (posición 21) (donde la solución se enfría con un serpentín (posición 20)) y la pasa por los tubos del enfriador (posición 19) con una superficie de 2 m².

El producto terminado se toma del circuito de circulación y va a parar a un tanque de almacenamiento de solución (posición 25). La salida del producto terminado se controla por el nivel en el tanque de circulación de solución (posición 21).

El agua de refrigeración del reactor, del neutralizador, del tanque de circulación de solución y del enfriador se suministra del tanque de almacenamiento de agua (posición 14) con ayuda de la bomba de circulación de agua (posición 22), a través de rotámetros o del circuito de agua de refrigeración.

La mezcla de vapores y gases que sale del neutralizador, a una temperatura de 60°C, pasa a la parte inferior de la torre de absorción (posición 3), que consiste de un aparato con empaquetadura. La torre de absorción se rocía con agua mediante la bomba de circulación de agua (posición 5) a través de un rotámetro.

Al pasar los gases al separador de gotas (posición 2) se liberan a la atmósfera con ayuda del extractor (posición 1).

La obtención de distintas fórmulas de los fertilizantes líquidos N-P-K se realiza en el tanque diluidor (posición 41), que tiene una capacidad de 200 l, es hecho de acero inoxidable, cuenta con un serpentín para mantener una temperatura de 50°C, y, además, tiene un agitador (posición 40) para el suministro de urea. La solución nitrofosfórica del tanque de almacenamiento de solución (posición 25) pasa, por gravedad, al reactor a través de un rotámetro. Además, de acuerdo con la fórmula del fertilizante líquido, en el reactor se añade una cantidad necesaria de agua a través de un rotámetro y los componentes sólidos que contienen el nitrógeno y el potasio. La tolva alimentadora (posición 26) suministra la urea y el cloruro de potasio (posición 27).

El esquema tecnológico prevé la posibilidad de obtener fertilizantes líquidos (NPK) mediante la utilización de soluciones saturadas, que contienen como componentes el nitrógeno y el potasio.

La solución saturada de la urea se obtiene mediante el siguiente esquema: La tolva (posición 26), y el tanque diluidor (posición 32) para la dilución de la urea en agua. Este tanque está hecho de acero inoxidable con un volumen de 150 l y tiene un serpentín para mantener una temperatura de 70-80°C y un agitador.

El esquema de la obtención de la solución del nitrato de amonio es el siguiente:

La tolva (posición 27) y el tanque diluidor (posición 37) para la dilución del nitrato de amonio. Este tanque es de acero inoxidable con un volumen de 150 l y tiene un serpentín para mantener una temperatura de 70-80°C y un agitador.

Las soluciones obtenidas de la urea y del nitrato de amonio con la ayuda de las bombas peristálticas (posición 34-38) a través del mezclador de velocidad (posición 40) pasan al reactor.

Las soluciones de los tanques 32 y 37 pueden pasar al reactor por gravedad.

La solución del cloruro de potasio se prepara como las soluciones anteriores, utilizando una de las líneas y se suministra al reactor.

Está prevista la circulación de la solución a través del refrigerador (posición 19), cuando sea necesario disminuir la temperatura del reactor.

El producto elaborado, solución NPK, se transporta a través de un mecanismo a los tanques (posiciones 44 y 46). La agitación de las soluciones almacenadas y su descarga se realiza con las bombas (posiciones 45 y 47).

Durante la realización de los ensayos para la determinación del régimen tecnológico está previsto el control de:

- La temperatura y el nivel del ácido en los tanques intermedio y de recepción;
- La presión y el gasto del ácido;
- La presión y el gasto del amoníaco en el reactor y en el neutralizador;
- La temperatura en el reactor;
- El gasto del agua que pasa al neutralizador;
- El gasto del agua para el enfriamiento:
 - (a) Para la camisa del reactor
 - (b) Para el neutralizador
 - (c) para el enfriador;
- La temperatura del agua de enfriamiento en la entrada y salida;
- La temperatura de la solución en el neutralizador, el PH y el peso específico;
- El gasto de la solución de circulación de los fertilizantes líquidos;
- La temperatura de los gases de salida;
- El gasto de agua para la absorción;

- La temperatura del producto elaborado;
- El gasto de la urea, del nitrato de amonio y del cloruro de potasio o de sus soluciones;
- La temperatura de la preparación de las soluciones saturadas;
- La cantidad de agua que se utiliza para la preparación de las soluciones;
- La composición del producto elaborado, que se determina mediante el análisis químico.

III. ASPECTOS TEÓRICO-PRACTICOS DE LA PRODUCCIÓN DE FERTILIZANTES LÍQUIDOS

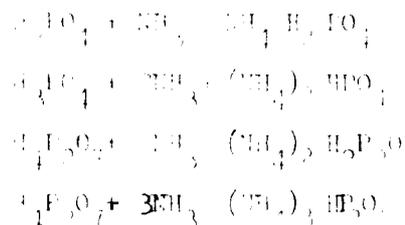
En relación con el programa y plan de trabajo, se capacitó a los especialistas cubanos en fertilizantes líquidos, teniendo en cuenta las cuestiones teóricas y prácticas, relacionadas con la materia prima utilizada para la producción de los fertilizantes líquidos, el quimismo del proceso y las propiedades físico-químicas de los fertilizantes líquidos. Fue elaborado el balance material y térmico del proceso y fueron revisadas las condiciones de almacenamiento y transporte de los fertilizantes líquidos.

Las soluciones que contienen nitrógeno y fósforo se obtienen, casi siempre, mediante la amonificación del ácido fosfórico con el amoníaco líquido o gaseoso. El ácido fosfórico que se utiliza para la obtención de las soluciones de fosfatos de amonio puede ser de extracción o térmico, así como el ácido polifosfórico concentrado. La obtención de los fertilizantes líquidos de alta concentración en caso de amonificación de los ácidos fosfóricos se ve limitada por la solubilidad de las sales formadas de fosfatos de amonio ácidos. La solubilidad del ácido fosfórico amonificado es una función del grado de amonificación y de concentración del ácido. Durante la neutralización de los ácidos térmico o de extracción, con el contenido de P_2O_5 (52-54%) se suelen obtener los fertilizantes líquidos de las marcas 7-21-0, 8-24-0.

Las soluciones, en este caso, son las mezclas de las sales mono y diamonifosfato. Con el desarrollo de la producción del ácido polifosfórico y su utilización para la producción de los fertilizantes líquidos, se hizo posible obtener las soluciones nitro-fosfóricas con el contenido de las sustancias nutritivas 44-48%, es decir, de las marcas 10-34-0 y 11-37-0.

El ácido polifosfórico es una mezcla de los ácidos: orto-, piro-, tripoli-, y de más altas combinaciones. Durante la amonificación del ácido polifosfórico, se forman polifosfatos de amonio, la solubilidad de los cuales es más alta que los ortofosfatos. Esto explica la concentración elevada de las soluciones. Además, los polifosfatos son capaces de fijar en las soluciones las mezclas de hierro y aluminio.

La neutralización del ácido fosfórico con el amoníaco es la etapa principal del proceso tecnológico durante la obtención de los fertilizantes líquidos complejos. Durante la neutralización se producen las siguientes reacciones principales:



El proceso de amonificación se realiza en el reactor tubular. La temperatura que se desarrolla en el reactor a causa de la reacción favorece la formación de poliformas. El pH influye en la calidad de los fertilizantes líquidos.

El régimen térmico del proceso se determina principalmente por las propiedades del ácido fosfórico de partida: Por su concentración y el grado de conversión, por la velocidad de suministro de reagentes, por la magnitud de la carga, y por las correlaciones entre sí de los componentes de partida, así como por las particularidades de construcción del reactor.

Para el ácido polifosfórico de un 70% de P_2O_5 bajo el grado de amonificación $\text{N}: \text{P}_2\text{O}_5 = 0,3$ el efecto térmico de la reacción es equivalente a 1.205 kcal para 1 kg. de NH_3 . Aumentar el grado de amonificación más de 0,3 no tiene sentido, porque durante el siguiente aumento de la correlación entre amoníaco y ácido no se observa el crecimiento del efecto térmico de la reacción, pero, al mismo tiempo, se aumentan las pérdidas de amoníaco. Todo lo expuesto pertenece al campo de la presión de amoníaco moderado (1-3 atm).

Por sus propiedades físicas los fertilizantes nitrófosfóricos líquidos son soluciones de colores blanco a verde, lo que depende de las propiedades del ácido fosfórico de partida, con el $\text{pH} = 6-7$. La correlación nitrógeno y fósforo en las soluciones es aproximadamente 1:3, y si las soluciones se obtienen con la utilización del ácido polifosfórico, entonces el contenido de P_2O_5 en las soluciones en especie de poliformas es equivalente a un 50-60% del contenido total de P_2O_5 ; el peso específico 1,2-1,3 g/cm^3 y 1,38-1,42 g/cm^3 depende de la temperatura y de la concentración de la solución. La viscosidad de estas soluciones es igual a 30-40 centipoise y se modifica de acuerdo con la temperatura y la concentración. La temperatura de cristalización para las soluciones de marcas 7-21-0 y 8-24-0, temperatura 8°C bajo 0; para las soluciones de marcas 10-34-0 la temperatura es de 20°C bajo 0, la temperatura de cristalización de las soluciones triples NPK depende del contenido de los componentes de partida.

Para evitar la hidrólisis, que disminuye el contenido de poliformas, es necesario almacenar los fertilizantes líquidos bajo temperaturas no superiores a 20-25°C. Quedan revisadas así las cuestiones relativas a la base de la materia prima posible para la obtención de soluciones de fertilizantes líquidos, y las posibles técnicas para la utilización de la materia prima, lo cual se ha tenido en cuenta durante el montaje de la planta piloto. Fueron preparadas las recomendaciones que afectan las propiedades físicas de los ácidos fosfóricos y polifosfóricos, y las condiciones de su transporte y almacenamiento.

Se han revisado las cuestiones que atañen a la valoración técnico-económica de la producción de fertilizantes líquidos, y se han formulado recomendaciones.

Además de esto, fueron ofrecidas una serie de conferencias para los trabajadores del Ministerio de la Industria Química, el Centro de Investigaciones Químicas y para los trabajadores de la fábrica sobre el problema de la producción de los fertilizantes minerales.

VIII. CONCLUSIONES

Hasta ahora y en correspondencia con la tarea del experto se han trazado las actividades y los plazos de su cumplimiento sobre los fertilizantes líquidos. En este campo, se ha llevado a cabo el siguiente trabajo:

- (a) Consulta o asesoría sobre el problema del desarrollo de los fertilizantes líquidos y sobre las particularidades de los esquemas tecnológicos;
- (b) Fueron revisadas las cuestiones relacionadas con:
 - (i) Tecnología de producción de las distintas marcas de los fertilizantes líquidos;
 - (ii) Química del proceso;
 - (iii) Las propiedades físico-químicas de los fertilizantes líquidos;
 - (iv) Condiciones de transporte y almacenamiento;
- (c) Fue elaborado el balance material y térmico del proceso de la producción de los fertilizantes líquidos;
- (d) Se propuso un esquema tecnológico de la planta piloto;
- (e) Se llevó a cabo el montaje de la planta piloto con la productividad de 100 kg/h de la solución y fue comprobado el trabajo de algunos bloques y aparatos;
- (f) Fueron iniciados los ensayos con el fin de establecer el régimen tecnológico de distintas marcas de fertilizantes líquidos;
- (g) Fue elaborado el reglamento tecnológico de la planta piloto con la instrucción para su explotación;
- (h) Se formularon recomendaciones sobre la ejecución de la valoración técnico-económica de los fertilizantes líquidos;
- (i) Se revisaron las cuestiones que afectan a la dirección del trabajo para la determinación de la eficiencia agroquímica de los fertilizantes líquidos en la estación de experimentación del Grupo de Suelos y Fertilizantes;
- (j) Se examinaron aquellos asuntos concernientes a la viabilidad de la construcción de una planta semiindustrial para la obtención de fertilizantes líquidos en la fábrica "Cubanitro", en la ciudad de Matanzas, después de trabajar con el régimen tecnológico en la planta piloto y luego de verificar las pruebas agroquímicas.

Como el proyecto de los fertilizantes líquidos fue elaborado en 1970, y la realización y construcción de la planta piloto se inició en marzo de 1977, en algunos países, durante este tiempo, la producción de los fertilizantes líquidos experimentó un ulterior desarrollo y se perfeccionaron algunos aspectos del régimen tecnológico y los aparatos, y lo que no se pudo prever durante la elaboración del proyecto fue previsto durante el diseño y montaje de la planta piloto. Además de esto, en la solicitud de compra de los equipos a través de la ONUDI no fueron incluidos algunos bloques necesarios para el montaje de la planta piloto y para el funcionamiento del régimen tecnológico. Por ello, durante el montaje de la planta piloto fue necesario fabricar una parte considerable de los equipos o adaptar los existentes.

Tomando en cuenta todo esto y para que la planta trabaje a un ritmo adecuado en el futuro se necesitará sustituir algunos bloques, a saber:

- 2 Dosificadores de peso;
- 2 Bombas dosificadoras;
- 1 Flujoómetro de inducción para el ácido fosfórico.

En la adquisición de estos equipos se necesitará la ayuda de la ONUDI.

IX. RECOMENDACIONES

El proyecto de los fertilizantes líquidos corresponde completamente a las tareas que plantea el Gobierno del país. Sobre las cuestiones que incumben al futuro desarrollo de la química, la elaboración y la introducción de las técnicas más económicas de la producción de fertilizantes líquidos en el país.

Las tareas de la planta piloto comprenden: El perfeccionamiento del régimen tecnológico, la obtención de distintas marcas y especies de fertilizantes líquidos y la entrega de los datos para la construcción de una planta de experimentación y de producción industrial más potente, así como la organización de la introducción de los fertilizantes líquidos en el surtido de los fertilizantes minerales que se aplican en el país.

Las futuras investigaciones sobre los fertilizantes líquidos deben ir encaminadas al perfeccionamiento del esquema tecnológico y al equipamiento del proceso.

Esquema tecnológico. Conviene realizar investigaciones con el fin de determinar la viabilidad de obtención de soluciones de fertilizantes líquidos más concentrados: Suspensiones; desarrollar la técnica de adición de microelementos; trabajar la tecnología de las distintas marcas de fertilizantes líquidos con contenido elevado de potasio.

Equipamiento del esquema. Hay que realizar la investigación de los procesos de neutralización y absorción en un solo aparato; trabajar la variante de calentamiento de ácido fosfórico en un intercambiador externo; estudiar la posibilidad de obtención de los fertilizantes líquidos de fórmula 10-34-0 a base de ácido fosfórico de 54-63% de P_2O_5 , y perfeccionar la construcción del reactor tubular.

En cuanto a las cuestiones de la aplicación y de las investigaciones agroquímicas es necesario trabajar con las partidas de experimentación de los fertilizantes líquidos para:

- (a) Estudiar la posibilidad de utilización de las técnicas existentes para el transporte de fertilizantes líquidos;
- (b) Verificar la eficiencia agroquímica de los fertilizantes líquidos en distintas zonas climáticas y de suelos del país, los plazos y las técnicas de su aplicación, la influencia del polifosfato de amonio sobre el régimen fosfático del suelo, así como sobre el metabolismo de las sustancias, el crecimiento y desarrollo de la planta;
- (c) Empezar investigaciones físico-químicas, a fin de determinar las transformaciones que se operen durante el almacenamiento de fertilizantes líquidos en distintas condiciones climáticas;

(d) Realizar cálculos sobre la necesidad de los fertilizantes líquidos y seleccionar el esquema óptimo posible del abastecimiento de las regiones de los fertilizantes líquidos, de la distribución de las plantas para la obtención de las marcas de los fertilizantes líquidos con la relación dada.

(e) Dar la valoración técnico-económica de la utilización de los fertilizantes líquidos;

(f) Elaborar las necesidades agroquímicas para todo el complejo de las máquinas, para el transporte y la aplicación de los fertilizantes y para el almacenamiento;

(g) Una más amplia introducción futura de los fertilizantes líquidos debe estar relacionada con la construcción de una planta de experimentación de producción industrial, con el desarrollo de los trabajos sobre determinación de la efectividad agroquímica y con la evaluación de la utilización de los fertilizantes líquidos.

Para la realización de todos estos requerimientos, se necesitará una serie de materiales y equipos, que actualmente no pueden ser fabricados en el país. Por eso, adicionalmente, debe ser discutida la cuestión de la posible ayuda por parte de la ONUDI en el suministro de algunos equipos, en la prestación de ayuda técnica durante la elaboración del esquema tecnológico para una planta de experimentación y de producción industrial, así como en la familiarización de los especialistas cubanos con la producción de los fertilizantes líquidos, con el transporte, el almacenamiento y la aplicación.

Anexo I

DENOMINACION DE LOS EQUIPOS Y APARATOS DE LA PLANTA PILOTO

1. Extractor
2. Separador de gotas
3. Torre de absorción
4. Tanque colector de agua
5. Bomba de circulación para agua
6. Tanque intermedio para agua
7. Tanque receptor de ácido
8. Agitador
9. Serpentina de vapor
10. Bomba de circulación para ácido
11. Tanque intermedio para ácido
12. Agitador
13. Bomba dosificadora para ácido
14. Tanque de almacenaje de agua
15. Reactor
16. Neutralizador
17. Agitador
18. Barboteador
19. Refrigerador
20. Serpentina
21. Tanque de circulación de solución
22. Bomba de circulación para agua
23. Bomba de circulación para solución
24. Cilindro de NH_3
25. Tanque de almacenaje de solución
26. Tolva
27. Tolva
28. Tolva
29. Alimentador
30. Alimentador
31. Serpentina de vapor
32. Tanque diluidor
33. Agitador
34. Bomba peristáltica

35. Serpentín de vapor
36. Agitador
37. Tanque diluidor
38. Bomba peristáltica
39. Mezclador de velocidad
40. Barboteador
41. Tanque diluidor
42. Agitador
43. Serpentín
44. Tanque intermedio de solución
45. Bomba de circulación de solución
46. Tanque de almacenamiento de solución
47. Bomba de despacho

Anexo II

EQUIPOS PARA PLANTA PILOTO SUMINISTRADOS A TRAVES DE LA ONUDI

Cantidad	Equipo
2	Plancha de calentamiento eléctrica
1	Agitador Turbinia para aire comprimido presión de operación sobre las 15 lbs/sg x pgl rango de velocidad de 10 a 10.000 x mm de 1/4 plg de diámetro
1	Equipo combinado de destilación y adsorción
2	Estufa eléctrica
1	Extractor de gases
1	Extractor de vapores-cuerpo, hecho de una sola pieza de Anticor compuesto de asbesto-cemento. Rotor diseño de paletas, con 6 paletas
1	Termohigrógrafo para reajustar humedad en una sola carta
4	Cartas para el termohigrógrafo
1	Unidad de refrigeración. Mantiene una temperatura de hasta menos 47°C en un tanque de 45 ls con aislante
3	Bomba para agua y productos químicos para productos corrosivos y no corrosivos
1	Aparato para la determinación de peso molecular, viscosímetro
1	Agitador de platino
1	Compresor de 1/2 HP
1	Peachímetro
1	Registrador portátil
1	Registrador multivariable
1	Flujómetro
1	Peachímetro industrial
1	Registrador portátil XY

Cantidad	Equipo
2	Sistema industrial de elect. y PH
	<u>Rotámetros</u>
1	30 lts/mn
1	300 lts/mn
1	760 lts/mn
1	Medidor de densidad gravitrol Mark-4 con señal de salida 4-20 mA. Con compensación de temperatura
1	Rotámetro de la serie Elliot Metrio tipo 907 para amoniaco gaseoso con error menor que un 2%
1	Control indicador con escala vertical Modelo O3Y-5
1	Convertidor de corriente a presión I/P
1	Válvula de control BV 810
1	Suministro de fuerza (fuente de potencia) TF 2152
1	Tubuladora de teflón para bomba peristáltica con números de catálogos
24	Frascos Kjeldahl de 500 ml
24	Tapones de cristal para frascos de 500 ml
12	Frascos de cristal de 500 ml con boca óptica estrecha
1	Tanque de condensado
4	Grampa para fijar el tanque de condensado
12	Tubos de entrada para el tanque de condensado
12	Tapones de goma para ajustar tanque de condensado
6	Pinzas para frascos
1	Barrilla de duro-aluminio para sostener las pinzas de los frascos
6	Absorbedores tipo bulbo

Cantidad	Equipo
12	Tapones de goma para conectar los protectores de cabeza de los frascos de destilación
12	Idem, para frascos de condensadores
60	Tubo de goma de 1/4" para conexiones
60	Idem, de 3/8"
1	Varilla de vidrio con anillo de platino
1	Camisa de aire
1	Tubería de refrigeración
1	Terminal de zinc con sifón para extraer la mezcla fría
2	Pipetas
1	Tubo para utilizar ácido sulfúrico
2	Termómetro Beckman
10	Pinzas Mohr
6	Pinzas de tornillo Bunsee
10	Idem
3	Idem
6	Medidor de intervalo de tiempo
2	Reloj Eléctrico de pared
10	Desagüe Griffin cuello de ganso
10	Terminales de gas Griffin
20	Derivadores de gas senoillo " " " doble
10	llaves de gas
20	LLaves derivadoras de 1/4"
5	Destornillador de prueba Philips con indicador de Neon
1	Fotómetro de llama para la estimación de metales alcalinos
1	Filtro para litio
1	Filtro para calcio
1	Filtro para sodio

Cantidad	Equipo
1	Filtro para potasio
1	Atomizador
1	Célula fotoeléctrica
1	Lámpara para galvanómetro
1	Termistores NS-2 tipo superficie
1	Termistores aguja redonda
1	Termistores NNST tipo aguja de inyección con sostén
1	Termistores NLMT tipo tubo de metal con sostenes
1	Termistores NU tipo arco
1	Termistores tipo sonda (NPM)
1	Termistores tipo cuerda
1	Termistores NLBP tipo tubo de vidrio con sostén y tubo protector
1	Termistores NPT tipo plan con cordón
1	Termistores NPT tipo sonda con cordón

Componentes electrónicos para medición y control:

65	Transistores de efecto de campo
60	Diodos
10	Puentes rectificadores
100	Diodos de baja potencia
58	Diodos
30	Diodos de señalización
30	Diodos térmicos
20	Diodos Varactor
8	Diodos Zene
10	Termistores de vidrio
10	Termistores Filiformes
10	Termistores planos
70	Diodos (Diacs-Trigger)
20	Triodos de corriente alterna (TRIACS)
372	Diodos rectificadores
56	Tiristores
130	Circuitos integrados
2	Tarjetas para circuitos impresos

Cantidad	Equipo
10	Enchufes para transistores de potencia
50	Enchufes para circuitos integrados
10	Fotodiodos
3	Fototransistores
3	Idem
10	Fotocélulas
130	Potenciómetros de alambre
170	Potenciómetro esqueleto
145	Potenciómetros especiales
51	Potenciómetros helicoidales
32	Potenciómetros especiales
280	Resistores de alambre
510	Resistores de carbón de alta estabilidad
10	Microinterruptor de bajo tanque
12	Disipadores
6	Carreteles de cuerda de nilón
4	Idem
20	Relay
10	Idem
15	Paquetes de conectores
50	Conectores Din (macho)
50	Conectores Din (hembra)
40	Chasis de montaje para los conectores
139	Condensadores
29	Idem
20	Amplificadores operacionales de circuito integrado
50	Idem
220	Condensadores
50	Diodos Zene
144	Resistores de alta estabilidad
83	Resistencias de metales de alta estabilidad
67	Resistencias de carbón de alta estabilidad
6	Resistencias de carbón de alta estabilidad
8	Autotransformadores de voltaje variable

Cantidad	Equipo
5	Pinzas de cocodrilo
3	Alambre de prueba con boca de caimán
3	Terminales de prueba
3	Paneles plásticos
4	Paneles miliamperímetros
220	Condensadores
10	Circuitos integrados
530	Transistores
70	Conectores angulares
120	Enchufes y conectores de metal
160	Enchufes y conectores de metal
1.500	Metros de cable
400	Bobinas plásticas para transformadores
450	Transformadores
315	Interruptores ("Chuchos")
1	Contador programable magnético
8	Contador de tiempo subminiatura
6	Transductor ultrasónico
120	Botones
<u>Equipo de planta piloto:</u>	
2	Bombas rotatorias
8	Forros de Neopreno
1	Contador de agua
1	Idem
2	Idem
<u>Tuberías y accesorios:</u>	
5	Válvulas de aguja
5	Válvulas de aguja de 1/2"
5	Válvulas de compuerta
20	Válvula de 1/2"
10	Válvula de 3/4"
5	Válvula de 1"
10	Válvula de 1"
10	Válvula de 3/4"
5	Válvula de 1"

Cantidad	Equipo
29	Relay
10	Idem
20	Idem
10	Idem
20	Bases para Relay
20	Idem
5	Relay
440	Lámparas piloto de diferentes tipos
10	Paneles contadores
3	Idem
3	Idem
3	Idem
20	Paneles contadores
6	Idem
2	Servomotores
2	Idem
2	Idem
20	Motores de transmisión
5	Motores pequeños de transmisión
10	Juegos de juntas de 3 revoluciones por mn
4.000	Tuercas cuadradas
600	Idem
250	Idem
4.000	Arandelas
600	Idem
250	Idem
1.000	Arandelas de muelle
150	Idem
100	Idem
1	Accesorio para el rotámetro 907
	Tubo 47 X
	Escala para aire para el tubo 47X con error menor de un 2%
	Tubo 35
	Escala para amoníaco para el tubo 35
	Escala para aire para el tubo 35.

Cantidad	Equipo
1	Cajas de pesas de calibración para el gravitor Mark-K Válvula reductora de presión de hierro Fisher tipo 95L Apropiado para gas amoníaco
1	Muelle ajustable de 2 PSI con puntas atornillables
1	Muelle tipo 95L NPT con puntas atornillables de 1/4
1	Accesorios para válvulas reductoras de presión 95L Muelle de 5 PSI Orificios 416 SST Dos diafragmas de 302 SST Dos diafragmas Una conexión de válvula 416 SST
1	Válvula 95 L 1/4 NPT
1	Orificio 416 SST
2	Diafragmas
2	Diafragmas de 302 SST
2	Conexiones para válvulas 416 SST
40	Alambre de termopares - Constantan 22 AWG
40	Cobre 22 AWG
100	Cable de compensación para termopar de cobre cubiertos con PVC
1	Libros: Graeme J.G. and Tobey G.E.; Amplificadores operacionales; Mc Graw-Hill 1972

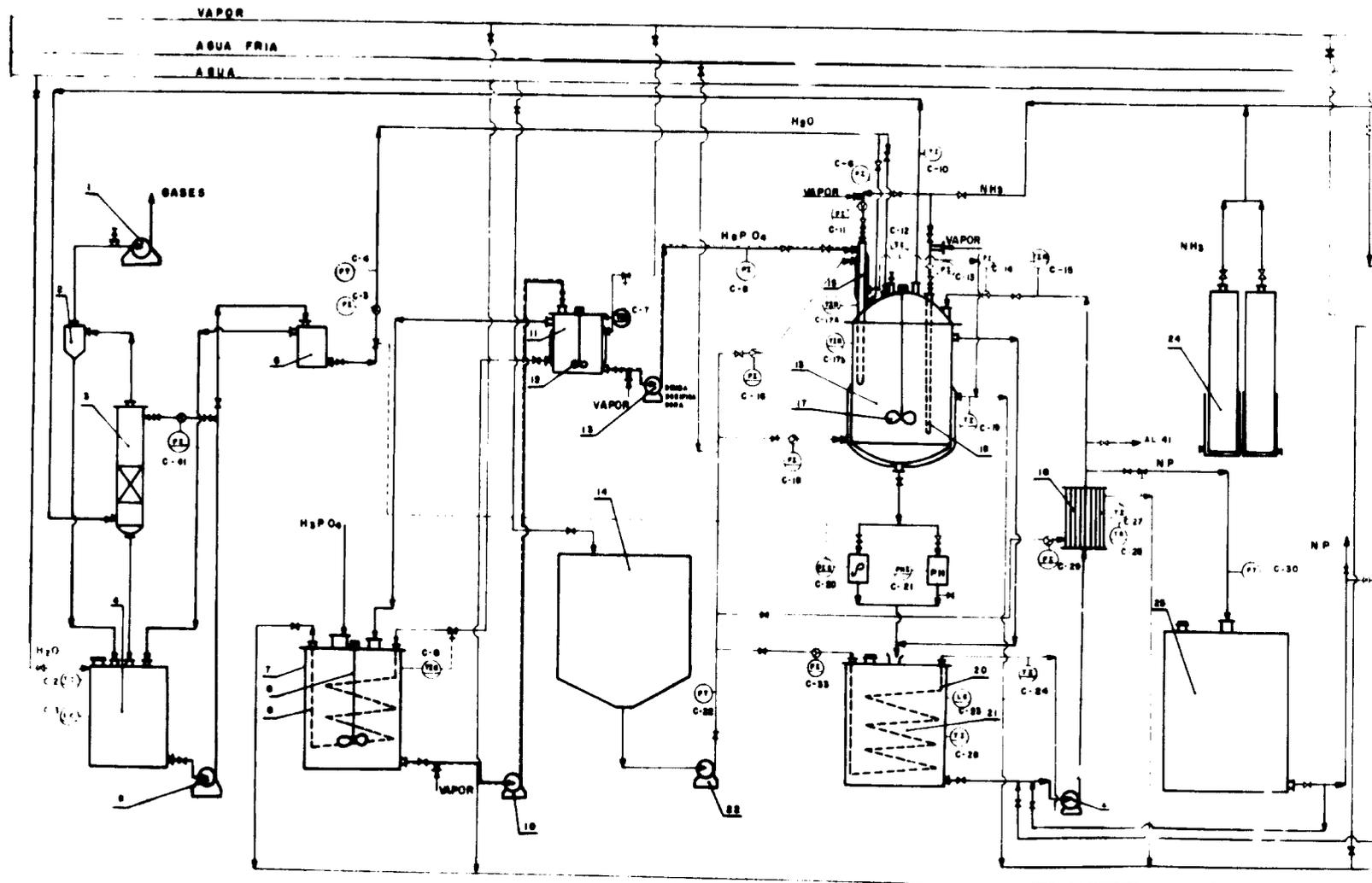
Componentes electrónicos para medición:

	<u>Transistores Uniunión</u>
10	2 SH14R
10	2 SH 2A
	<u>Transistor</u>
40	2 SC 5240
25	2 S 45100
10	2 SB 434 Y
	<u>Diodos</u>
100	I S 1553

Cantidad	Equipos
	<u>Triac (Triodo de corriente alterna)</u>
10	S MGG 14
240	Diodos Zener serie Bz Y 88
40	Diodos Zener serie Bz X 85
40	Diodos Zener serie Bz X 61
85	Amplificadores operacionales (con hoja de datos)
20	Kit para montaje
6	Reguladores de voltaje (con hoja de datos)
72	Condensadores sólidos
80	Condensadores para circuitos impresos
40	Termistores con hoja de dato R 186
37	Potenciómetros
500	Cable multínúcleo (apantallado)
500	Metros de alambre apantallado de peso ligero
50	Metros de cable en cinta 702, 20 vías
34	Rollos miniatura retorcido (trenzado)
4	Tipo prueba
5	Pluma de tinta (para circuitos impresos)
2	Cat Griffin Laboratory
5	Electrodo de vidrio
4	Electrodo de referencia
1	Equipo para sujetar los electrodos
3	Electrodo combinado
5	Carta de papel en rollo
150	Carta de papel en hojas

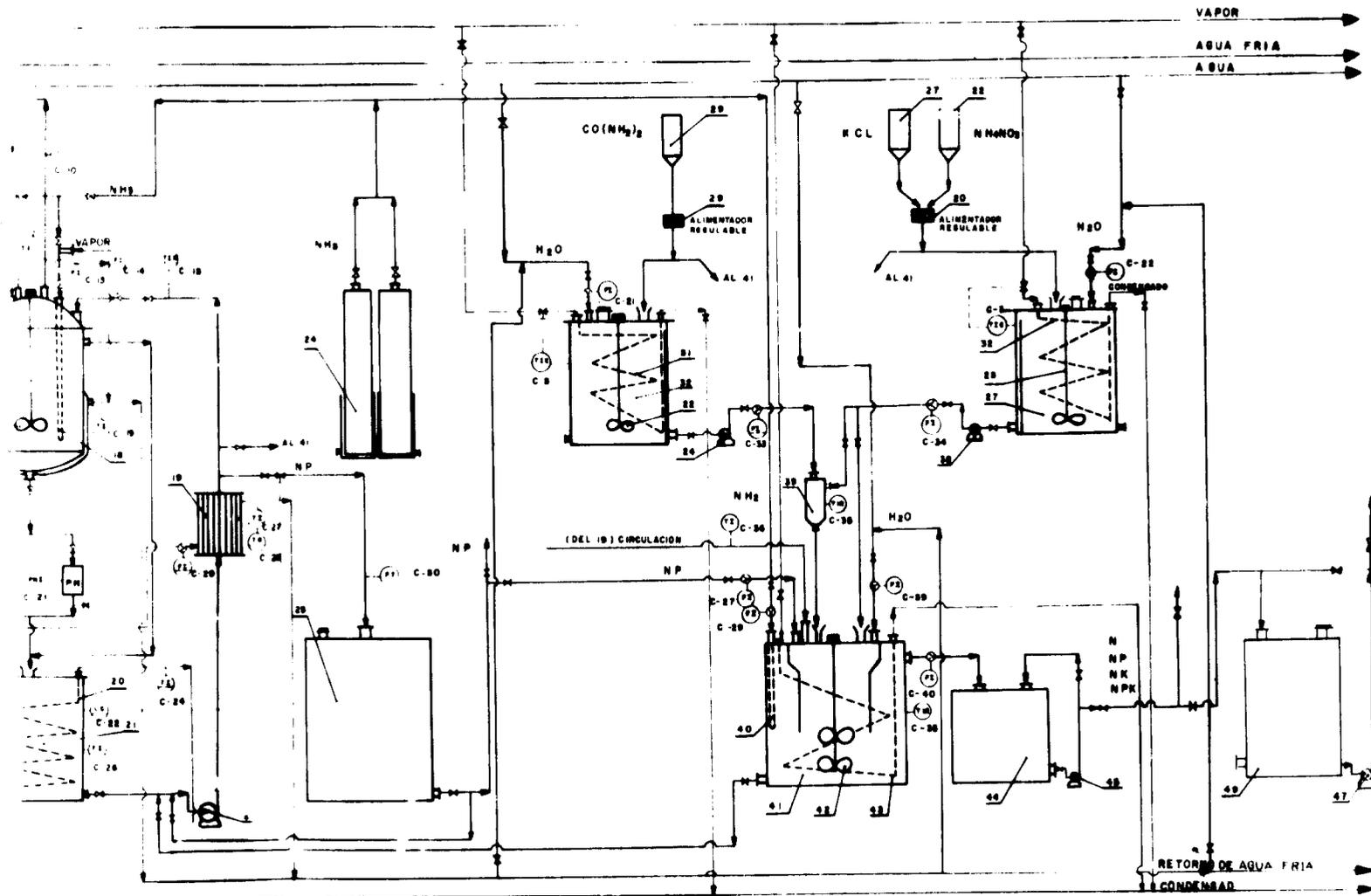
Anexo III

ESQUEMA DE LA PLANTA PILOTO

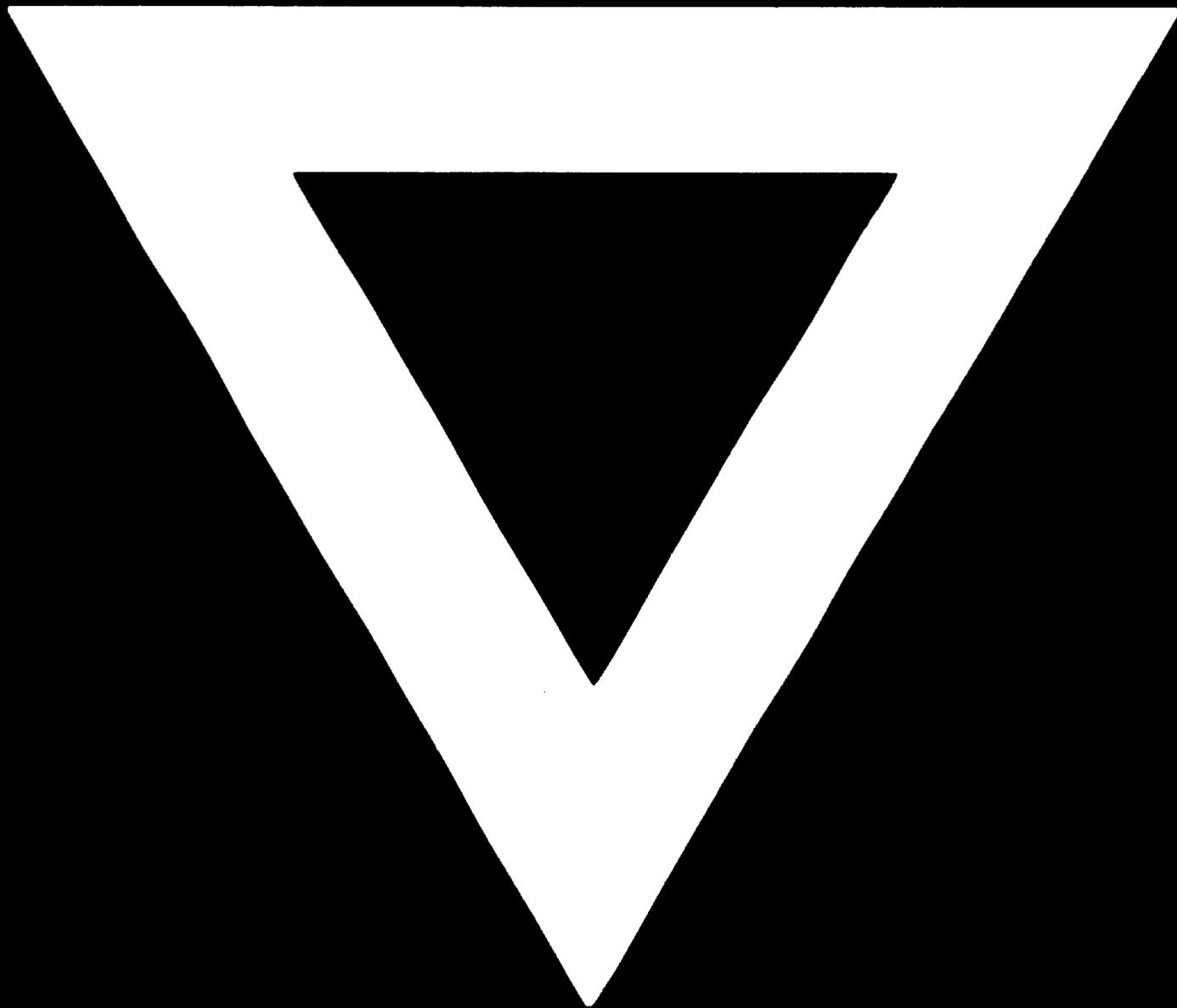


Anexo III

ESQUEMA DE LA PLANTA PILOTO



C-722



79.01.16