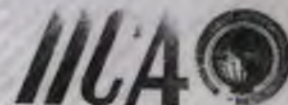


IICA  
E21  
39  
c.1



# Proyecto Fomento de la Competitividad de las Empresas Rurales del Maraón y Añil en El Salvador OEA-SEDI-

Consultoría A21a:

✓  
"Diseño y puesta en marcha de una planta agroindustrial  
piloto para el procesamiento del añil"

Informe final



TOMO:

DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA METODOLOGÍA DE TRABAJO

Elaborado por:

Eduardo Blandón  
Salvador Garza

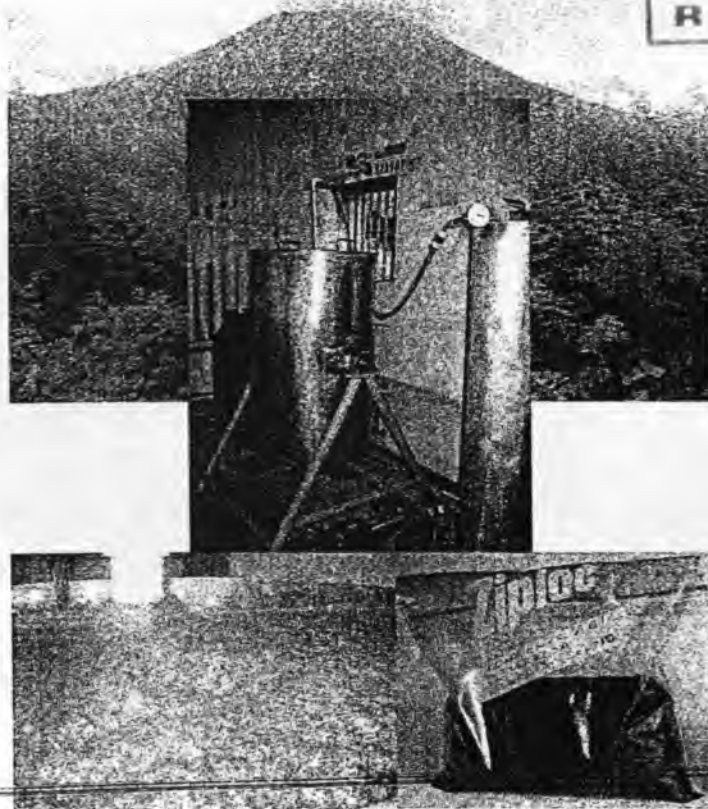
Octubre 2004

Este proyecto es ejecutado con recursos financieros de



30 ENE. 2005

RECIBIDO



# "DISEÑO Y PUESTA EN MARCHA DE UNA PLANTA AGROINDUSTRIAL PILOTO PARA EL PROCESAMIENTO DEL AÑIL"

EDUARDO BLANDON & SALVADOR GARZA

EL SALVADOR - CENTRO AMERICA

2004

## CONSULTORÍA DESARROLLADA PARA:

Proyecto Fomento de la Competitividad de las Empresas Rurales del  
Marañón y Añil en El Salvador -OEA-SEDI-AICD/IICA/MINEC  
Ejecutor: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura  
Cooperante: Organización de Estados Americanos



00005108

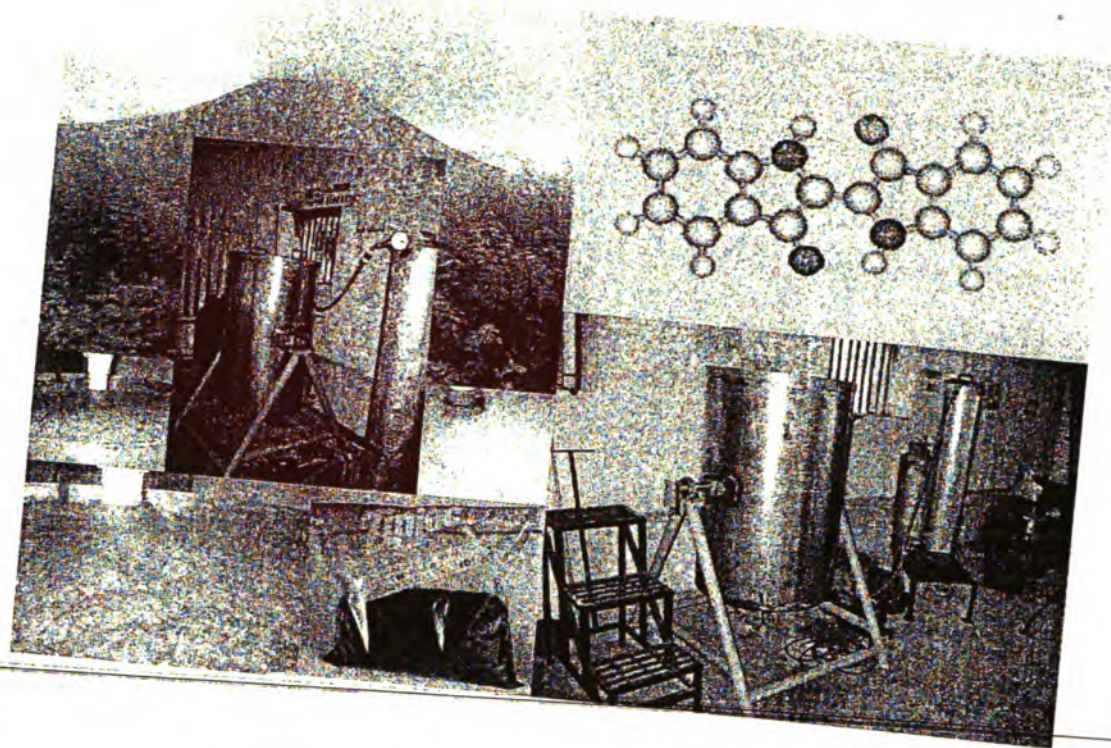
11CA  
E21  
39  
C.1.



ICA  
BIBLIOTECA VENEZUELA

30 ENE. 2006

RECIBIDO

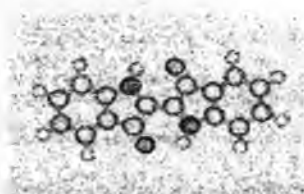


# DESCRIPCION GENERAL DE LA METODOLOGIA DE TRABAJO

EDUARDO BLANDON & SALVADOR GARZA  
EL SALVADOR - CENTRO AMERICA  
2004

116A

Consultoría A21a  
"DISEÑO Y PUESTA EN MARCHA DE UNA PLANTA AGROINDUSTRIAL  
PILOTO PARA EL PROCESAMIENTO DEL AÑIL"



## CONTENIDO

<b>INTRODUCCION</b> .....	<b>1</b>
<b>GENERALIDADES</b> .....	<b>2</b>
<b>I ANTECEDENTES</b> .....	<b>7</b>
1.1 REFERENCIAS HISTÓRICAS .....	7
1.2 PRODUCTORES .....	8
1.3 COMERCIALIZACIÓN.....	9
1.4 REPORTE DE VISITA A OBRAJE LA PERLA.....	9
<b>II FASE INDAGATORIA</b> .....	<b>11</b>
2.1 INVESTIGACIÓN BIBLIOGRÁFICA .....	11
2.2 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS .....	11
2.3 VARIABLES.....	12
2.4 FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS .....	14
<b>III FASE DE DISEÑO DE PROCESO Y EQUIPOS</b> .....	<b>15</b>
3.1 INTRODUCCIÓN .....	15
3.2 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO "BLAGAR" .....	16
3.2.1 <i>Recepción del material</i> .....	16
3.2.2 <i>Tratamiento del agua de proceso</i> .....	17
3.2.3 <i>Reducción de tamaño</i> .....	17
3.2.5 <i>Lixiviado</i> .....	17
3.2.6 <i>Aireado</i> .....	19
3.2.7 <i>Separación sólido-líquido</i> .....	20
3.2.8 <i>Secado</i> .....	21
3.2.9 <i>Molturado</i> .....	21







**Consultoría A21a**  
**“DISEÑO Y PUESTA EN MARCHA DE UNA PLANTA AGROINDUSTRIAL**  
**PILOTO PARA EL PROCESAMIENTO DEL AÑIL”**

<b>3.3</b>	<b>FASE DE DISEÑO DE EQUIPOS</b> .....	<b>22</b>
3.3.1	TINA DE LIXIVIADO .....	22
3.3.2	INTERCAMBIADOR DE CALOR.....	24
<b>IV</b>	<b>CONTRATACIÓN Y FABRICACIÓN DE EQUIPOS</b> .....	<b>25</b>
<b>V</b>	<b>FASE DE PRUEBAS</b> .....	<b>27</b>
5.1	INTRODUCCIÓN .....	27
5.2	DESCRIPCIÓN Y COMENTARIOS DE ASPECTOS RELEVANTES .....	27
5.3	DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....	30
<b>VI</b>	<b>COMPARACION ENTRE PRODUCCIÓN ARTESANAL [OBRAJE TRADICIONAL] Y PROCESO</b> <b>BLAGAR [PLANTA PILOTO]</b> .....	<b>33</b>
6.1	INTRODUCCIÓN .....	33
6.2	OPERACIONES Y PROCESOS .....	34
6.3	ESTIMACIONES DE COSTOS .....	35
6.4	RESULTADOS .....	37
6.5	PROCESO EN GENERAL .....	40
6.6	ASPECTOS MERCADOLÓGICOS .....	42
<b>VII</b>	<b>TECNOLOGIAS INCORPORADAS</b> .....	<b>44</b>
<b>VIII</b>	<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>46</b>
<b>IX</b>	<b>RECOMENDACIONES</b> .....	<b>50</b>
<b>X</b>	<b>LECCIONES APRENDIDAS</b> .....	<b>53</b>
<b>XI</b>	<b>FUENTES CONSULTADAS</b> .....	<b>55</b>
<b>XII</b>	<b>ANEXOS</b> .....	<b>57</b>





# DESCRIPCION GENERAL DE LA METODOLOGIA DE TRABAJO

## INTRODUCCION

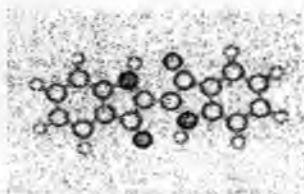
La metodología de trabajo en toda investigación ya sea pura o aplicada, como en el caso que nos ocupa, esta pautada por el método científico, cuyas principales fases comprenden: recopilación, análisis e interpretación de datos, formulación de una explicación general o hipótesis que los explique, para luego proceder a su validación experimental y obtener de esta manera la certeza razonable de predecir el comportamiento del fenómeno estudiado. Cabe aclarar que este método no es infalible pero tiene la ventaja que si se falla en el intento siempre se tiene la oportunidad de seguir sobre esos pasos en un modelo iterativo hasta encontrar la hipótesis que no tenga contradicciones con el hecho observado.

Obviamente la investigación no puede operar en el vacío, parte necesariamente de conocimientos previos del investigador, datos de fuentes primarias hechas por otros investigadores y la observación directa.

En términos generales, ese fue nuestro plan de acción e hicimos nuestro mejor esfuerzo por no salirnos de su ruta.

Los frutos cosechados de todos esos esfuerzos se plasman principalmente en este documento, en el que se ha tratado de incluir todas las temáticas abordadas, así como las experiencias vividas a lo largo del desarrollo de la consultoría, que felizmente produjo lo que se esperaba de ella y supero con creces las expectativas plasmadas en los Términos de Referencia.





## GENERALIDADES

Para licitar en el concurso de asignación para el desarrollo de esta consultoría, inicialmente se recibieron, por conducto no oficial, los Términos de Referencia (T/R) iniciales [ver Anexo # 01], en los que no se definía, o no se lograba comprender o visualizar, en forma clara y precisa el objetivo último que se pretendía alcanzar a través de la ejecución de la misma; por lo que el equipo de consultores Blandón-Garza preparó un documento que se llamó "Interpretación y Visión" [ver Anexo # 02] de dichos términos. El propósito de esta interpretación era saber a cabalidad cual era ese objetivo último pretendido y una visión propia de los consultores respecto a los productos que se podían y querían ofrecer y de que manera estos se apegaban a tal objetivo; por lo que en fecha Mayo 31 del 2004, se le presentó a persona consultora del IICA (Instituto Interamericano para al Cooperación Agrícola) que en ese momento tenía bajo su responsabilidad la comunicación con los consultores que se mostraran interesados en participar en el concurso. A efecto de discutir los T/R y la "Interpretación y Visión" de los mismo, en esa misma fecha de entrega, se sostuvo reunión entre la persona del IICA y los consultores, durante la cual no se pudo establecer cual era ese objetivo buscado o pretendido, por lo que los consultores optaron por ofertar el desarrollo de la visión planteada.

Los T/R de la consultoría establecían condiciones inflexibles, tales como:

- ⊗ Monto de los Honorarios Profesionales a pagar, sin incluir gastos de viáticos.
- ⊗ Región en donde se realizara la consultoría: Zona Oriental del país.
- ⊗ Restricciones de tiempo y presupuesto:
  - a) Dos meses calendario para indagación bibliográfica, diseñar proceso, diseñar equipos, fabricar equipos, cotizar y comprar otros, hacer varias corridas de prueba del proceso, producir colorante añil y generar documentos de trabajo con los resultados encontrados y las respectivas recomendaciones, y transmitir el conocimiento generado.





**Consultoría A21a**  
**“DISEÑO Y PUESTA EN MARCHA DE UNA PLANTA AGROINDUSTRIAL  
PILOTO PARA EL PROCESAMIENTO DEL AÑIL”**

---

- b) **Compra y fabricación de equipo para el proceso hasta por un monto de cinco mil dólares (US\$5,000.00). Se mantuvo inamovible.**

Con fecha Junio 4 del 2003, se presentó al IICA, nuestra Oferta de Servicios [ver Anexo # 03] para desarrollar la consultoría en cuestión, conteniendo aspectos tales como:

- ✧ **Honorarios profesionales**
- ✧ **Monto por US\$5,000.00 para cubrir inversiones en equipo de proceso, equipo y reactivos para mediciones de campo de variables independientes críticas al proceso, insumos de operación, herramientas básicas para mantenimiento, gastos de papelería y útiles, viáticos (transporte, alimentación y estadía) en la zona oriental**
- ✧ **Objetivo último, constituido por nuestra visión: Una planta industrial para el procesamiento de añil que sea sosteniblemente rentable, certificada bajo estándares ISO 9000 elaborando producto colorante bajo normas mínimas de calidad, que puede ser comercializado en todo el mundo.**
- ✧ **Productos: Planta Piloto, diseñada, construida y probada; Colorante Añil elaborado.**
- ✧ **Tiempo de duración propuesto 15 semanas.**

El día sábado 9 de Julio, se participa junto a representantes del IICA y la OEA (Organización de Estados Americanos), en una visita de campo a una finca propiedad del Sr. Miguel Ventura, ubicada en caserío Las Cocinas, cantón Las Puertas, municipio de San Miguel, donde se cultiva añil y se extrae el colorante utilizando proceso de obraje. Estando en ella se supo que era en ese lugar en que se pretendía que se realizara la consultoría. Luego se visitó la Facultad Multidisciplinaria de Oriente de la Universidad de El Salvador en San Miguel, lugar en donde se mantenían los equipos de una planta piloto diseñada y construida con fondos de JICA (Agencia de Cooperación Internacional de Japón), de la cual solo se pudieron observar dos tanques fabricados con láminas de acero inoxidable y las edificación hecha de ladrillo tipo saltex emulando un obraje. No obstante haberse solicitado







**Consultoría A21a**  
**“DISEÑO Y PUESTA EN MARCHA DE UNA PLANTA AGROINDUSTRIAL  
PILOTO PARA EL PROCESAMIENTO DEL AÑIL”**

---

verbalmente los datos generados en las pruebas realizadas en esa planta piloto, hasta esta fecha no son de nuestro conocimiento.

Durante dicha visita de campo, se mencionó que el monto de inversión por US\$5,000 no alcanzaría para cubrir equipos y los gastos de viáticos necesarios para realizar la consultoría en esa zona. Por lo que el IICA procedió a buscar otro sitio más cercano a la capital San Salvador.

Con fecha Junio 22, se presentó una nueva oferta [ver Anexo # 04] para desarrollar la consultoría, y algunos T/R se habían modificado, así como la oferta, en aspectos tales como:

- ✧ T/R: La consultoría se realizaría en finca cercana a San Salvador. (Aguilares o Huizucar).
- ✧ T/R: Se incluía pago de viáticos dentro de los Honorarios Profesionales
- ✧ T/R: Se incluía la compra de equipo básico de laboratorio, cristalería y otros, que inicialmente no estaban considerados, hasta por mil cuatrocientos sesenta y cinco dólares (US\$1,465.00).
- ✧ Oferta: Honorarios mas viáticos.
- ✧ Oferta: Tiempo de duración de la consultoría: 10 semanas.
- ✧ Oferta: Mantenía la misma metodología de trabajo y la visión con que se desarrollaría, según había sido definida y presentada por los consultores.

En esa búsqueda se consideraron dos opciones, siendo la Hacienda San Juan Buena Vista propiedad de Doña Grace Guirola, y ubicada en el cantón San Juan Buena Vista del municipio de Huizucar, departamento de La Libertad; la que presentaba un local con las condiciones mínimas adecuadas para instalar una planta piloto (espacio 60 m<sup>2</sup> techado y cerrado, agua, energía eléctrica, seguridad, contar con ayudantes) según fue constatado y validado por el equipo de consultores en visita realizada el día Sábado 24 de Julio.

1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9  
10  
11  
12  
13  
14  
15  
16  
17  
18  
19  
20  
21  
22  
23  
24  
25  
26  
27  
28  
29  
30  
31  
32  
33  
34  
35  
36  
37  
38  
39  
40  
41  
42  
43  
44  
45  
46  
47  
48  
49  
50  
51  
52  
53  
54  
55  
56  
57  
58  
59  
60  
61  
62  
63  
64  
65  
66  
67  
68  
69  
70  
71  
72  
73  
74  
75  
76  
77  
78  
79  
80  
81  
82  
83  
84  
85  
86  
87  
88  
89  
90  
91  
92  
93  
94  
95  
96  
97  
98  
99  
100

**Consultoría A21a**  
**“DISEÑO Y PUESTA EN MARCHA DE UNA PLANTA AGROINDUSTRIAL**  
**PILOTO PARA EL PROCESAMIENTO DEL AÑIL”**

---

La firma del contrato de la consultoría se realizó en fecha Julio 27, con fecha de inicio el día 26 de Julio, y finalización el día 27 de Septiembre, lo que representaba una duración de nueve semanas, a diferencia de las 10 semanas señaladas en la oferta presentada.

Durante la ejecución de las diversas fases en que se había estructurado el desarrollo de la consultoría, el equipo consultor fue afrontando una serie de situaciones con respecto a procedimientos de gestión y de trámites administrativos propias de las instituciones ejecutora (IICA) y cooperante (OEA) que no les fueron comunicados previa y oportunamente, y que influyeron significativamente en el desarrollo de la misma, más que todo en cuanto a fechas; entre ellas están:

⊗ Procedimientos de gestión y administrativos

- a) Todos los equipos a comprarse o fabricarse de más de doscientos dólares deben ser cotizados a tres proveedores diferentes.
- b) ~~Las solicitudes de desembolsos generadas por los consultores, se recomienda que deben ir acompañadas con sus respectivas cotizaciones.~~
- c) Para generar los cheques, el cooperante, requiere que el ejecutor presente requerimiento y se exige que los proveedores generen a priori las facturas o recibos correspondientes
- d) La existencia de un periodo pre-establecido para recibir los requerimientos de pago, elaboración de cheques, y entrega de los mismos a los beneficiarios, que se entregan únicamente los días martes y viernes, en un inextensible periodo de dos horas.
- e) EL tiempo de respuesta que se tuvo para tramitar los diversos requerimientos de desembolsos incluidos y solicitados a través de los Requerimiento 01, 02 y 03.

⊗ Otros Aspectos de Gestión

- a) El no cercano acompañamiento en el desarrollo de las diversas fases de la consultoría por parte del ejecutor. Solamente se aprovechaba informar situaciones de la misma, al presentar requerimientos de desembolso.

1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9  
10  
11  
12  
13  
14  
15  
16  
17  
18  
19  
20  
21  
22  
23  
24  
25  
26  
27  
28  
29  
30  
31  
32  
33  
34  
35  
36  
37  
38  
39  
40  
41  
42  
43  
44  
45  
46  
47  
48  
49  
50  
51  
52  
53  
54  
55  
56  
57  
58  
59  
60  
61  
62  
63  
64  
65  
66  
67  
68  
69  
70  
71  
72  
73  
74  
75  
76  
77  
78  
79  
80  
81  
82  
83  
84  
85  
86  
87  
88  
89  
90  
91  
92  
93  
94  
95  
96  
97  
98  
99  
100

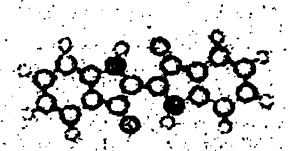
**Consultoría A21a**  
**"DISEÑO Y PUESTA EN MARCHA DE UNA PLANTA AGROINDUSTRIAL  
PILOTO PARA EL PROCESAMIENTO DEL AÑIL"**

---



- b) Contenido y alcance del reporte de avance no fue comunicado en forma previa y oportuna, bajo ninguna forma. Se requirió un contenido hasta después que había sido presentado lo que se consideraba un reporte de avance, en el que se comunicaba grado de desarrollo de las fases calendarizadas con respecto al tiempo transcurrido; y a los productos generados (NUEVO proceso de extracción diseñado, planta piloto diseñada, construida, trasladada, instalada y produciendo colorante añil).
- c) No se tuvo una interesada presencia de personeros de la institución ejecutora, directamente relacionados, en las instalaciones de la planta piloto, para conocer y aprender de primera mano que es lo que se estaba realizando. Solamente se tuvo una breve visita, en horas matutinas el día 16 de Septiembre, con una duración máxima de 2 a 3 horas, principalmente para la toma de fotografías. Rápidamente se explicó en dos veces, a dos diferentes personas, las generalidades del proceso. El equipo consultor siempre trabajó de 8 AM hasta 8 o 9 PM.
- d) El equipo consultor optó por pagar con sus recursos los análisis del colorante producido durante la 5ª. Corrida. Análisis que corresponden a: Contenido de Indigotina – Humedad – Contenido de Cenizas.
- e) Los resultados de los análisis de laboratorio de las muestras de colorante añil que fueron entregadas el día lunes 13 de septiembre, se conocieron por medio de correo electrónico recibido con fecha Septiembre 27. Las corridas de prueba habían finalizado el día Domingo 19.
- f) Dentro del período de la consultoría no se pudo realizar la presentación del nuevo proceso para la extracción y elaboración del colorante añil; habiéndose sugerido el periodo para realizar la convocatoria a quienes se le debe presentar.





## I ANTECEDENTES

### 1.1 Referencias Históricas<sup>1</sup>

*“Hay una hierba en las tierras calientes que se llama xiuhquilitl, majan esta hierba y exprímenle el zumo y échalo en unos vasos; allí se seca o se cuaja. Con este color se tiñe lo azul oscuro y resplandeciente, es color preciado”*

*Fray Bernardino de Sahagún*

*Capítulo XI, Libro XI*

*Historia General de las Cosas de Nueva España*

*“A nadie escapa la importancia que tiene la historia económica de Centroamérica el estudio del añil o xiquilite, que junto con el maíz sagrado y legendario de los mayas, y con el cacao, constituye uno de los legados de nuestras altas culturas indígenas a la civilización mundial.”*

*“... fue el producto agrícola alrededor del cual giró fundamentalmente la economía de Centroamérica durante cerca de mas de trescientos años que van desde finales del Siglo XVI, hasta finales del Siglo XIX...”*

*“El añil comienza a figurar de manera primordial en la vida económica de Centroamérica en cuanto surge la primera colonización, en el momento en que los españoles se convencen de que la riqueza de esta parte de América no es minera, como la de Nueva España y el Perú, sino que tendrá que ser lograda por medio del trabajo agrícola, el cual si era posible realizarse aquí en excelentes condiciones por la bondad del suelo y sobre todo por la abundancia de mano de obra”.*

*Manuel Rubio Sánchez*

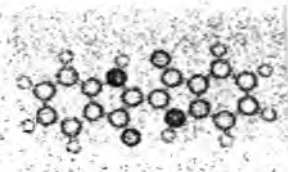
*Historia del Añil o Xiquilite en Centroamérica*

<sup>1</sup> Francisco A. García Rivera, “Estudio sobre Agronomía del Jiquilite sp. y Procesamiento del Añil en Chalatenango”, ADEL Chalatenango IICA-Holanda/Laderas, Junio 1996





**“DISEÑO Y PUESTA EN MARCHA DE UNA PLANTA AGROINDUSTRIAL  
PILOTO PARA EL PROCESAMIENTO DEL AÑIL”**



**1.2 Productores<sup>2</sup>**

“De acuerdo a visitas de campo, hay aproximadamente 264.37 hectáreas cultivadas de Añil, 36 hectárea potenciales identificadas y 8 municipios en los cuales se ha expresado interés de cultivar añil (ver Cuadro No, 6)”

**CUADRO No. 6  
NUMERO APROXIMADO DE PRODUCTORES Y OBRAJES – AÑO 2003**

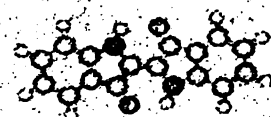
NOMBRE	PRODUCTORES	PRODUCTORES POTENCIALES	OBRAJES
AZULES	27	-	25
ADAZOES	60	300	1
COROBAN	4	46	1
MESOAMERICA	2	23	
CHALATENANGO	3	-	3
MAPLES S.A.	1	-	-
CABAÑAS*	-	250	-
BERLIN*	-	200	-
NUEVA GUADALUPE*	-	70	-
<b>TOTAL</b>	<b>97</b>	<b>889</b>	<b>30</b>

FUENTE: Entrevistas de campo  
\*: Los productores potenciales son aquellos que no tienen experiencia en el cultivo, pero tienen intenciones de siembra para el año 2003

“Los actores en su mayoría constituyen pequeños y medianos productores caracterizándose por una alta informalidad que les impide el acceso a asistencia técnica, al crédito para realizar sus

<sup>2</sup> TechnoServe; *Estudio del Sub-Sector Añil en El Salvador*, San Salvador, marzo, 2003.





inversiones para obtener una mayor agregación de valor a sus productos. Pese a esta dificultad, existe un número creciente de productores potenciales que están demandando estos servicios y accesos a mercados”.

“La demanda local e internacional del Añil está insatisfecha y el comportamiento de los precios es creciente por lo que este representa una oportunidad de mercado de alto valor.”

### **1.3 Comercialización<sup>3</sup>**

Según anotaciones del Dr. Don David J. Guzmán: “En 1875 se exportaban de El Salvador un poco más de 15,000 zurrone<sup>4</sup>s de 150 libras cada uno<sup>5</sup>, y en 1876 se exportaron 14,000 zurrone<sup>6</sup>s a \$1.50 por libra<sup>7</sup>”.

### **1.4 Reporte de Visita a Obraje La Perla<sup>8</sup>**

Fecha            2 y 4 de Agosto del 2004  
Lugar            Caserío La Perla, Cantón Rojas, Sensuntepeque, Cabañas  
Propietario      Víctor Manuel Martines

Don Víctor es el Presidente de la “Asociación Agropecuaria de Añileros de Cabañas” que aglutina 30 socios activos, pero según sus apreciaciones tiene un potencial de más de 180 personas que han mostrado interés en asociarse: Actualmente la Asociación está tramitando la personería jurídica.

El cultivar de la zona inmediata al obraje es de 30 mz. de la variedad Guatemalensis, sobre la cual opina que es la mejor adaptada al secano. No se aplica agroquímicos al cultivo para combatir plagas, fertilizantes o factores de crecimiento.

<sup>3</sup> Guzmán David, *Especies Útiles de la Flora Salvadoreña*, San Salvador: Imprenta Nacional, 1918.

<sup>4</sup> Bultos


<sup>5</sup> Equivalentes a 1,022 toneladas métricas

<sup>6</sup> Equivalentes a 955 toneladas métricas

<sup>7</sup> \$3.23 el kilogramo – El monto de la venta es de \$3, 084,650 en valores de 1876.

<sup>8</sup> Eduardo Blandón, 2 y 4 de Agosto del 2004





Consultoría A21a  
"DISEÑO Y PUESTA EN MARCHA DE UNA PLANTA AGROINDUSTRIAL  
PILOTO PARA EL PROCESAMIENTO DEL AÑIL"

En sus terrenos está construido un obraje de reciente edificación con un desnivel que comprende dos pilas de macerado y una pila para el batido y sedimentado, con una pendiente en ambos tipos de pilas del 15 %. Los detalles más importantes del diseño y operación son los siguientes:

Dimensiones, pila de macerado	3.5x3.0x1.3 mts (largo x ancho x profundo)
Dimensiones, pila de sedimentado	5.0x2.3x1.4 mts (largo x ancho x profundo)
Capacidad de proceso por pila	14 TM de biomasa (hojas y tallo)
Agua de macerado	9.3 mts <sup>3</sup>
Relación agua/biomasa	20/3 ó aprox. 7/1
Duración de macerado	12 hrs.
Duración de batido (método del zangarro)	2 a 2½ hrs.
Duración de sedimentado	4 a 6 hrs.
Uso de floclantes	NO
Uso de otros aditivos	NO
Rendimiento no constatado por el consultor	4.8 Kg. por TM
Contenido de indigotina	No se obtuvo información

Fue interesante notar las apreciaciones de un anciano puntero acerca de la construcción de obrajes y que se resumen así:

- El obraje, además de no faltarle el agua, debe ser construido en desnivel y que su declive esté orientado hacia el Sur.
- La pila de macerado debe estar al descubierto y no bajo techo.

Al interrogarle sobre las razones de sus afirmaciones respondió que de esa manera el sol calienta la pila todo el día, favoreciendo el rendimiento de colorante.





## **II FASE INDAGATORIA**

### **2.1 Investigación bibliográfica**

La investigación documental no ha sido extensa, consideramos que los datos aportados por la mayoría de los trabajos elaborados en el país tienen temas recurrentes que giran sobre asuntos históricos, agronómicos y la operación y manejo del sistema tradicional de los obrajes, sobre lo cual no abordaremos en el presente trabajo a excepción de aquellos datos que sean útiles para comparar resultados. Hay excepciones a esta apreciación general, una de ellas es la tesis de grado titulada: “CARACTERIZACION FISICOQUIMICA DEL PROCESO DE PRODUCCION DE COLORANTE DE AÑIL EN EL SALVADOR”<sup>9</sup>, que rompe con el formato tradicional. En dicho trabajo se han optimizando estadísticamente, a nivel de laboratorio, dos variables importantes del beneficiado del añil como son la temperatura y el pH, en las fases de lixiviado y aireado u oxigenación que son cruciales para el proceso.

### **2.2 Definición de términos**

El beneficiado del añil y posterior tratamiento de sus efluentes y desechos sólidos al igual que cualquier actividad agroindustrial extractiva; para el ingeniero químico, no son mas que un conjunto secuencial de operaciones y procesos unitarios.

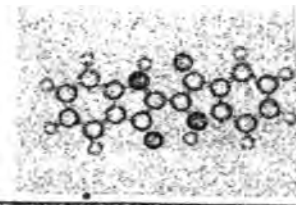
Las operaciones unitarias, entendiéndose estas como aquellos fenómenos físicos en donde no hay cambios químicos y que están presentes en el beneficiado del añil son:

- ⌘ Manejo de sólidos y líquidos.
- ⌘ Transferencia de masa en operaciones tales como el lixiviado y secado.
- ⌘ Generación y transferencia de calor.

<sup>9</sup> Padilla Endy y Santamaría Wilson, *Caracterización Físicoquímica del Proceso de Producción de Colorante Añil en El Salvador*, San Salvador: Ciudad Universitaria (Universidad de El Salvador), Diciembre, 2003.







- ⌘ Separación líquido/sólido que dependiendo del método a usar puede ser: sedimentación gravitatoria, sedimentación o decantación centrífuga, filtración en filtros prensa o filtración centrífuga etc.

Entre los procesos unitarios, entendiéndose estos como aquellos fenómenos donde ocurre una reacción química, están presentes por lo menos dos de ellos:

- Hidrólisis y reducción
- Condensación y oxidación

Obviamente cada operación y proceso está sujeta a mejoras en procedimientos y equipos que aseguren la máxima eficiencia hasta el límite de su viabilidad económica, siendo ello un reto para los técnicos e investigadores que se dediquen a este interesante y útil campo de trabajo.

### 2.3 Variables

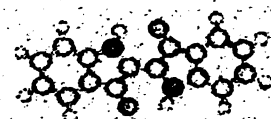
El objetivo primario de todo investigador al aplicar el principio de causalidad, de que todo efecto tiene una o varias causas, es precisamente el clasificar y medir estas causas o variables, para finalmente poder controlarlas y optimizarlas en beneficio de lo que se desea. [Ver Anexo # 05]

Definiendo formalmente el término variable como todo aspecto o dimensión de un fenómeno que tiene como característica la capacidad de asumir distintos valores, su clasificación es como sigue:

- ✓ **Variables Independientes:** Son las que se presentan como causa de la variable dependiente.
- ✓ **Variable Dependiente:** Es la que se presenta como consecuencia de una o más variables antecedentes.
- ✓ **Variable Interviniente:** La conforman factores que influyen en la variable dependiente, pero que no van a ser sometidas a investigación, por ejemplo: la calidad de la materia prima (contenido de indican), la eficiencia en la transferencia de oxígeno por el compresor y sus accesorios, la calidad del agua etc.



**“DISEÑO Y PUESTA EN MARCHA DE UNA PLANTA AGROINDUSTRIAL  
PILOTO PARA EL PROCESAMIENTO DEL AÑIL”**



En el cultivo y explotación del colorante del añil existen muchas variables, no obstante para efectos del proceso, las que evaluaremos y controlaremos son aquellas que a nuestro criterio tienen mayor incidencia sobre la variable dependiente cuya última expresión está representada por la eficiencia del proceso y que en su orden son:

<b>OPERACIÓN</b>	<b>VARIABLES INDEPENDIENTES</b>	<b>INTRUMENTOS DE MEDICION</b>
Pesado	Kilogramos [Kg.] del material x lote	Báscula
Lixiviado	Relación: Biomasa / Agua	Báscula y cubeta aforada
Lixiviado	Temperatura	Termómetro
Lixiviado	pH	Medidor de pH
Lixiviado	Tiempo	Reloj
Lixiviado	Velocidad espacial del reciclo	
Aireado	Temperatura	Termómetro
Aireado	pH	Medidor de pH
Aireado	Tiempo	Reloj
<b>OPERACIÓN</b>	<b>VARIABLES DEPENDIENTES</b>	<b>INTRUMENTOS DE MEDICION</b>
Rendimiento Bruto	Kg. de colorante / TM biomasa	Balanza de laboratorio.
Pureza de colorante	% de indigotina	Laboratorio Externo
Rendimiento Neto	Kg. de colorante x % pureza / TM de biomasa	
Eficiencia del proceso	Rendimiento Neto / Rendimiento teórico	





## 2.4 Formulación de hipótesis

La formulación de una hipótesis, al menos general, es imprescindible para guiar las actividades en todo trabajo de investigación, su importancia se deriva del nexo entre la teoría y la realidad empírica.

En el presente caso, luego de interpretar los datos obtenidos por otros investigadores, la información vertida en las obras consultadas y contrastarlas con nuestros propios conocimientos y las opiniones de personas prácticas en la operación de obrajes (punteros), concluimos con lo siguiente:

### HIPOTESIS GENERAL

**“EL BENEFICIADO DEL AÑIL, PUEDE EFECTUARSE A TRAVÉS DE UN PROCEDIMIENTO AFERMENTATIVO”.**

### SUB-HIPOTESIS

**I “LOS MICROORGANISMOS PRESENTES EN EL MEDIO AMBIENTE NO APORTAN ELEMENTOS IMPRESCINDIBLES PARA LA OBTENCIÓN DE INDIGOTINA”.**

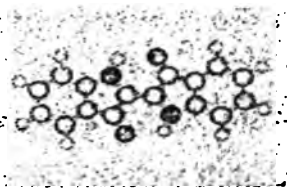
**II “LAS ENZIMAS RESPONSABLES DE LA REDUCCION DEL INDICAN A INDOXILO, PROVIENEN DE LOS TEJIDOS DE LA MISMA PLANTA”.**

**III “PARTIENDO DEL HECHO QUE ESTAMOS FRENTE A UNA REACCIÓN BIOQUÍMICA, SU VELOCIDAD AUMENTARÁ EN FORMA EXPONENCIAL CON RELACIÓN A LA TEMPERATURA, DUPLICÁNDOSE CADA 10 °C APROXIMADAMENTE”.**

**IV “EN NINGÚN CASO LA TEMPERATURA DEBE ELEVARSE A MAS DE 70 °C (TEMPERATURA DE COAGULACION DE LA ALBÚMINA) PARA EVITAR EL RIESGO DE ALTERAR LA NATURALEZA PRÓTEICA DE LAS ENZIMAS RESPONSABLES”.**

11CA





### III FASE DE DISEÑO DE PROCESO Y EQUIPOS

#### 3.1 Introducción

*La extracción de indigotina a partir del añil puede realizarse de varias maneras, una de las cuales y sobre la que enfocaremos nuestro trabajo es **partiendo del material fresco y usando el método afermentativo.** [Ver Anexo # 06]*

Este método, al menos en El Salvador, es un procedimiento que únicamente se ha llevado a cabo a nivel de laboratorio y de manera estática, nunca antes se ha dado el salto tecnológico del laboratorio a planta piloto y bajo un régimen dinámico en que la biomasa del añil es sometida a un lixiviado continuo y en caliente, simulando fielmente las condiciones reales de una planta industrial a gran escala; de tal manera, que para distinguirlo de cualquier otro método de extracción *se le designara con el nombre de: PROCESO "BLAGAR"*<sup>10</sup>

#### VISION

UNA PLANTA INDUSTRIAL PARA EL PROCESAMIENTO DE AÑIL QUE SEA SOSTENIBLEMENTE RENTABLE, CERTIFICADA BAJO ESTÁNDARES ISO 9000 ELABORANDO PRODUCTO COLORANTE BAJO NORMAS MÍNIMAS DE CALIDAD, QUE PUEDE SER COMERCIALIZADO EN TODO EL MUNDO.

La tarea de diseñar un proceso que intente cumplir con nuestra visión<sup>11</sup> culminó con la construcción de un diagrama de flujo cuya utilidad reside en ilustrar gráficamente las diferentes operaciones (cambios físicos), procesos (cambios químicos), controles e inspecciones del beneficiado del añil, que nos aseguren el cumplimiento de los objetivos siguientes:

- a) Mejorar la oferta del colorante, garantizando la asepsia y calidad uniforme (pureza > 60%).

<sup>10</sup> Nombre dado por los creadores del proceso industrial para la obtención del colorante del añil usando el método afermentativo y aséptico; siendo ellos Eduardo Blandón y Salvador Garza.

<sup>11</sup> Visión inédita de Salvador Garza y Eduardo Blandón, desarrollada exclusivamente para sustentar los resultados a generarse a través de la ejecución de esta consultoría; y para establecer un rumbo a seguir para futuras acciones de consultoría. Presentada primeramente en la interpretación de los Términos de Referencia y posteriormente como parte de la oferta de servicios de consultoría [ver Anexo # 2].

11CA







Consultoría A21a  
"DISEÑO Y PUESTA EN MARCHA DE UNA PLANTA AGROINDUSTRIAL  
PILOTO PARA EL PROCESAMIENTO DEL AÑIL"

---

- b) Incrementar o generar una nueva la demanda directa, al ofertar el colorante en la industria cosmética y alimentos que no pueden suplirse en la actualidad con el añil producido tradicionalmente en los obrajes.
- c) Hacer la operación más limpia y menos ardua para el operario.
- d) Confiar en la medición por instrumentos, en los puntos y momentos críticos del proceso.
- e) Aumentar la eficiencia en la extracción del colorante.
- f) Disminuir el tiempo de proceso de cinco o más días a no más de uno.
- g) Generar mayor rentabilidad, para el agricultor-empresario que se dedique al cultivo del añil.

### 3.2 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO "BLAGAR" [Ver Anexo # 07]

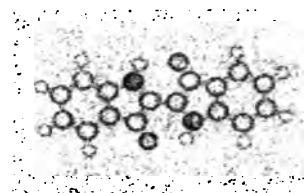
#### 3.2.1 Recepción del material

---

El material deberá llegar a la planta piloto recién cortado (si se protege de la luz solar directa y en sitio aireado y fresco perfectamente puede esperar seis horas), libre de tierra y limpio de malezas. Empíricamente se sabe, se cita este fenómeno en varias obras consultadas, que el añil que va acompañado de ciertas malezas, específicamente de campanilla (*Ipomoea purpurea*) no da buen rendimiento de colorante.

Una explicación a la luz del marco hipotético propuesto y que viene a reforzarlo, es que la campanilla posee en sus tejidos sustancias que antagonizan con el proceso enzimático que intervienen en la generación de indigotina, la confirmación de este supuesto, que esta mas allá de lo que cubre este trabajo, puede ser de interés para un posterior trabajo de investigación en la especialidad de bioquímica industrial.

1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9  
10  
11  
12  
13  
14  
15  
16  
17  
18  
19  
20  
21  
22  
23  
24  
25  
26  
27  
28  
29  
30  
31  
32  
33  
34  
35  
36  
37  
38  
39  
40  
41  
42  
43  
44  
45  
46  
47  
48  
49  
50  
51  
52  
53  
54  
55  
56  
57  
58  
59  
60  
61  
62  
63  
64  
65  
66  
67  
68  
69  
70  
71  
72  
73  
74  
75  
76  
77  
78  
79  
80  
81  
82  
83  
84  
85  
86  
87  
88  
89  
90  
91  
92  
93  
94  
95  
96  
97  
98  
99  
100



### 3.2.2 Tratamiento del agua de proceso

Las aguas de origen natural no son iguales, varían desde el punto de vista biológico y químico. Dentro de este último aspecto, varían en relación a su acidez o alcalinidad y sobre todo por la cantidad y naturaleza de sales disueltas y materiales en suspensión coloidal que pueden constituir variables intervinientes en el beneficiado del añil.

En el caso particular, el pH midió (7.1), su dureza total (70 ppm como carbonato de calcio) encontrándose, a nuestro criterio, valores que no ameritan un tratamiento previo para efecto de ser usada en el procesamiento del añil.

### 3.2.3 Reducción de tamaño

El reducir el tamaño del material en secciones de 25 cms. aproximadamente, permite aprovechar eficientemente el volumen de la tina, aumenta la relación biomasa-agua, aumenta la superficie de contacto favoreciendo el lixiviado del principio precursor de la indigotina; finalmente, disminuye la cantidad de efluente y hace más rápido la degradación del desecho sólido.

### 3.2.4 Pesado del material cortado

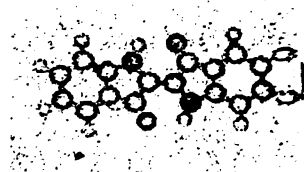
Es imprescindible llevar el registro del peso del material a procesar, es el dato más importante que permite generar otros datos como: la relación peso del material/volumen de agua, el rendimiento bruto, el rendimiento neto y finalmente la eficiencia del proceso.

### 3.2.5 Lixiviado

Esta combinación de operación y proceso en donde se verifican cambios químicos (reducción e hidrólisis del indican a indoxil) y manipulaciones físicas (extracción, transporte de fluidos y transferencia de calor), es la más importante. De su buena ejecución dependerá la eficiencia del proceso en general, por lo que la medición y control de las condiciones de operación es de capital importancia, las principales variables a medir y controlar son:



Consultoría A21a  
"DISEÑO Y PUESTA EN MARCHA DE UNA PLANTA AGROINDUSTRIAL  
PILOTO PARA EL PROCESAMIENTO DEL AÑIL"



Temperatura	65°C
pH	8.5
Veloc. espacial del reciclo	3 hora <sup>-1</sup>
Tiempo *	4 a 5 horas

\* Si bien la temperatura y el PH han sido optimizadas, por investigaciones previas a nivel de laboratorio, el tiempo de lixiviado para una dada velocidad espacial de reciclo deberá establecerse.

El tiempo, que en cualquier proceso industrial tiene incidencia en los costos de operación, es un factor que debe ser optimizado y normalizado.

En todas las obras consultadas, esta variable sencillamente se deja al criterio del puntero, lo cual ha llevado a mistificar el procedimiento con una serie de tradiciones que lindan con el folclore de cada región o se fija arbitrariamente en el caso de las investigaciones de laboratorio.

No se ha establecido un método que asegure con precisión, cual es el momento (el punto) en que debemos parar el remojo o fermentación en el proceso del obraje, que correspondería al lixiviado en el PROCESO "BLAGAR".

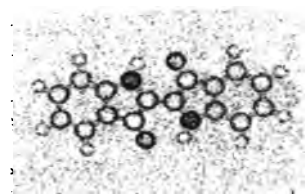
En el PROCESO "BLAGAR" se intentó oxidar por vía química una muestra del líquido en proceso con peróxido de hidrógeno a 50 volúmenes (oxidante energético), para luego centrifugar y apreciar semi-cuantitativamente la cantidad de sedimento o indigotina que teóricamente debía obtenerse, se usaron varias proporciones de peróxido, desde el 5% al 50% en relación al líquido lixiviado sin éxito. En su defecto se optó por airear una muestra de 50 cms cúbicos durante veinte minutos con bomba de pecera, recurriendo al procedimiento de centrifugar la muestra, de esta manera se logró establecer, comparando visualmente el sedimento de dos muestras consecutivas, que el tiempo al cual no había más extracción o la había en cantidad inapreciable es de 4 a 5 hrs.

Con el objeto de implementar un ensayo rápido para monitorear el progreso del lixiviado sugerimos:

- ◆ Ensayar otros agentes oxidantes.
- ◆ El uso de un refractómetro con escala ampliada en el rango de 0 a 10 grados Brix, ya que tratándose el lixiviado de una operación extractiva, podría explotarse la correlación que existe entre los sólidos disueltos y el índice de refracción.



Consultoría A21a  
"DISEÑO Y PUESTA EN MARCHA DE UNA PLANTA AGROINDUSTRIAL  
PILOTO PARA EL PROCESAMIENTO DEL AÑIL"



- ⊕ El mismo argumento es válido en cuanto a la densidad determinada con suficiente precisión en el orden de los miligramos por centímetro cúbico, en este caso es imprescindible el uso de picnómetros y balanza analítica.

Es de crucial importancia en un proceso industrial a gran escala establecer un método rápido y seguro para determinar el momento preciso para detener el lixiviado, tenemos evidencia (corrida # 6) que un lixiviado demasiado prolongado, en el caso del "PROCESO BIAGAR" redundan sensiblemente en el rendimiento y calidad del tinte.

### 3.2.6 Aireado

El aireado del líquido proveniente de la etapa anterior, también es una combinación de operación/proceso, ya que hay un cambio químico (oxidación del indoxil que es soluble e incoloro y se transforma en indigotina que es insoluble y coloreada) y manipulaciones físicas (transporte de fluido en este caso aire y transferencia de masa que es el caso del oxígeno que debe pasar de una fase gaseosa a una fase líquida).

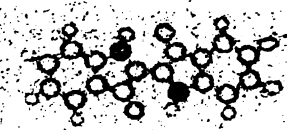
Esta etapa, a nuestro criterio es la segunda en importancia, pues si bien en la etapa anterior se extrae el principio precursor del tinte, es aquí en donde se obtiene realmente la indigotina; por lo tanto, al igual que en el lixiviado, la medición y control de las condiciones de operación son importantes así como también el monitoreo del proceso. Las principales variables a medir y controlar son las siguientes:

Temperatura	<50°C
pH	7.5
Velocidad espacial del aire inyectado	No hay dato
Presión de trabajo del compresor	0.1 Kg./cm. <sup>2</sup>
Tiempo *	30 a 45 min.

A diferencia del lixiviado, determinar el tiempo del aireado resulta menos complejo, basta tomar muestras cada cinco minutos y centrifugarlas, apreciando la cantidad de sedimento obtenido, en dos muestras consecutivas, puede determinarse con bastante precisión el momento de parar dicha







Consultoría A21a  
"DISEÑO Y PUESTA EN MARCHA DE UNA PLANTA AGROINDUSTRIAL  
PILOTO PARA EL PROCESAMIENTO DEL AÑIL"

---

operación, no tenemos evidencia que en el "PROCESO BLAGAR" un aireado prolongado deteriore el rendimiento o calidad de la tinta.

En planta piloto se usó un compresor del tipo empleado en los jacuzzi de 1.0 HP, provisto de turbina de alto caudal y baja presión, acoplado a una tubería de PVC rematado por una cabeza aireadora de ocho salidas y cada una con veintiocho agujeros de 3/32". El resultado superó nuestras expectativas, a tal grado que no se pudo operar de manera continua por la alta formación de espuma. Hacemos la observación que no disponemos de datos del fabricante en cuanto al caudal de aire desplazado en relación a la presión de trabajo (curva de operación) ni tenemos a disposición el equipo (anemómetro) para su determinación.

### 3.2.7 Separación sólido-líquido

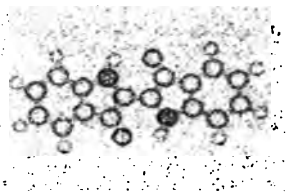
La separación del tinte del líquido del lixiviado, se puede hacer de varias maneras, la mas sencilla es por sedimentación por gravedad seguido de filtración; este método, tiene los siguientes inconvenientes: su lentitud, hay que esperar de doce horas a veinticuatro horas; generalmente hay que usar un floculante (cal hidratada, alumbre etc.) para acelerar la operación lo cual le agrega materia inerte que incluso puede ser indeseable para ciertos usos no tradicionales o exigentes en cuanto a pureza; y, pérdidas apreciables en la operación de filtrado.

En el "PROCESO BLAGAR", se contempla el uso de un separador centrífugo de flujo continuo, el tamaño de la partícula (100 micras) y sobre todo la diferencia de densidades entre las dos fases permite efectuar la separación por ese medio, de forma rápida, limpia y eficiente, se recomienda para la operación en planta piloto una centrífuga de disco (disk type) con una potencia menor de 1.0 caballo de fuerza y un caudal de alimentación de aproximadamente 20 litros por minuto, ello permitiría que la operación de sedimentación pueda reducirse a menos de media hora. En el caso de la planta piloto no se cuenta con dicho equipo, por lo que se usó el método tradicional de sedimentación por gravedad y posterior filtrado sobre mantas.



Consultoría A21a  
"DISEÑO Y PUESTA EN MARCHA DE UNA PLANTA AGROINDUSTRIAL  
PILOTO PARA EL PROCESAMIENTO DEL AÑIL"

---



### 3.2.8 Secado

El secado es una operación que también puede llevarse a efecto de varias formas, desde el secado solar expuesto directamente al ambiente, hasta una operación de liofilizado, todo dependerá de las exigencias del mercado y de los costos de operación.

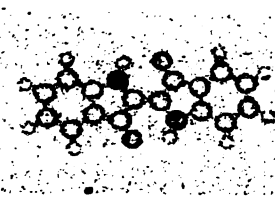
En el "PROCESO BLAGAR", de planta piloto, se usó un horno de microondas con excelentes resultados toda vez que se trate de pasta semifluida, presuntamente como saldría de la descarga pesada de la centrífuga, que podría oscilar según el Manual del Ingeniero Químico entre un 50% a 15% de sólidos suspendidos, en relación al tinte del añil por ser hidrofílico puede esperarse una suspensión entre el 15% al 25%; sin embargo, a nivel industrial a gran escala se impone un secador rotatorio al vacío de película agitada. (vacuum-rotary dryer), que permitiría un secado rápido, a baja temperatura y con costos de operación razonables.

### 3.2.9 Molido

La finura (mesh) del colorante que es una característica deseable dentro de ciertos rangos, se estima por los consultores que puede ser entre 100 y 200 mesh, que corresponderían a tamaños de partícula entre 150 y 75 micras (milésimas de milímetro), dependiendo en última instancia de las especificaciones del usuario, puede lograrse de manera reproducible y eficiente mediante un molino de bolas, que para el caso de una planta industrial bastaría uno pequeño, casi de escala de laboratorio, dado que a ese nivel la producción diaria del colorante no sobrepasaría de unas cuantas decenas de kilos o a lo sumo de pocas centenas.

En planta piloto se usó un molino eléctrico de mesa, con resultados satisfactorios.





### 3.3 FASE DE DISEÑO DE EQUIPOS

Para cumplir con el objetivo de producir un material limpio y bajo normas de calidad internacionales, el material recomendado para la fabricación de equipos que estén en contacto con el material a procesar, es el acero inoxidable. Este material viene en diferentes presentaciones (lámina, barras, pletinas, etc.), así como también en diferentes composiciones en cuanto a contenido de metales diferentes al hierro, en nuestro país el material comúnmente comercializado es el acero inoxidable 304, que es un acero al cromo/níquel 19% y 10% respectivamente, con un contenido de carbono de 0.08% como máximo.

Las ventajas del acero inoxidable sobre otros materiales son:

- ▲ sus características no contaminantes,
- ▲ su alta resistencia a la tracción y a la temperatura.

Teniendo escogido el material, se procedió a optimizar el tamaño los equipos en base a las medidas de la lámina, especialmente para el diseño de la tina de lixiviado, que cumpliría, en nuestro caso, otros usos como la de ser recipiente para el aireado y sedimentado que no es lo recomendable pero por razones presupuestarias se hizo de esa manera.

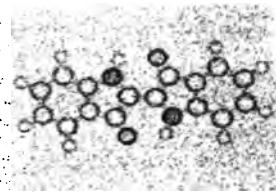
#### 3.3.1 TINA DE LIXIVIADO

Con el objeto de optimizar el tamaño de la tina con relación al material, se decidió que el cuerpo principal o sea la parte cilíndrica fuese de una sola lámina enrollada de 4 x 8 pies y una sola costura de soldadura, igualmente la tapadera y el cono inferior se fabricaron de una sola lámina de 2 x 1 mts., ambas de 2 mm de espesor, es decir, la tina sin sus accesorios está hecha de únicamente dos láminas y con el mínimo de costuras soldadas.

En cuanto a su funcionamiento, la tina de lixiviado puede considerarse como un percolador de gran tamaño en donde la biomasa del añil previamente acondicionado dentro de la tina y sin excesiva presión descansa sobre un falso fondo formado por una rejilla perforada desmontable, que evita



Consultoría A21a  
**"DISEÑO Y PUESTA EN MARCHA DE UNA PLANTA AGROINDUSTRIAL  
 PILOTO PARA EL PROCESAMIENTO DEL AÑIL"**



obstrucciones debidas al material en la salida del fluido o que pasen partículas a la bomba situada exteriormente. Por la parte superior otra rejilla perforada mantiene el material en su lugar de tal manera que forme una cama por donde se infiltra el líquido reciclado ~~movido~~ continuamente por intermedio de bomba centrífuga, es importante para la buena marcha de la operación que el material se encuentre siempre cubierto de líquido, este fue el caso de la corrida #2 que en el afán de aumentar la relación biomasa/agua, parte del material quedo descubierto, obteniéndose un bajo rendimiento.

No obstante que antes de diseñar la tina se hicieron pruebas de campo sobre el comportamiento del material en cuanto a su capacidad de retención de líquidos, no había forma de saber con certeza como se iba a comportar el material en mayores cantidades y espesores, felizmente la cama del material, que alcanzó en una de las pruebas (corrida #6) casi un metro de espesor no se tuvo problemas de retención, cuya consecuencia negativa hubiese sido el rebalse del líquido y por lo tanto la imposibilidad de ser lixiviado. Esta última observación es de vital importancia cuando se diseñe un nuevo equipo de dimensiones más grandes.

Para mayores detalles se anexan planos esquemáticos de taller (ver Anexos # 08 y 09) y a continuación se detalla la respectiva lista de materiales de fabricación con sus aplicaciones:

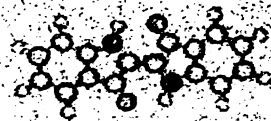
### TINA DE LIXIVIADO

CANT.	DESCRIPCIÓN	APLICACIÓN
1	lámina inox. de 2 mm, de 4x8'	cuerpo cilíndrico principal
1	Idem 2 mm 2x 1 mts (s)	cono y tapadera
1	Idem 1.5 mm 2x 1 mts con aguj. de 3/16"	rejilla sup. e inf.
31.5'	pletina 3/16" x 2" de acero inox.	sopORTE de rejilla sup. e inf. y guías internas
18"	barra 1 1/2" de acero inox.	eje pivotante
1.25 mts	pletina 6x75 mm de acero inox.	refuerzos para la unión eje pivotante y cuerpo de la tina
4'	barra de 3/8"	haladeras de rejillas y tapadera
1	Jgo. De válvulas de nivel de 1/2"	
2	chumaceras de banco de 1. 7/16"	mecanismo pivotante
2	Pzas. de 6 mts, tubo 2." ced. 80	bastidor
	materiales varios (pernos, arandelas de presión etc.)	





Consultoría A21a  
"DISEÑO Y PUESTA EN MARCHA DE UNA PLANTA AGROINDUSTRIAL  
PILOTO PARA EL PROCESAMIENTO DEL AÑIL"



### 3.3.2 INTERCAMBIADOR DE CALOR

El objeto del intercambiador de calor es calentar el agua de lixiviado que fluye continuamente por su interior, básicamente dicho intercambiador está compuesto de dos tubos concéntricos, sellados en sus extremos. Por el tubo interior circulan gases de combustión calientes provenientes de un quemador de gas propano tipo soplete y por el espacio entre ellos circula el agua de lixiviado, su construcción es sencilla y robusta, no se hizo cálculo preciso de ingeniería por carecer de datos confiables para calcular el coeficiente de transferencia de calor para el lado de los gases como del líquido, siendo nuestro criterio que la mayor resistencia al flujo térmico esta del lado de los gases y despreciando la resistencia que pueda oponer la pared del acero dada su alta conductividad, una buena aproximación en base a la experiencia de los consultores en este tipo de aparatos establece que el producto de la diferencia media logarítmica de temperatura entre ambos fluidos y el coeficiente global de transferencia de calor es del orden de 25, 000 Kcal./mt<sup>2</sup> hr, sobre este dato se estimó el tamaño del intercambiador, suficiente como para elevar la temperatura del líquido recirculado, unos 400 litros en promedio, desde la temperatura ambiente de aprox. 27°C hasta 65°C en menos de una hora a plena capacidad o prolongar el ciclo de calentamiento a voluntad del operador.

Para mayores detalles se anexan planos esquemáticos de taller (ver Anexo # 10) y a continuación se detalla la respectiva lista de materiales y sus aplicaciones:

### INTERCAMBIADOR DE CALOR

Cant.	Descripción	Observaciones
1	lámina inox. de 2 mm 2 x1 mts.	cuerpo principal
3	camisas de 1' acero inox.	Orificios de inspección
3	taponos machos de 1' acero inox.	orificios de inspección
2	niples 1/2 x 6", acero inox.	entrada y salida de líquido
1	pza. de 6 mts. de angular 1.1/4" x 1/4"	estructura de campana y patas
1	lámina de 1/8" de hierro negro	Cuerpo de campana y refuerzos varios





#### IV CONTRATACIÓN Y FABRICACIÓN DE EQUIPOS

La selección del taller encargado de la fabricación de los equipos se hizo respetando los requerimientos administrativos, previamente señalados, en este caso particular se cotizó a tres talleres reconocidos la manufactura del equipo, quedando bajo la responsabilidad de los consultores la cotización, compra y transporte de los materiales a usar y supervisión de la construcción<sup>12</sup>. Consideramos que este procedimiento tiene mayores ventajas porque hace el proceso mas flexible para los pequeños cambios de diseño inevitables en los prototipos y que se resuelven sobre la marcha, en contrapartida, hay mas carga de trabajo para el consultor, adicional a la simple supervisión.

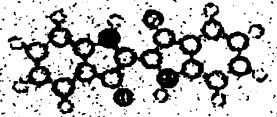
La manufactura de cualquier equipo de calderería pasa por las siguientes etapas:

- ✦ Trazo o sea dibujo a escala real sobre la lámina o cartoncillo, del desarrollo de los cuerpos figurados (cilindros, conos etc.) en los planos de taller, el trazador debe dominar nociones de geometría descriptiva.
- ✦ Corte y/o enrollado en base a las plantillas o al trazo sobre la lámina.
- ✦ Maquinado o conformado de piezas que van soldadas, empernadas o remachadas al cuerpo principal, tales como: ejes, refuerzos, guías, camisas roscadas, etc.
- ✦ Punteado de piezas. Las piezas ya con su forma se unen provisionalmente para ensayarlas y confirmar su perfecto acoplamiento.
- ✦ Sellado de juntas. Las piezas se sueldan definitivamente con un cordón continuo de soldadura, en este caso, se exigió para las juntas vistas, soldadura de arco protegido tipo TIG.
- ✦ Pulido de superficies y pintura general.

Consideramos nuestra responsabilidad aclarar, que las cuatro primeras operaciones y la última se llevaron a cabo muy bien, no así la penúltima, específicamente con la tina de lixiviado la cual sufrió

<sup>12</sup> Taller TECNOMEKANICA CUZCATLAN, San Salvador.  
Alex Vejar (propietario)

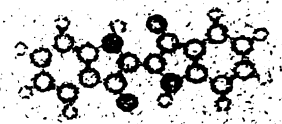




una ligera deformación por el calor intenso que se generó al soldar al cuerpo principal las piezas de refuerzo de los ejes que permiten el movimiento pivotante, inconveniente que pudo haberse evitado de haberlo previsto, tanto por parte del taller encargado de la manufactura como de los consultores, ideando otra solución para fijar dichos ejes; no obstante, ese inconveniente de naturaleza meramente estética no interfirió con el funcionamiento del equipo que fue tal como se había previsto.

En relación al transporte de la planta piloto con todos sus accesorios, no ofrece inconveniente alguno, perfectamente puede movilizarse en un solo viaje de camión mediano (6 Ton.) o dos viajes de camión más pequeño. La tina de lixiviado, por su peso, se recomienda que debe ser desmontada parcialmente, operación en extremo sencilla bastando dos hombres para transportar tanto el cuerpo principal de la tina como su bastidor, el intercambiador de calor no necesita ser desmontado, especial cuidado se debe tener con la cristalería y ciertos productos químicos (ácido muriático) que deberían ser transportados a parte, siguiendo las normas básicas de seguridad.





## V FASE DE PRUEBAS

### 5.1 Introducción

Las pruebas realizadas fueron seis habiéndose invertido más de 200 horas de trabajo entre los dos consultores para lograr los resultados, registrarlos, tabularlos (ver Anexo # 11) e interpretarlos de tal manera que pueden reproducirse sin dificultad y obtenerse conclusiones importantes, una de ellas es la validación experimental de la hipótesis de trabajo que desmitifica, en El Salvador, una tradición de siglos.

La descripción del proceso, el diagrama de flujo y la guía de operación constituyen valiosa información para los futuros operadores de la planta, que por lo demás deben estar bien informados acerca de la operación de los equipos auxiliares tales como: bombas, medidor de pH, balanza, horno de microondas etc.; información, que se encuentra debidamente detallada en las guías o manuales ~~dado por los fabricantes.~~

### 5.2 Descripción y Comentarios de Aspectos Relevantes

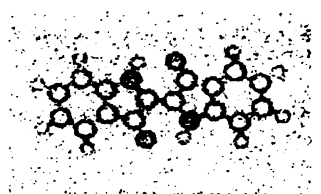
La primera dificultad práctica que la tabla de registro de datos no determina es como controlar el pH, existen tres razones principales:

- ✧ No se tenía el dato sobre la cantidad a dosificar por Kg. de biomasa, esta información no aparece de manera explícita en las fuentes consultadas, por lo que se determinó en pruebas a pequeña escala de una manera aproximada.
- ✧ La dilución de carbonato de sodio (soda ash), que fue el químico seleccionado para subir el pH, no se verifica de manera inmediata, como sucede en una prueba de laboratorio a pequeña escala, que basta con una leve agitación para distribuir la solución alcalina uniformemente, en el caso de la planta piloto, se estima que para efectuar una medida confiable del pH se debe esperar no menos de 30 minutos después de haberle dosificado el químico ya disuelto en una concentración aproximada del 10% peso/vol, debido a que es necesario esperar un





Consultoría A21a  
"DISEÑO Y PUESTA EN MARCHA DE UNA PLANTA AGROINDUSTRIAL  
PILOTO PARA EL PROCESAMIENTO DEL AÑIL"



tiempo prudencial para una distribución uniforme de la solución. Se debe considerar que la capacidad de bombeo es limitada a 22.2 lts/min., es decir, que aproximadamente cada veinte minutos se intercambia una vez el volumen del agua contenida en la tina; y,

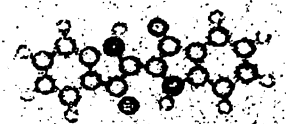
- ✧ La biomasa del añil tiene la propiedad de bajar el pH a medida que transcurre el tiempo, debido probablemente a los ácidos orgánicos que continuamente están neutralizando el carbonato de sodio.

La solución a este inconveniente, se normalizó de la corrida # 3 en adelante, la dosificación recomendada es de 4 grs. de carbonato de sodio por Kg. de biomasa y en las dos últimas corridas se mejoró el procedimiento al hacerlo en dos dosificaciones separadas por un lapso de 30 minutos aproximadamente.

El proceso de lixiviado que es la clave para un buen resultado ofrece bastante flexibilidad por ejemplo: la temperatura recomendada, en pruebas de laboratorio generadas por otros investigadores es de 69°C, la cual la consideramos muy elevada tratándose de una reacción enzimática. Dicha temperatura puede alcanzarse de forma rápida o lenta, en nuestro caso se obtuvo mejor resultado haciéndolo en forma un poco más lenta (corrida # 5), un poco más de hora y media en comparación a una hora de las corridas iniciales. Es importante aclarar que el límite máximo a que se elevó la temperatura fue limitado por la bomba de lixiviado que tiene como límite de trabajo continuo los 55°C. Otra variante, es que puede regularse la temperatura a voluntad, en la corrida # 4, se operó con una temperatura mucho mas baja, en esta caso se conjeturó que debido al estado del material (picado y semimolido), era viable lograr una extracción eficiente aún en condiciones moderadas de temperatura, prueba que no tuvo éxito debido a otras causas ajenas a la extracción, finalmente también podemos variar el tiempo del ciclo de lixiviado, sobre este respecto la duración del ciclo de lixiviado fue de 4 hrs. con excepción de la corrida # 5 que se prolongó media hora más como medida compensatoria por haber alcanzado la máxima temperatura de forma más lenta, aquí es conveniente señalar que la manera de determinar el tiempo optimo de lixiviado está explicada en la descripción del proceso.



Consultoría A21a  
"DISEÑO Y PUESTA EN MARCHA DE UNA PLANTA AGROINDUSTRIAL  
PILOTO PARA EL PROCESAMIENTO DEL AÑIL"



Estiman los consultores que, la relación agua/biomasa no se considera crítica, lo importante es que el agua de lixiviado cubra totalmente la biomasa para garantizarse que sea lavada continuamente, una relación de entre 7 a 8 partes en peso de agua por una de biomasa es óptima. Si bajamos esa relación implicaría que la biomasa debe compactarse lo cual no es aconsejable para el proceso de lixiviado, basta acomodar manualmente el material dentro de la tina con leve presión para que el líquido se infiltre sin dificultad.

Resumiendo la operación del lixiviado no solo comprende fijar las principales variables como son el pH, la temperatura, el tiempo y la relación agua/biomasa; sino también, la forma de lograrlo especialmente con el pH y la temperatura.

La operación / proceso de aireado u oxigenado, aunque importante no es crítica, por las razones siguientes:

- △ ~~Es rápida, bastan 30 minutos o menos de trabajo continuo del compresor para darla por terminada.~~
- △ No hay evidencia que una sobre aireación, dentro de rangos razonables, digamos unos diez o quince minutos más, influya negativamente en la calidad o rendimiento del colorante.
- △ Monitorear su evolución no es complejo, se dan los lineamientos en la descripción del proceso.

Las operaciones de sedimentado y filtrado o sea la recuperación del colorante del líquido previamente lixiviado y luego aireado se efectuaron de manera tradicional, por no contar con el equipo propuesto; en consecuencia, esta parte no difiere con el obraje, nos referimos a que la sedimentación es por gravedad, luego la fracción sedimentada que se obtiene en forma de una suspensión bastante fluida se le debe eliminar el exceso de agua por medio de filtración sobre mantas, para luego recoger la pasta y someterla a la siguiente operación.





**Consultoría A21a**  
**“DISEÑO Y PUESTA EN MARCHA DE UNA PLANTA AGROINDUSTRIAL**  
**PILOTO PARA EL PROCESAMIENTO DEL AÑIL”**

---

Las dos últimas operaciones que restan o sea el secado, se hizo en horno de microondas con buenos resultados, toda vez que se parta de una suspensión semifluida, obviamente a mayor concentración los resultados son más rápidos. La ventaja del secado por microondas, estriba que en ningún caso el material a secar eleva su temperatura mas arriba de la temperatura de ebullición del agua, evitándose que se quemara el colorante, obteniéndose el material tan seco como se desee, sobre este particular aclaramos que la muestra de la corrida # 1, desarrollo crecimiento de mohos después de haber sido entregada para su análisis de pureza, cuestión muy natural si tomamos en cuenta que las esporas de estos organismos abundan en el ambiente y si se depositan sobre un material rico en carbono orgánico, con suficiente humedad y temperatura adecuada se dan las condiciones idóneas para que dichas esporas germinen y crezca el micelio rápidamente, para evitar este serio inconveniente la humedad debe mantenerse bajo cierto límite, lo usual es 12% como máximo. Lamentablemente para los consultores este fino control está fuera de su alcance por no contar con un medidor de humedad, por lo que las posteriores muestras se desecaron casi completamente, lo cual obviamente disminuye el rendimiento bruto, pero no tiene incidencia alguna en el rendimiento neto o la eficiencia del proceso.

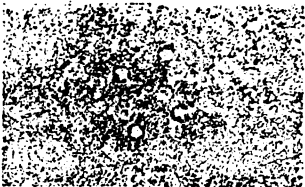
La molturación no ofreció dificultad en ningún caso, si es de señalar que la molturación del colorante sin floculante mineral es más fina.

### **5.3 Discusión de Resultados**

Los resultados desde el punto de vista de la eficiencia del proceso son inaceptables, a lo sumo se alcanzó un 49% en la mejor prueba, la corrida # 5, que coincidió con el mejor rendimiento de indigotina un nada despreciable 58.6 % de pureza en base húmeda que corresponde a un 62.2 % sobre base seca (ver Anexos #s 12, 13, 14 y 15).

Consideramos que este bajo rendimiento se debe a la pérdida de tinta tanto en el efluente como en la operación de filtrado, se estiman las pérdidas entre un 40% al 75% sobre la base de lo obtenido, ejemplo: si se reportaron 100 grs., las pérdidas pueden oscilar entre 40 y 75 grs.





Consultoría A21a  
**“DISEÑO Y PUESTA EN MARCHA DE UNA PLANTA AGROINDUSTRIAL  
PILOTO PARA EL PROCESAMIENTO DEL AÑIL”**

---

La explicación de esta gran pérdida en términos porcentuales estriba en tres posibles causas:

- La temperatura a la que se opera la aireación está en relación inversa al tamaño de la partícula del colorante (esta afirmación está sustentada en apreciación cualitativa del líquido centrifugado del efluente), es decir, a la temperatura en que operó el aireado en nuestro caso, las partículas de indigotina son mucho más finas que si se hubiera aireado a temperatura ambiente.
- Es un hecho físico comprobado que, la velocidad de sedimentación está en relación directa al tamaño de la partícula; por consiguiente, las partículas más finas tenderán a permanecer suspendidas por más tiempo en el efluente y también serán menos retenidas por los filtros.
- A excepción de las corridas #2 y #6, no se usó floculante alguno.

Es importante destacar que el picado del material tal como se obtiene del molino/picador de la planta piloto ~~contradijo las mejores expectativas, ya que se esperaba que un material dividido y en parte desgarrado ofreciera mejores condiciones para una extracción rápida y eficiente.~~

Ahora bien, este resultado inesperado no debe llevar a la conclusión apriorística en la cual se descarte por completo la práctica del picado/molido. Lo que se ha demostrado es que ello no funciona en las condiciones de operación en que se efectuaron las pruebas en la planta piloto. Hacemos esta aclaración porque intuímos que no se han agotado varios recursos de los que un investigador con la suficiente creatividad, tiempo y recursos puede implementar, pero hacemos la salvedad que previamente debe trabajarse a nivel de laboratorio, para capitalizar mejor el esfuerzo.

La corrida #6 demostró que no hay mayor eficiencia del proceso dejando reposar la planta, luego de haber completado su ciclo normal de lixiviado, sumergida en líquido. El colorante obtenido de esa prueba no tiene buen aspecto su color es casi negro y bastante denso, esto significa sin lugar a dudas que en el proceso de lixiviado no hay efecto acumulativo en el tiempo, por el contrario, el rendimiento exhibe un máximo que luego decae; en este punto, pueden formularse varias conjeturas,

1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9  
10  
11  
12  
13  
14  
15  
16  
17  
18  
19  
20  
21  
22  
23  
24  
25  
26  
27  
28  
29  
30  
31  
32  
33  
34  
35  
36  
37  
38  
39  
40  
41  
42  
43  
44  
45  
46  
47  
48  
49  
50  
51  
52  
53  
54  
55  
56  
57  
58  
59  
60  
61  
62  
63  
64  
65  
66  
67  
68  
69  
70  
71  
72  
73  
74  
75  
76  
77  
78  
79  
80  
81  
82  
83  
84  
85  
86  
87  
88  
89  
90  
91  
92  
93  
94  
95  
96  
97  
98  
99  
100



Consultoría A21a  
"DISEÑO Y PUESTA EN MARCHA DE UNA PLANTA AGROINDUSTRIAL  
PILOTO PARA EL PROCESAMIENTO DEL AÑIL"

una de ellas es que el indoxil formado en la etapa anterior se degrade o cambie sus propiedades químicas por efecto de un isomerismo dinámico.

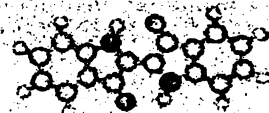
Como puede notarse se abren nuevas conjeturas, las cuales es necesario descartarlas una a una. Estas observaciones refuerzan la opinión de los consultores sobre que es en la operación de lixiviado donde se encuentra la clave para entender la química del añil, la cual una vez comprendida en todas sus facetas, franqueará el camino que nos conduciría a un proceso altamente eficiente, tanto desde el punto de vista económico como de ingeniería (ver Anexos #s 16 y 17).

Para capitular, el equipo de los consultores considera que pese a haber hecho únicamente seis corridas, y sobre la base de un conocimiento fraccionario del fenómeno, especialmente de los mecanismos de reacción química involucrados, se exploraron varias posibilidades. Puede afirmarse que se usó un modelo heurístico en donde ninguna corrida se hizo igual, la mayoría obviamente debe descartarse, pero hay una de ellas que ofrece potencial, nos referimos a la corrida # 5, la cual puede reproducirse a voluntad de los futuros operadores. Es de esperarse que haya variación de los rendimientos, pero no en proporción mayor del grado de variación en la calidad de la materia; estamos seguros que la variación debido al proceso será insignificante, por dos razones:

- ▲ Las variables principales están sujetas a medición y control.
- ▲ Necesariamente debe cumplirse el axioma de causalidad, fundamento de todas las ciencias inductivas: a iguales causas iguales efectos.

Reiteramos a los futuros operadores de la planta piloto que previamente estudien y se familiaricen con los datos aportados en el presente documento; no obstante para mayor claridad se anexan graficas (ver Anexos # 18 y 19) que ilustran en forma clara y sencilla como debe manejarse y controlarse el ciclo de calentamiento del lixiviado, clave del proceso; y del control del pH.





## VI COMPARACION ENTRE PRODUCCION ARTESANAL [OBRAJE TRADICIONAL] Y PROCESO BLAGAR [PLANTA PILOTO]

### 6.1 Introducción

Considerando que el proceso para la extracción y elaboración de colorante añil, a nivel de planta piloto, desarrollado en esta consultoría, es totalmente diferente al método de producción artesanal, obraje tradicional; así como el producto mismo, colorante añil; el realizar una comparación entre ambos procesos y productos, no es objetiva por la disimilitud existente. Además existen marcadas diferencia en el volumen de materia prima que es sujeta de procesamiento en los obrajes, el que se considera con fines comerciales, mientras que en la planta piloto las cantidades son mínimas, puesto que uno de los principales objetivos es validar procesos y dentro de ellos evaluar el control y manipulación de parámetros, como condición previa a la producción a escala industrial.

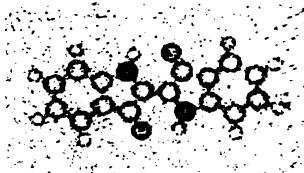
En justo mencionar que uno de los pocos aspectos comunes para ambos procesos es la materia prima, Jiquilite o Añil.

Esta comparación, se efectúa para satisfacer el requerimiento de uno de los T/R, y se recomienda que siempre se tome en cuenta las semejanzas existentes, y que el nuevo proceso se desarrolla en una planta piloto, especial y principalmente cuando se aborde la comparación de los costos de extracción. (Ver numeral 5 de Anexo # 2 "Interpretación y Visión").

La comparación de información entre ambos procesos, a manera de que sea lo más ilustrativa posible se ha clasificado en los aspectos siguientes:

- Operaciones y Procesos
- Estimaciones de Costos
- Resultados
- Proceso en General
- Aspectos Mercadológicos





6.2 Operaciones y Procesos

En la matriz comparativa de operaciones y procesos para la extracción y elaboración del colorante, entre el obraje tradicional y el Proceso BLAGAR [en planta piloto: PP] propuesto; se detalla en forma secuencial de ejecución, cada una de las actividades que se llevan a cabo, incluyéndose observaciones o comentarios para cada actividad en cada uno de los procesos. Además, en esta matriz se detalla, en horas y en días, la duración de cada una de las actividades.

MATRIZ COMPARATIVA DE OPERACIONES / PROCESOS			OBRAJE TRADICIONAL		PROCESO BLAGAR [PP]		Obraje - BLAGAR [PP]	
OPERACIÓN / PROCESO	OBRAJE TRADICIONAL USADO POR +300 AÑOS	PROCESO BLAGAR [PP] PROPUESTO - NUEVA PROPUESTA TECNOLÓGICA	TIEMPO HRS	TIEMPO DIAS	TIEMPO HRS	TIEMPO DIAS	TIEMPO HRS	TIEMPO DIAS
Tratamiento del Agua de Proceso	NO se hace	se recomienda si la dureza es mayor a 120 ppm expresada como carbonato de calcio						
Inspección de la Materia Prima	NO ES practica común	MANDATORIO						
Reducción de Tamaño de la Materia Prima	NO se hace	MANDATORIO			1 hora	0.042	(1.49)	(0.06)
Pandeo de la Materia Prima	NO ES practica común, en general se hace al cédulo	MANDATORIO			1/2 hr	0.021		
Permeación / Macerado - Control de variables: Ph - Temperatura - Relación biomasa / agua - y Tiempo	NO hay control, el tiempo se deja al criterio subjetivo del pastero	No Aplica	12 a 16 hrs	0.667				
SELECCIONADO - Control de variables: Ph - Temperatura - Relación biomasa / agua - y Tiempo	No Aplica	Imposible controlar las variables, el tiempo se determina en base a instrumentos, no hay pastero			41/2 horas	0.188	11.5	0.48
AIREADO - Control de variables: Ph - Temperatura - y Tiempo	NO hay control de variables, excepto el tiempo que se deja al criterio del pastero - la labor física de servir se hace manualmente	Se controlan las variables, el tiempo se optimiza en base a mediciones, el sirvado se hace con maquinaria resultado excelente	1 a 2 hrs	0.083	1/2 hr	0.021	1.4	0.06
Sedimentación	se hace por gravedad, la lentitud y el desperdicio es su principal inconveniente, el uso de la sal hidratada [Ca(OH)] como flocculante evita el uso del colorante	No Aplica	24 hrs	1.000			71.5	2.98
CENTRIFUGADO	No Aplica	MANDATORIO, operación rápida y eficiente			1/2 hr	0.021		
Filtrado	El método usado hace al proceso ineficiente, lento y contaminante	No Aplica	24 a 48 hrs	2.000				
Cocción	Hay pérdidas debido a sobrecalentamiento	No Aplica	1 hr	0.042				
SECADO	La exposición a la luz solar directa es fuente de nueva contaminación, depende del clima y es lento	Se usa hornos de microondas, el útil usado es expuesto a más de 100 grados centígrados, es rápido y no es dependiente del clima, resultado muy bueno	2 a 3 días	5.000	4 horas	0.017	71.5	5.03
MOLTURACION	Se usa molino de nacional modificado. La molienda no es controlable con la debida precisión	Se usa un molino eléctrico de masa que tritura por impacto, resultado muy bueno. Se RECOMIENDA molino de bolas						
<b>TOTALES</b>			<b>210 HRS</b>	<b>8.79</b>	<b>7.4 HRS</b>	<b>0.31</b>	<b>154.5</b>	<b>8.49</b>

Al comparar los tiempos empleados en el obraje para procesar la materia prima y obtener el producto final, que es de 210 horas (8.39 días) y el tiempo que utiliza el proceso BLAGAR propuesto, 7.4 horas (0.31 días), existe un ahorro de tiempo por un total de 154.5 horas (8.49 días). Adicionales a todas las demás diferencias señaladas.

1-

112A

1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9  
10  
11  
12  
13  
14  
15  
16  
17  
18  
19  
20  
21  
22  
23  
24  
25  
26  
27  
28  
29  
30  
31  
32  
33  
34  
35  
36  
37  
38  
39  
40  
41  
42  
43  
44  
45  
46  
47  
48  
49  
50  
51  
52  
53  
54  
55  
56  
57  
58  
59  
60  
61  
62  
63  
64  
65  
66  
67  
68  
69  
70  
71  
72  
73  
74  
75  
76  
77  
78  
79  
80  
81  
82  
83  
84  
85  
86  
87  
88  
89  
90  
91  
92  
93  
94  
95  
96  
97  
98  
99  
100



**Consultoría A21a**  
**“DISEÑO Y PUESTA EN MARCHA DE UNA PLANTA AGROINDUSTRIAL**  
**PILOTO PARA EL PROCESAMIENTO DEL AÑIL”**

---

Las dos últimas operaciones que restan o sea el secado, se hizo en horno de microondas con buenos resultados, toda vez que se parta de una suspensión semifluida, obviamente a mayor concentración los resultados son más rápidos. La ventaja del secado por microondas, estriba que en ningún caso el material a secar eleva su temperatura mas arriba de la temperatura de ebullición del agua, evitándose que se queme el colorante, obteniéndose el material tan seco como se desee, sobre este particular aclaramos que la muestra de la corrida # 1, desarrollo crecimiento de mohos después de haber sido entregada para su análisis de pureza, cuestión muy natural si tomamos en cuenta que las esporas de estos organismos abundan en el ambiente y si se depositan sobre un material rico en carbono orgánico, con suficiente humedad y temperatura adecuada se dan las condiciones idóneas para que dichas esporas germinen y crezca el micelio rápidamente, para evitar este serio inconveniente la humedad debe mantenerse bajo cierto límite, lo usual es 12% como máximo. Lamentablemente para los consultores este fino control está fuera de su alcance por no contar con un medidor de humedad, por lo que las posteriores muestras se desecaron casi completamente, lo cual obviamente disminuye el rendimiento bruto, pero no tiene incidencia alguna en el rendimiento neto o la eficiencia del proceso.

La molturación no ofreció dificultad en ningún caso, si es de señalar que la molturación del colorante sin floculante mineral es más fina.

### **5.3 Discusión de Resultados**

Los resultados desde el punto de vista de la eficiencia del proceso son inaceptables, a lo sumo se alcanzó un 49% en la mejor prueba, la corrida # 5, que coincidió con el mejor rendimiento de indigotina un nada despreciable 58.6 % de pureza en base húmeda que corresponde a un 62.2 % sobre base seca (ver Anexos #s 12, 13, 14 y 15).

Consideramos que este bajo rendimiento se debe a la pérdida de tinta tanto en el efluente como en la operación de filtrado, se estiman las pérdidas entre un 40% al 75% sobre la base de lo obtenido, ejemplo: si se reportaron 100 grs., las pérdidas pueden oscilar entre 40 y 75 grs.





Consultoría A21a  
**“DISEÑO Y PUESTA EN MARCHA DE UNA PLANTA AGROINDUSTRIAL  
PILOTO PARA EL PROCESAMIENTO DEL AÑIL”**

---

La explicación de esta gran pérdida en términos porcentuales estriba en tres posibles causas:


- La temperatura a la que se opera la aireación está en relación inversa al tamaño de la partícula del colorante (esta afirmación está sustentada en apreciación cualitativa del líquido centrifugado del efluente), es decir, a la temperatura en que operó el aireado en nuestro caso, las partículas de indigotina son mucho más finas que si se hubiera aireado a temperatura ambiente.
- Es un hecho físico comprobado que, la velocidad de sedimentación está en relación directa al tamaño de la partícula; por consiguiente, las partículas más finas tenderán a permanecer suspendidas por más tiempo en el efluente y también serán menos retenidas por los filtros.
- A excepción de las corridas #2 y # 6, no se usó floculante alguno.

Es importante destacar que el picado del material tal como se obtiene del molino/picador de la planta piloto ~~contradijo las mejores expectativas, ya que se esperaba que un material dividido y en parte desgarrado ofreciera mejores condiciones para una extracción rápida y eficiente.~~

Ahora bien, este resultado inesperado no debe llevar a la conclusión apriorística en la cual se descarte por completo la práctica del picado/molido. Lo que se ha demostrado es que ello no funciona en las condiciones de operación en que se efectuaron las pruebas en la planta piloto. Hacemos esta aclaración porque intuimos que no se han agotado varios recursos de los que un investigador con la suficiente creatividad, tiempo y recursos puede implementar, pero hacemos la salvedad que previamente debe trabajarse a nivel de laboratorio, para capitalizar mejor el esfuerzo.

La corrida # 6 demostró que no hay mayor eficiencia del proceso dejando reposar la planta, luego de haber completado su ciclo normal de lixiviado, sumergida en líquido. El colorante obtenido de esa prueba no tiene buen aspecto su color es casi negro y bastante denso, esto significa sin lugar a dudas que en el proceso de lixiviado no hay efecto acumulativo en el tiempo, por el contrario, el rendimiento exhibe un máximo que luego decae; en este punto, pueden formularse varias conjeturas,





Consultoría A21a  
"DISEÑO Y PUESTA EN MARCHA DE UNA PLANTA AGROINDUSTRIAL  
PILOTO PARA EL PROCESAMIENTO DEL AÑIL"

---

una de ellas es que el indoxil formado en la etapa anterior se degrade o cambie sus propiedades químicas por efecto de un isomerismo dinámico.

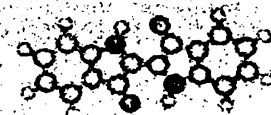
Como puede notarse se abren nuevas conjeturas, las cuales es necesario descartarlas una a una. Estas observaciones refuerzan la opinión de los consultores sobre que es en la operación de lixiviado donde se encuentra la clave para entender la química del añil, la cual una vez comprendida en todas sus facetas, franqueará el camino que nos conduciría a un proceso altamente eficiente, tanto desde el punto de vista económico como de ingeniería (ver Anexos #s 16 y 17).

Para capitular, el equipo de los consultores considera que pese a haber hecho únicamente seis corridas, y sobre la base de un conocimiento fraccionario del fenómeno, especialmente de los mecanismos de reacción química involucrados, se exploraron varias posibilidades. Puede afirmarse que se usó un modelo heurístico en donde ninguna corrida se hizo igual, la mayoría obviamente debe descartarse, pero hay una de ellas que ofrece potencial, nos referimos a la corrida # 5, la cual puede reproducirse a voluntad de los futuros operadores. Es de esperarse que haya variación de los rendimientos, pero no en proporción mayor del grado de variación en la calidad de la materia; estamos seguros que la variación debido al proceso será insignificante, por dos razones:

- ▲ Las variables principales están sujetas a medición y control.
- ▲ Necesariamente debe cumplirse el axioma de causalidad, fundamento de todas las ciencias inductivas: a iguales causas iguales efectos.

Reiteramos a los futuros operadores de la planta piloto que previamente estudien y se familiaricen con los datos aportados en el presente documento; no obstante para mayor claridad se anexan graficas (ver Anexos # 18 y 19) que ilustran en forma clara y sencilla como debe manejarse y controlarse el ciclo de calentamiento del lixiviado, clave del proceso; y del control del pH.





## VI COMPARACION ENTRE PRODUCCION ARTESANAL [OBRAJE TRADICIONAL] Y PROCESO BLAGAR [PLANTA PILOTO]

### 6.1 Introducción

Considerando que el proceso para la extracción y elaboración de colorante añil, a nivel de planta piloto, desarrollado en esta consultoría, es totalmente diferente al método de producción artesanal, obraje tradicional; así como el producto mismo, colorante añil; el realizar una comparación entre ambos procesos y productos, no es objetiva por la disimilitud existente. Además existen marcadas diferencia en el volumen de materia prima que es sujeta de procesamiento en los obrajes, el que se considera con fines comerciales, mientras que en la planta piloto las cantidades son mínimas, puesto que uno de los principales objetivos es validar procesos y dentro de ellos evaluar el control y manipulación de parámetros, como condición previa a la producción a escala industrial.

~~En justo mencionar que uno de los pocos aspectos comunes para ambos procesos es la materia prima, Jiquilite o Añil.~~

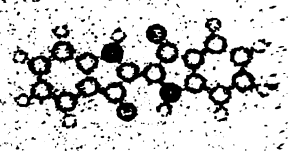
Esta comparación, se efectúa para satisfacer el requerimiento de uno de los T/R, y se recomienda que siempre se tome en cuenta las desemejanzas existentes, y que el nuevo proceso se desarrolla en una planta piloto, especial y principalmente cuando se aborde la comparación de los costos de extracción. (Ver numeral 5 de Anexo # 2 "Interpretación y Visión").

La comparación de información entre ambos procesos, a manera de que sea lo más ilustrativa posible se ha clasificado en los aspectos siguientes:

- Operaciones y Procesos
- Estimaciones de Costos
- Resultados
- Proceso en General
- Aspectos Mercadológicos



Consultoría A21a  
**“DISEÑO Y PUESTA EN MARCHA DE UNA PLANTA AGROINDUSTRIAL  
 PILOTO PARA EL PROCESAMIENTO DEL AÑIL”**



**6.2 Operaciones y Procesos**

En la matriz comparativa de operaciones y procesos para la extracción y elaboración del colorante, entre el obraje tradicional y el Proceso BLAGAR [en planta piloto: PP] propuesto; se detalla en forma secuencial de ejecución, cada una de las actividades que se llevan a cabo, incluyéndose observaciones o comentarios para cada actividad en cada uno de los procesos. Además, en esta matriz se detalla, en horas y en días, la duración de cada una de las actividades.

MATRIZ COMPARATIVA DE OPERACIONES / PROCESOS			OBRAJE TRADICIONAL		PROCESO BLAGAR [PP]		Obraje - BLAGAR [PP]	
OPERACIÓN / PROCESO	OBRAJE TRADICIONAL USADO POR +300 AÑOS	PROCESO BLAGAR [PP] PROPUESTO - NUEVA PROPUESTA TECNOLÓGICA	TIEMPO HRS	TIEMPO DIAS	TIEMPO HRS	TIEMPO DIAS	TIEMPO HRS	TIEMPO DIAS
Tratamiento del Agua de Proceso	NO se hace	se recomienda si la dureza es mayor a 120 ppm expresada como carbonato de calcio						
Inspección de la Materia Prima	NO ES practica común	MANDATORIO						
Reducción de Tamaño de la Materia Prima	NO se hace	MANDATORIO			1 hora	0.042	(1.49)	(0.06)
Pesado de la Materia Prima	NO ES practica común, en general se hace al ciftado.	MANDATORIO			1/2 hr	0.021		
Fermentación/ Macerado - Control de variables: PH - Temperatura - Relación licorosa / agua - y Tiempo	NO hay control, el tiempo se deja al criterio subjetivo del pastero	No Aplica	12 a 16 hrs	0.667				
LEJENDADO - Control de variables: PH - Temperatura - Relación licorosa / agua - y Tiempo	NO Aplica	Imposible controlar las variables, el tiempo se determina en base a instrumentos, no hay pastero			41/2 horas	0.188	11.5	0.48
AIREADO - Control de variables: PH - Temperatura - y Tiempo	NO hay control de variables, excepto el tiempo que se deja al criterio del pastero - la labor falta de servir se hace manualmente.	Se controlan las variables, el tiempo se optimiza en base a mediciones, el sirvido se hace con maquinaria resultando excelente	1 a 2 hrs	0.083	1/2 hr	0.021	1.4	0.06
Sedimentación	se hace por gravedad, la lentitud y el desperdicio es su principal inconveniente, el uso de la gel hidratada [Ca(OH)] como flocculante limita el uso del colorante.	No Aplica	24 hrs	1.000			71.5	2.98
CENTRIFUGADO	No Aplica	MANDATORIO, operación rápida y eficiente			1/2 hr	0.021		
Filtrado	El metodo usado hace el proceso ineficiente, lento y contaminante	No Aplica	24 a 48 hrs	2.000				
Cocción	Hay pérdidas debido a sobrecalentamiento	No Aplica	1 hr	0.042				
SECADO	La exposición a la luz solar directa es fuente de nueva contaminación, depende del clima y es lento	Se usa horno de microondas, el útil nunca es expuesto a mas de 100 grados centigrados, es rápido y no es dependiente del clima, resultado muy bueno	2 a 3 días	5.000	4 horas	0.017	71.5	5.03
MOLTURACION	Se usa molino de nichual modificado. La molturación no es controlable con la debida precisión	Se usa un molino electrico de masa que tritura por impacto, resultado muy bueno. Se RECOMIENDA molino de bolas						
<b>TOTALES</b>			<b>210 HRS</b>	<b>8.79</b>	<b>7.4 HRS</b>	<b>0.31</b>	<b>154.5</b>	<b>8.49</b>

Al comparar los tiempos empleados en el obraje para procesar la materia prima y obtener el producto final, que es de 210 horas (8.39 días) y el tiempo que utiliza el proceso BLAGAR propuesto, 7.4 horas (0.31 días), existe un ahorro de tiempo por un total de 154.5 horas (8.49 días). Adicionales a todas las demás diferencias señaladas.

1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9  
10  
11  
12  
13  
14  
15  
16  
17  
18  
19  
20  
21  
22  
23  
24  
25  
26  
27  
28  
29  
30  
31  
32  
33  
34  
35  
36  
37  
38  
39  
40  
41  
42  
43  
44  
45  
46  
47  
48  
49  
50  
51  
52  
53  
54  
55  
56  
57  
58  
59  
60  
61  
62  
63  
64  
65  
66  
67  
68  
69  
70  
71  
72  
73  
74  
75  
76  
77  
78  
79  
80  
81  
82  
83  
84  
85  
86  
87  
88  
89  
90  
91  
92  
93  
94  
95  
96  
97  
98  
99  
100



Consultoría A21a  
"DISEÑO Y PUESTA EN MARCHA DE UNA PLANTA AGROINDUSTRIAL  
PILOTO PARA EL PROCESAMIENTO DEL AÑIL"



### 6.3 Estimaciones de Costos

Para realizar la comparación entre los costos, se optó por comparar únicamente los costos de mano de obra y otros nuevos gastos, relacionados con la extracción y elaboración del colorante, debido a la falta de uniformidad de, y a veces demasiado agrupada, información disponible en la literatura consultada. En vista de esas limitantes, se optó por desarrollar los costos del obraje, basados en los datos de días mostrados en la "Matriz Comparativa de Operaciones y Procesos", y el valor de los jornales utilizado en documento elaborado por TechnoServe<sup>13</sup>. Los costos para el Proceso BLAGAR se establecieron a partir de los datos de tiempos generados en la corrida # 5 y sobre una base de los sueldos que se recomienda asignar a las personas que supervise y operen la planta piloto.

En la construcción de los costos, no se incluye el precio de la materia prima, debido a que es muy sensible a variaciones generadas por el manejo y rendimiento agronómico de las plantaciones.

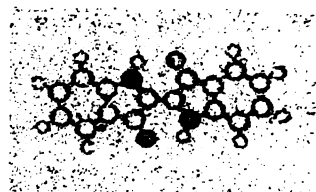
**EXPLICACION FORMA DE CALCULO:** Para calcular el costo en el obraje, se considera el tiempo empleado para el procesamiento de una "pilada" (aproximadamente 1 TM de biomasa), de acuerdo a cada una de las actividades que se desarrollan (Ej. Fermentación 0.667 días) y se asigna un número de jornales para ejecutar cada actividad, para el Puntero (1) y para los Ayudantes (3), siendo este el dato que aparece abajo de los nombres del Puntero y Ayudantes; después del valor de cada jornal. Luego ese número de jornales se multiplica por el valor del jornal, del Puntero (US\$5.71) y de los Ayudantes (US\$3.43), la suma de esos productos ( $1 \times 5.71 + 3 \times 3.43$ ) es la que se escribe en TOTAL (US\$16.00). Esto se hace para cada actividad y después se obtiene TOTAL MANO DE OBRA (US\$92.55). Para obtener el costo de mano de obra por kilogramo de colorante producido, el valor de US\$92.55 se divide entre el número de kilogramos de colorante promedio (3.1), obteniéndose un costo de mano de obra US\$29.85 por kilogramo de colorante producido.

Para calcular el costo de mano de obra en Proceso BLAGAR [PP] propuesto, se multiplica el número de días por el valor de la mano de obra por día, ese valor es el que se escribe y después se suman para obtener TOTAL, los que se totalizan para mostrar TOTAL MANO DE OBRA, y se procede a establecer precio por Kg. Luego se determinan los costos por calentamiento y energía consumida en bombeo y secado y se suma a la mano de obra para conocer el Costo de Extracción final.

<sup>13</sup> TechnoServe; *Estudio del Sub-Sector Añil en El Salvador*, San Salvador: marzo, 2003.



**Consultoría A21a**  
**"DISEÑO Y PUESTA EN MARCHA DE UNA PLANTA AGROINDUSTRIAL PILOTO PARA EL PROCESAMIENTO DEL AÑIL"**



<b>MATRIZ COMPARATIVA DE COSTOS DE EXTRACCION DEL COLORANTE AÑIL</b>									
PARAMETROS	OBRAJE TRADICIONAL - DIAS USADO POR -300 AÑOS	PROCESO BLAGAR [PF] - DIAS 1 CORRIDA SEPT 16, 2004	OBRAJE TRADICIONAL / JORNALES		PROCESO BLAGAR [PLANTA PILOTO]				
			Puntero	Ayudantes [3]	Total	Supervisor	Ayudantes [1]	Total	
Puesto de Trabajo			\$5.71	\$3.43		\$160	\$192		
Salario Mensual + 20% prestaciones						\$12	\$6		
Jornal / Salario Diario									
Preparación de la Materia Prima		0.06							\$0.38
Fermentación / Miscoerido	0.667		1	3	\$16.00				\$0.38
LIMPIADO		0.188				\$2.26		\$1.20	\$3.46
AIREADO	0.083	0.021	1	3	\$16.00	\$0.25	\$0.13	\$0.13	\$0.38
Sedimentación	1.000				\$0.00				
CENTRIFUGADO		0.021				\$0.25	\$0.13	\$0.13	\$0.38
Filtrado	2.000		2	3	\$21.71				
SECADO	5.000	0.017	5	3	\$38.84		\$0.11	\$0.11	\$0.11
TOTAL MANO DE OBRA			9	12	\$92.55	\$2.76	\$1.95	\$1.95	\$4.71
Rendimiento Bruto (KGS)					3.100				0.140
MANO DE OBRA / KG					\$29.85				\$33.64

**OTROS COSTOS DE EXTRACCION**

Rubro	Unidad de Medida	US\$ Costo por Unidad de Medida	Cantidad	Costo por corrida	Costo x Kg
Gas propano	100 libras de LPG	\$30.30	0.07	\$2.03	\$14.50
Energía Eléctrica - bombas	KW [kilowattias]	\$0.12	3.0	\$0.04	\$0.29
Energía eléctrica - Horno microondas	KW [kilowattias]	\$0.12	0.5	\$0.24	\$1.71

**Costo de Extracción / KG de Colorante Añil \$29.85**

**\$50.14**

**\$16.50**

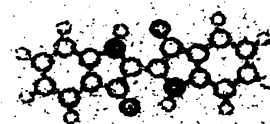
El costo de extracción del añil por medio del Obraje Tradicional, se tuvo que establecer debido a que ninguna de las fuentes consultadas muestra una forma de costeo adecuada, ni confiable.

El costo de extracción del añil en Planta Piloto se establece para que se tenga idea de una parte del costo de elaborar muestras - se debe incluir costo materia prima y otros gastos.

Comparación de costos no es válida, debido a que son dos diferentes productos elaborados a partir de dos diferentes procesos.



Consultoría A21a  
**“DISEÑO Y PUESTA EN MARCHA DE UNA PLANTA AGROINDUSTRIAL  
 PILOTO PARA EL PROCESAMIENTO DEL AÑIL”**



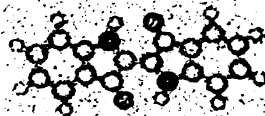
Al comparar los resultados entre el Costo de Extracción [mano de obra] de US\$29.85 por cada kilogramo de colorante producido en el obraje tradicional, y el Costo de Extracción [mano de obra + gastos de calentamiento y energía] de US\$50.14 por cada kilogramo de colorante producido en el proceso BLAGAR propuesto, a nivel de planta piloto; se puede observar que existe una diferencia de US\$20.29. Ese diferencial de costo no hace más que confirmar la desemejanza de ambos procesos, así como la de los productos que se elaboran; pero principalmente que se esta comparando una operación con orientación comercial y otra que es con fines de investigación y desarrollo; y que no necesariamente ese diferencial de costos es el que se tendría en operaciones de escala industrial.

Para lo que si es importante desarrollar el costo del producto elaborado en planta piloto, considerando además precio de materia prima, otros gastos directos e indirectos; es para conocer el valor de las muestras de colorante que se elaboren, como parte del presupuesto destinado a impulsar agresivas acciones de mercadeo directo dirigido hacia potenciales clientes de gran consumo, como lo serían corporaciones de nivel mundial, entre las que se pueden mencionar: Procter and Gamble, Sun Chemical, DuPont, Unilever, Glaxo, Bayer, SmithKline Beecham, Avon, y otras corporaciones con operaciones en las industrias de alimentos y bebidas, cosméticas, farmacéuticas, etc.

#### 6.4 Resultados

<b>MATRIZ COMPARATIVA DE RESULTADOS</b>		
<b>PARAMETROS</b>	<b>OBRAJE TRADICIONAL USADO POR +300 AÑOS</b>	<b>PROCESO BLAGAR [PP] 1 CORRIDA SEPT 16, 2004</b>
Rendimiento Bruto	3.1 Kg / TM en promedio según fuentes consultadas.	1.5 Kg / TM o más (el proceso está en investigación)
Pureza [%]	45% en promedio según fuentes consultadas.	58.6% o más (el proceso está en investigación), base húmeda
Rendimiento Neto	1.395 Kg / TM	0.879 Kg / TM
Eficiencia del Proceso	77.5% rendimiento aceptable en sus niveles bajos	48.8% rendimiento inaceptable debido a falta de equipo propuesto, con el cual puede ser incrementado a por lo menos un 85%.
Costos x Kg	\$29.85	\$ 50.14 incluye costo incremental, por calentamiento bombeo y secado principalmente





En la Matriz Comparativa de Resultados se cotejan los valores de los parámetros empleados para medir los resultados que se obtienen del proceso de producción. El primero y más básico es el "Rendimiento Bruto", se refiere a la cantidad de colorante que se obtiene de procesar una tonelada métrica de biomasa, en el proceso del obraje tradicional, con más de 300 años de existencia, se reporta un promedio de 3.1 kilogramos; en el Proceso BLAGAR [PP] en la corrida # 5, se obtuvo una relación de 1.5 Kg. /TM<sup>14</sup>, comparativamente el resultado del proceso propuesto es muy bajo, pero debe considerarse que es un proceso recién creado y que está en investigación y desarrollo.

El segundo parámetro es la "Pureza", en la que se refleja el contenido porcentual (%) de Indigotina, que por lo general se calcula sobre una base húmeda. Las diferencias en ambos procesos muestran un resultado favorable para el producto del Proceso BLAGAR [PP] con una pureza del 58.6%, sin usar floculantes, versus un valor promedio del 45% para el producto del obraje tradicional. A este respecto se realizó un análisis de laboratorio para determinar la humedad del producto del Proceso BLAGAR [PP], resultando contener un 6.1% de humedad, lo que significa que la Pureza es 62.2% base seca<sup>15</sup>. Respecto a este parámetro existe una discusión de su grado de importancia y de la validez de las comparaciones, pero lo que si no debe desconocerse que este es el principal parámetro (otros son % humedad y % cenizas) que el(os) comprador(es) utiliza(n) para establecer el precio de compra del colorante, razón más que suficiente para ser tomado en cuenta, principalmente por los actuales productores, ya que la humedad por sí misma no es una impureza.

El tercer parámetro es el "Rendimiento Neto" que refleja la cantidad de Indigotina pura que se obtiene por tonelada métrica, resultado de multiplicar Rendimiento Bruto por la Pureza (% de Indigotina). Para el añil del obraje el valor es de 1.395 kilogramos de Indigotina pura por tonelada métrica de biomasa procesada; para el añil del Proceso BLAGAR [PP] el resultado es 0.879 Kg./TM, base húmeda. Este valor es influenciado por el Rendimiento Bruto, lo que favorece al

<sup>14</sup> Es oportuno expresar que ambos consultores, hasta el 31 de Mayo del 2004 no tenían ningún tipo de conocimiento respecto a la planta de añil ni del proceso de extracción del colorante. Fue hasta el 9 de Julio durante la visita que se realizó a una finca en la que se cultiva y procesa añil, cuando conocieron la planta y el proceso de obraje.

<sup>15</sup> Esta es una de las aportaciones del presente trabajo, puesto que en ninguna de las obras consultadas se hace mención a la pureza sobre base seca y la importancia que adquiere en el establecimiento del precio de venta del añil.

1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9  
10  
11  
12  
13  
14  
15  
16  
17  
18  
19  
20  
21  
22  
23  
24  
25  
26  
27  
28  
29  
30  
31  
32  
33  
34  
35  
36  
37  
38  
39  
40  
41  
42  
43  
44  
45  
46  
47  
48  
49  
50  
51  
52  
53  
54  
55  
56  
57  
58  
59  
60  
61  
62  
63  
64  
65  
66  
67  
68  
69  
70  
71  
72  
73  
74  
75  
76  
77  
78  
79  
80  
81  
82  
83  
84  
85  
86  
87  
88  
89  
90  
91  
92  
93  
94  
95  
96  
97  
98  
99  
100



Consultoría A21a  
**“DISEÑO Y PUESTA EN MARCHA DE UNA PLANTA AGROINDUSTRIAL  
 PILOTO PARA EL PROCESAMIENTO DEL AÑIL”**



obraje, mientras el nuevo proceso no llegue a más altos niveles de los que muestra en su recién iniciado desarrollo.

El cuarto parámetro, “Eficiencia del Proceso”<sup>16</sup> es un nuevo parámetro que se ha desarrollado a partir de información contenida en estudios previos, pero cuya forma de presentación no es de utilidad, ni de fácil comprensión para el lector no versado en asuntos de las Ciencias Químicas. En el Anexo # 17 ESTEQUIOMETRÍA, se ha calculado la cantidad de kilogramos de Indigotina 100% pura que teóricamente puede extraerse de una tonelada métrica de biomasa, siendo ese valor de 1.800 Kg./TM. La “Eficiencia del Proceso” se determina dividiendo el “Rendimiento Neto” entre 1.800 Kg./TM, y los valores que se obtiene al realizar esa relación son: 77.5% para el obraje y 48.8% para el Proceso BLAGAR [PP].

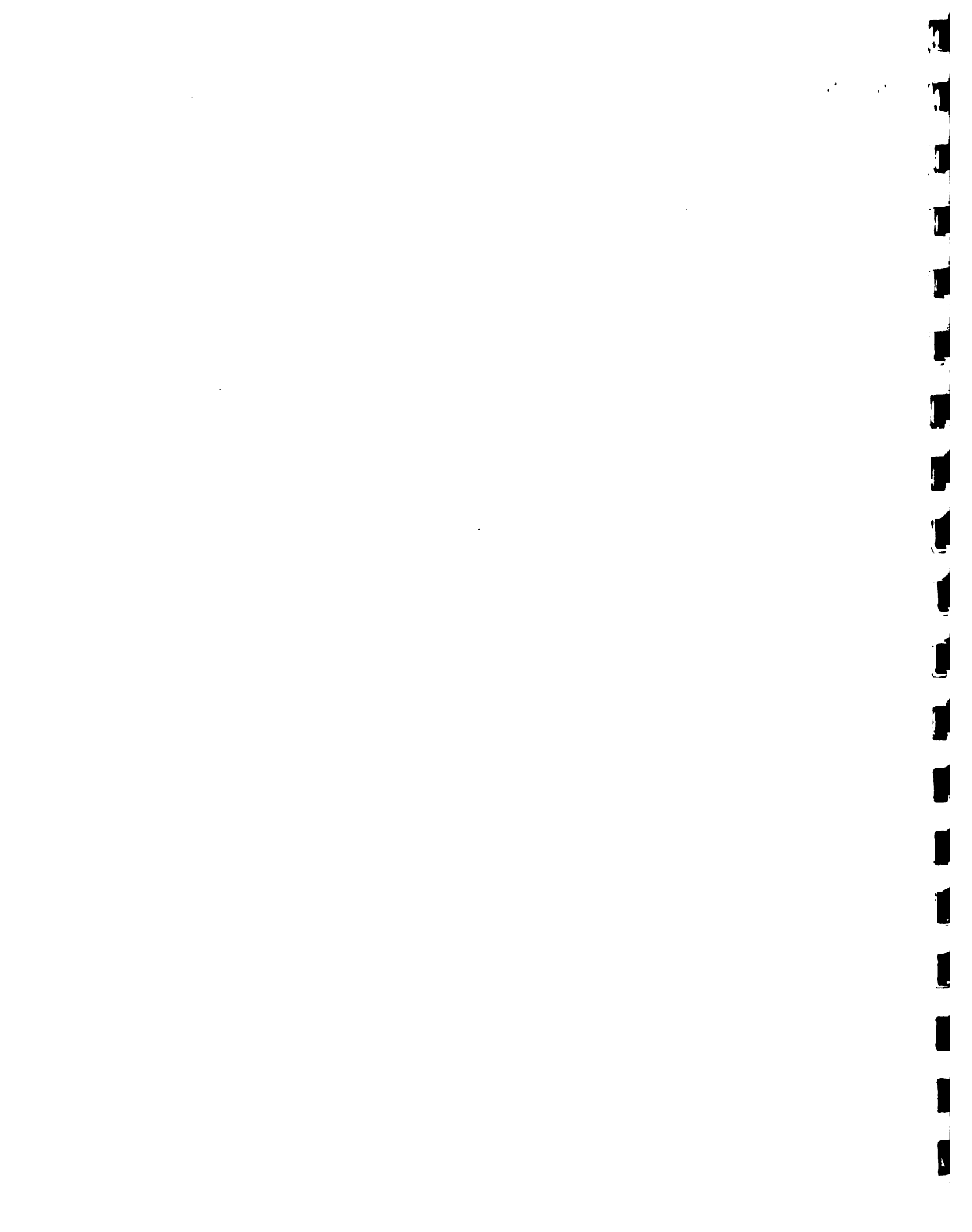
El último parámetro es “Costo por kilogramo”, que se refieren a los costos de mano de obra y otros nuevos costos del colorante producido bajo el Proceso BLAGAR, son mayores en aproximadamente 68 %, que el producido en el obraje tradicional. El costo de operación más influyente, después del recurso humano es el calentamiento del líquido de lixiviado

Para cerrar las comparaciones de resultados, es interesante mostrar un ejercicio de relaciones de “valores absolutos” hecho a partir de los resultados mostrados para cada uno de los parámetros presentados.

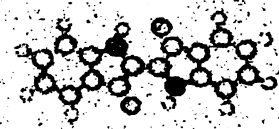
Parámetros	Obraje Tradicional +300 años	Proceso BLAGAR [PP] 1 corrida	Relación Val. Absolutos [(Obraje/BLAGAR)-1]*100
Rendimiento Bruto	3.1	1.5	106.67% ●
Pureza [% Indigotina]	45	58.6	(23.21)%
Rendimiento Neto	1.395	0.879	58.78%
Eficiencia del Proceso	77.5	48.8	58.81% ◀

Con las relaciones de los valores absolutos, lo que aparenta ser una gran ventaja del proceso de extracción y elaboración de colorante empleando el obraje tradicional, en la medida que los

<sup>16</sup> Otra aportación del presente trabajo, puesto que en ninguna de las obras consultadas se hace mención del mismo, y por lo tanto tampoco se utiliza.



Consultoría A21a  
**“DISEÑO Y PUESTA EN MARCHA DE UNA PLANTA AGROINDUSTRIAL  
 PILOTO PARA EL PROCESAMIENTO DEL AÑIL”**



parámetros van incorporando nuevos conceptos, la ventaja aparente tiende a disminuir drásticamente, lo que es una consideración a favor del nuevo proceso propuesto.

**6.5 Proceso en General**

<b>MATRIZ COMPARATIVA DEL PROCESO DE EXTRACCIÓN EN GENERAL</b>		
<b>PARAMETROS</b>	<b>OBRAJE TRADICIONAL USADO POR +300 AÑOS</b>	<b>PROCESO BLAGAR [PP] 1 CORRIDA SEPT 16, 2004</b>
Confiabilidad del Proceso	ALEATORIA, depende del clima y habilidad del puntero	CONFIABLE, depende de instrumentos, resultados
Calidad del Producto	VARIABLE, depende de muchas variable que NO son controlables por el proceso	UNIFORME - ES OTRO PRODUCTO, variables del proceso están bajo control y pueden ser modificadas
Potencial Tecnológico	Casi AGOTADO, difícilmente reproducible a gran escala.	PERFECTIBLE, apropiado para producciones a gran escala

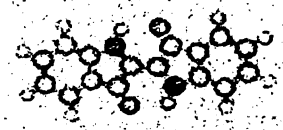
Para resumir los aspectos de comparación entre ambas opciones para la extracción y elaboración de colorante, basta con utilizar 3 parámetros: Confiabilidad del Proceso, Calidad del Producto y Potencial Tecnológico.

En un proceso de extracción, la “Confiabilidad del Proceso” depende del grado de control que se tenga sobre las variables (independientes, dependientes, e intervinientes), y en que se fundamenta ese control. En el caso del obraje tradicional, se dice que ese control es “aleatorio”, al azar, que puede controlarse o no; por cuanto depende de variables que no son controlables como lo son las condiciones climáticas y las habilidades del puntero responsable de dirigir las operaciones de extracción y elaboración. El Proceso BLAGAR si es un proceso en el que se pueden controlar y manipular variables de proceso, haciendo uso de instrumentos y de información predeterminada. En el Anexo # 06, en las dos primeras figuras inferiores, materia prima y proceso, se definen que variables pertenecen a cada sub-grupo, por lo que se puede decir que la nueva propuesta es “Confiable”.

Este cambio, esta basado principalmente en el hecho de que en el obraje la extracción se realiza por medio de la fermentación / maceración de la biomasa, la que se realiza sin la intervención



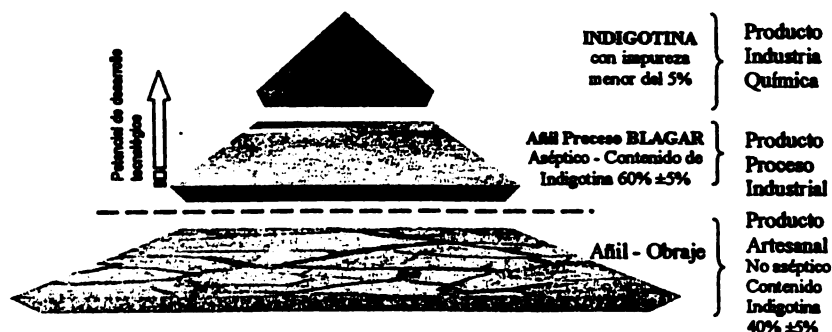
**“DISEÑO Y PUESTA EN MARCHA DE UNA PLANTA AGROINDUSTRIAL PILOTO PARA EL PROCESAMIENTO DEL AÑIL”**



controladora del puntero a excepción del tiempo que se permite que se realice ese proceso. En las obras consultadas, está variable sencillamente queda a criterio del puntero, lo cual ha llevado a mistificar el procedimiento: además no se ha establecido un método que asegure con precisión, cual es el momento (el punto) en que se debe parar la fermentación en el proceso del obraje. En el Proceso BLAGAR [PP] la propuesta es hacer uso de extracción afermentativa, y controlando variables como: Temperatura, pH, Velocidad espacial del reciclo, Tiempo.

La confiabilidad del producto incide directamente en la “Calidad del Producto” que se elabora; es por eso que el añil producido en los obrajes tradicionales es de calidad “VARIABLE” en vista de que depende de muchas variables que NO son controlables por el proceso, debido más que todo a la naturaleza de la fermentación / maceración. Esta variabilidad en la calidad del añil producido, es un tema en que los productores actuales elucubran diversas hipótesis, más que todo cuando eso afecta los precios que reciben por su producto. Todo lo contrario sucede con el añil producido con el Proceso BLAGAR [PP], en el que la calidad del producto es “UNIFORME”, aparte de otra característica como es la asepsia, debido a que las variables del proceso están bajo control y pueden ser modificadas; esto se presenta en forma gráfica en el figura superior del Anexo # 06.

A continuación se presenta una figura, que puede ser vista en mayor tamaño en el Anexo # 20, en la que se esquematizan los productos y de las diferentes calidades de los productos que son elaborados o que se tiene el potencial de elaborar:







**Consultoría A21a**  
**“DISEÑO Y PUESTA EN MARCHA DE UNA PLANTA AGROINDUSTRIAL  
PILOTO PARA EL PROCESAMIENTO DEL AÑIL”**

---

En relación al parámetro “Potencial Tecnológico”, se puede decir que el obraje tradicional, que ha sido empleado por más de 300 años, ya CASI HA AGOTADO, todo su potencial de aportación tecnológica y es difícilmente reproducible para producciones a gran escala, lo que se manifiesta en la calidad del producto que es elaborado. Lo contrario sucede con el Proceso BLAGAR [PP] propuesto, que es PERFECTIBLE hasta ilimitados niveles difíciles de visualizar en este momento, y que es apropiado para producciones a gran escala, además de que permite alcanzar estratos de producción especializada, en la que se puede llegar a elaborar otro nuevo producto, Indigotina con impurezas menores del 5% (ver figura anterior).

#### **6.6 Aspectos Mercadológicos**

Al referirse a procesos de producción y productos existen, y más que todo si eso es sometido a un análisis comparativo con una nueva propuesta de producción y nuevos productos, elaborados a partir de la misma materia prima y con la misma intención; sin mencionar los aspectos mercadológicos asociados o que se pueden asociar a ellos, es quedar en un análisis sin mayor trascendencia, debido a que la realización última y más primordial es que otros adquieran y utilicen lo que se produce; aunque cabe, y en verdad existe, la posibilidad de que el producto se convierta en un artículo comercializable por tercero; en todo caso siempre existe la relación proveedor – consumidor y el correspondiente proceso de venta – compra.

Esas relaciones: proveedor–consumidor y venta–compra, es de suponer de buena fe, que deben estar comprendidas dentro del interés del bienestar común para ambas partes, buscando que el efecto de esas interrelaciones de negocio conlleven a un estado de “gana–gana”. Y siendo esta actividad productiva un eslabón dentro de la cadena de valor de un producto agrícola, que se realiza en un país en vías de desarrollo, es una oportunidad que se les presenta a consumidores de países desarrollados de practicar el llamado “comercio justo” (Fair Trade, como es conocido en el idioma inglés).

Es dentro de ese ámbito de pensamiento que se ha abordado la comparación de los aspectos mercadológicos; materia en donde menos capacitados y con más desventajas están los productores y procesadores actuales.







<b>MATRIZ COMPARATIVA DE ASPECTOS MERCADOLÓGICOS</b>		
<b>ASPECTOS</b>	<b>OBRAJE TRADICIONAL EN USO POR +300 AÑOS</b>	<b>PROCESO BLAGAR [PP] - NUEVA PROPUESTA TECNOLÓGICA</b>
Producto	Artesanal, difícil de replicar, limitados usos debido a insalubridad del proceso de elaboración.	Inocuo - Calidad replicable, elaborado bajo proceso que puede certificarse bajo estándares ISO 9000
Mercado Objetivo	Aparentemente <i>limitado</i> en el ámbito internacional - mercado local de trabajos artesanales de tejido de textiles y prendas de vestir.	Con potencial de generar <b>NUEVOS MERCADOS DIRECTOS</b> o nuevos usos, debido a inocuidad y calidad del producto.
Comercialización	Poco agresiva - limitada por la variabilidad de la calidad del producto	Permite ser <b>AGRESIVOS</b> en base a calidad del producto y potenciales <b>NUEVOS USOS</b> - Se recomienda impulsar una <b>REINGENIERIA</b> en el mercadeo para aprovechar las bondades del nuevo producto.
Precios	Parámetro para establecer precio es "Contenido % de indigotina" y se desconoce como se definió precio por grado % - Precio definido por comprador(es) sin mediar intereses de productor(es) - ver Costos de Extracción del colorante	Permite incluir nuevos parámetros para <b>NEGOCIAR</b> precio: - proceso de elaboración aseptico, - proceso certificable bajo ISO 9000, - inocuidad del producto, - calidad replicable, - nuevos usos debido a inocuidad y calidad.
Procesos de Negociación.	Difíciles de establecer debido a la variabilidad del producto, aún para un mismo productor - Les resta poder de negociación a nivel individual como grupal.	Permite la negociación del producto debido a la uniformidad del proceso y de la calidad del producto y a las nuevas ventajas que ofrece el producto - Volúmenes de producción a escala industrial para satisfacer pedidos mas allá de lo que hasta ahora se acostumbran.

Es en este instante cuando en verdad se puede comprender o brindarle la debida importancia a lo expresado por el Dr. Don David J. Guzmán y su referencia a los volúmenes comercializados en el siglo XIX. Si bien es cierto que la demanda de los productos naturales casi desapareció con el advenimiento de productos sintéticos, también es muy cierto que en la actualidad existe una fuerte tendencia de volver a lo orgánico, mejor conocido como "Back to Basic", del cual hay que obtener el mayor provecho posible; y esa es la oportunidad para el Proceso BLAGAR [PP] propuesto, y más que justifica una agresiva campaña de mercadeo al más alto nivel, la que debe ser ejecutada por especialistas de talla internacional, comprobada y comprometida.



Consultoría A21a  
**“DISEÑO Y PUESTA EN MARCHA DE UNA PLANTA AGROINDUSTRIAL  
 PILOTO PARA EL PROCESAMIENTO DEL AÑIL”**

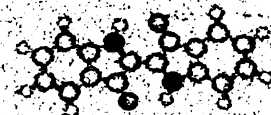


## VII TECNOLOGIAS INCORPORADAS

La contribución que el desarrollo de esta consultoría hace a la actividad agroindustrial de la elaboración de colorante añil, es la incorporación de tecnologías y de otros aspectos dentro del nuevo proceso de producción propuesto, Proceso BLAGAR, que a su vez conlleva a la elaboración de un nuevo producto; y que con dichas incorporaciones se establecen marcadas diferencias con lo que ha existido hasta esta fecha en dicha actividad económica; luego de haber sido, en su mayoría, probado en operación. A continuación se presenta un inventario de las aportaciones, agrupadas por cada proceso u operación, o como un todo:

<b>TECNOLOGIAS INCORPORADAS EN EL BENEFICIADO DEL AÑIL - Proceso BLAGAR [PP]</b>			
PROCESO / OPERACION	#	TECNOLOGIA	EQUIPO UTILIZADO
<b>LIXIVIADO</b>	1	Control y manejo del pH del agua.	Medidor de pH
	2	Reducción de tamaño de la materia prima.	
	3	Recirculación y calentamiento del agua.	Bomba de acero inoxidable. Intercambiador de calor con quemador de gas propano
	4	Biomasa se procesa en tina de acero inoxidable, como si se procesara alimento para humanos	Tina de acero inoxidable.
	5	Biomasa en proceso se aísla del medio ambiente para evitar contaminación	Tina con tapadera, ambiente cerrado; donde puede controlarse nivel de asepsia
	6	Fácil manejo de la biomasa después del proceso de extracción.	Tina montada en un sistema de soporte basculante, construido de acero al carbono.
	7	Para la obtención del indoxil no se llega a la fermentación de la biomasa	Proceso BLAGAR [PP]
	8	Tiempo para procesar la biomasa se reduce a 4½ horas - Ahorro de ±12 horas	
<b>AIREADO / OXIGENACION</b>	9	Control y manejo del pH del agua.	Medidor de pH
	10	Agua conteniendo indoxil se procesa en tina de acero inoxidable Se reduce contaminación	Tina de acero inoxidable.
	11	Aireado del indoxil por medio equipo de alto caudal de aire y baja presión	Compresor de turbina para jacuzzi de 1 hp, tubos de PVC y distribuidor de aire.
<b>CENTRIFUGADO</b>	12	Se RECOMIENDA uso de centrifuga, caudal de ±20 litros por minuto	Centrifuga con descarga continua
	13	Se elimina proceso de sedimentado y filtrado - Ahorro de ±70 horas.	
	14	Colorante Añil no se contamina se evita su exposición al medio ambiente	





<b>TECNOLOGIAS INCORPORADAS EN EL BENEFICIADO DEL AÑIL - Proceso BLAGAR [PP]</b>			
<b>PROCESO / OPERACION</b>	<b>#</b>	<b>TECNOLOGIA</b>	<b>EQUIPO UTILIZADO</b>
<b>SECADO</b>	15	Se utiliza Horno Microondas – colorante añil NO se calienta a +100°C	Horno Microondas
	16	Secado NO depende de condiciones climáticas – método rápido y eficiente – Ahorro de ±70 horas.	
	17	Colorante no se contamina, se evita su exposición al medio ambiente.	
	18	Se puede controlar la humedad final	Medidor de humedad
<b>MOLTURADO</b>	19	Se usa molino eléctrico de mesa que tritura por impacto.	Molino eléctrico de mesa
	20	Se puede controlar mesh del polvo.	Cedazos calibrados y balanza analítica
	21	Se recomienda usar molino de bolas	Molino de bolas pequeño (laboratorio)
	22	Desperdicio se reduce al mínimo.	
	23	Colorante no se contamina, se evita su exposición al medio ambiente.	
<b>PROCESO BLAGAR</b>	24	Se elabora un nuevo producto: Aséptico – Calidad Uniforme - Replicable.	
	25	Proceso puede ser certificado bajo estándares ISO 9000, para producir añil bajo normas mínimas de calidad.	
	26	Se presenta una base para mayor desarrollo tecnológico del proceso.	Equipos diseñados y construidos – Equipos comprados – Equipos propuestos.
	27	Permite dar un salto tecnológico de Producto Industrial (colorante añil contenido de Indigotina 60%±5%) a Producto de Industria Química (Indigotina con impureza < 5%, base seca)	El refinado del colorante para la obtención de Indigotina, es técnicamente factible de lograrse <i>in situ</i> con el mismo equipo propuesto.

Técnicamente es posible que algunas de las tecnologías utilizadas en el Proceso BLAGAR [PP] propuesto, puedan ser adoptadas por el proceso de obraje tradicional; opción que debe ser evaluada, por quienes así deseen proceder, desde diferentes perspectivas como lo son: afectación de la rentabilidad que actualmente se tenga, posibles mejoras en la calidad del producto (reducción de la contaminación), y principalmente mejora en el precio de venta del producto.





## VIII CONCLUSIONES

Después de haber finalizado todas las etapas de diseño, fabricación, prueba, recopilación y análisis de datos, presentación de productos generados y habiéndose realizado una comparación de diversos aspectos entre ambas opciones de procesamiento para la elaboración de colorante del Añil, se procede a plantear las conclusiones que se han visualizado en cada una de las fases ejecutadas:

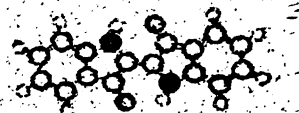
- ♣ *Se validó experimentalmente la hipótesis formulada para este trabajo, que revoluciona en El Salvador, un proceso que tiene más de 300 años de ser utilizado.*
- ♣ Se demostró que el picado del material tal como se obtuvo, usando el molino-picador de la planta piloto que secciona pero también desgarró el material, no produjo los resultados esperados, en las condiciones de operación ensayadas.
- ♣ Se tiene la impresión de que la temática relacionada con el cultivo y producción de colorante del Añil, no está fundamentada con una Visión de País, en la que se establezcan los lineamientos generales bajo los cuales se conduzcan el accionar y esfuerzo de las instituciones, programas, consultorías y el apoyo de instituciones cooperantes.
- ♣ Es loable la diversidad de esfuerzos alrededor del cultivo del Añil y de la elaboración del colorante del mismo, pero no se conoce cuáles son los más altos y últimos objetivos hacia los que se conducen las acciones que se realizan.
- ♣ Hasta la fecha, no ha existido un verdadero esfuerzo por generar un conocimiento integral sobre la temática del Añil, desde su cultivo hasta su comercialización y usos. El conocimiento generado es fraccionario y no integrador, lo que se supone a llevado a no considerar la adquisición y/o adaptación de tecnologías apropiadas que permitiesen dar, con mucha anterioridad, el salto de la producción artesanal a la industrial, cuando menos, hasta la fecha

1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9  
10  
11  
12  
13  
14  
15  
16  
17  
18  
19  
20  
21  
22  
23  
24  
25  
26  
27  
28  
29  
30  
31  
32  
33  
34  
35  
36  
37  
38  
39  
40  
41  
42  
43  
44  
45  
46  
47  
48  
49  
50  
51  
52  
53  
54  
55  
56  
57  
58  
59  
60  
61  
62  
63  
64  
65  
66  
67  
68  
69  
70  
71  
72  
73  
74  
75  
76  
77  
78  
79  
80  
81  
82  
83  
84  
85  
86  
87  
88  
89  
90  
91  
92  
93  
94  
95  
96  
97  
98  
99  
100



Consultoría A21a  
"DISEÑO Y PUESTA EN MARCHA DE UNA PLANTA AGROINDUSTRIAL  
PILOTO PARA EL PROCESAMIENTO DEL AÑIL"

---

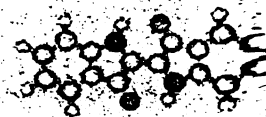


previa a la realización de esta consultoría. Aún los Términos de Referencia de esta consultoría, muestran la presencia tácita de querer seguir insistiendo en mejorar el obraje tradicional.

- El proceso de extracción del añil por medio del obraje tradicional, era adecuado a las tecnologías existentes hasta hace mas o menos 150 años, por cuanto las exigencias de los mercado en cuanto a los usos en los que se empleaban podían ser satisfechos. Las condiciones de mercado cambiaron en ese mismo lapso pero no se sabe que se hayan realizado esfuerzos por buscar nuevas alternativas para satisfacer las nuevas demandas del mercado o para crear nuevas.
- El proceso del obraje tradicional ya casi ha agotado su potencial tecnológico pero no podía ser sustituido por no existir una mejor alternativa que permitiese un cambio tecnológico para mejorar el proceso y la calidad del producto; hoy se presenta esa opción, constituida por el Proceso BLAGAR [PP] propuesto; con la que además se elabora un nuevo producto, de más alta calidad que puede destinarse a usos antes impensables.
- Consideran los consultores que a los precios actuales de mercado, \$ 1.00 por unidad porcentual de contenido de indigotina sobre kilo de producto y su baja demanda de 2 TM por año, según lo expresan personeros del IICA, el cultivo del añil para exportar el colorante no es alternativa sostenible para los agricultores salvadoreños bajo el sistema tradicional, y lo sería menos para el nuevo proceso, de mantenerse esa práctica de precio y demanda de mercado.
- El Proceso BLAGAR [PP] propuesto, puede someterse a control de calidad internacionales, desde el momento mismo que ingresa el añil al proceso y aún antes.
- El Proceso BLAGAR [PP] propuesto, representa una nueva base para continuar con la investigación y desarrollo para buscar maximizar la eficiencia del proceso de extracción, el corazón de dicha actividad de transformación; y para estar en constante mejoría de la calidad del producto.



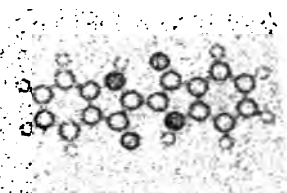
Consultoría A21a  
"DISEÑO Y PUESTA EN MARCHA DE UNA PLANTA AGROINDUSTRIAL  
PILOTO PARA EL PROCESAMIENTO DEL AÑIL"



- ∅ El Proceso BLAGAR [PP] propuesto, no se justifica para producir colorante destinado al tejido artesanal, no se obtiene ventaja en base a sus nuevas características como para lograr mejor precio ya que desde el punto de vista práctico, en esa particular actividad, no hace diferencia el colorante producido en obraje que otro producido bajo el Proceso BLAGAR propuesto.
- ∅ El Proceso BLAGAR [PP] propuesto, desde una perspectiva ambiciosa, permite establecer nuevos retos para avanzar hacia industrias más especializadas, como es la química, para la elaboración de productos de mayor calidad y valor agregado; que colocaría al país en una posición muy competitiva en los mercados globales.
- ∅ El potencial de desarrollo tecnológico del Proceso BLAGAR, puede llegar fácilmente a la producción de indigotina natural con bajo contenido de impurezas menores del 5% sobre base seca, refinándola in situ, con mínima inversión, incorporando mayor valor agregado al producto.
- ∅ El Proceso BLAGAR [PP] propuesto, considerado en retrospectiva, plantea nuevas exigencias, como en toda agroindustria, hacia los eslabones previos dentro de su cadena de valor. Llámense estas exigencias la incorporación de mejoras o el mantenimiento de altos estándares de calidad en aspectos: botánicos, prácticas agroculturales, manejo de cosechas, calidad de la biomasa, etc.
- ∅ El nuevo producto elaborado a partir del Proceso BLAGAR [PP] propuesto, desde una perspectiva de agresivo mercadeo, plantea nuevos y ambiciosos retos que son factibles de lograr, de ser abordados y ejecutados idóneamente, y cuyas consecuciones generarían beneficios que en la actualidad ni tan siquiera se sueñan o se imaginan.
- ∅ El nuevo producto elaborado a partir del Proceso BLAGAR [PP] propuesto, se justifica para nichos de mercado que actualmente no puede optar el añil de obraje y donde potencialmente pueden negociarse mejores precios, capitalizando sus nuevas características. Ejemplos gruesos de lo que se intenta expresar, se tiene entre la sal que proviene directamente de las salineras versus la sal refinada de mesa; o entre un queso elaborado bajo normas sanitarias y otro que no lo es; en ambos casos tanto el % de cloruro de sodio para el caso de la sal, y del % de proteínas



**“DISEÑO Y PUESTA EN MARCHA DE UNA PLANTA AGROINDUSTRIAL  
PILOTO PARA EL PROCESAMIENTO DEL AÑIL”**



en el caso de los quesos podría ser igual o variar en un estrecho margen, pero se trata realmente de diferentes productos, para diferentes usos y mercados y sobre todo diferentes cotas de precios.

- El Proceso ~~BLAGAR~~, se justifica para producciones de mediana o gran escala, no menos de 3,000 TM de biomasa fresca por temporada, cultivadas en 200 hectáreas; que puede lograrse asociando a pequeños y medianos agricultores dentro de un área de influencia de una hipotética planta; estiman los consultores, dentro de un radio de 5 Km. si son vías de comunicación en mal estado y de más amplitud si la red vial entre la “hipotética” planta industrial y los cultivos es buena.
- En el Proceso ~~BLAGAR~~, el costo de inversión más elevado, individualmente por equipos, lo constituye el equipo de separación sólido/líquido, es decir, las centrifugas que deberán importarse directamente con el objeto de obtener mejores costos y garantías, el resto puede manufacturarse o comprarse localmente, en relación a las centrifugas no se debe descartar la opción de adquirir equipo usado con garantías, su costo podría ser una fracción del costo del equipo nuevo.
- Que los esfuerzos y el tiempo dedicado para generar las propuestas aquí presentadas, a criterio del equipo consultor, si reflejan nuevas oportunidades y potenciales beneficios. No obstante siempre existe el temor de que todo el trabajo ejecutado sea totalmente desaprovechado, o limitadamente utilizado, sino se tiene la convicción de brindársele la adecuada divulgación, promoción y apoyo por parte de todos los sectores directa e indirectamente relacionados con el cultivo, elaboración, promoción, publicidad y comercialización del colorante Añil o de los productos más especializados que se pueden llegar a elaborar.





## IX RECOMENDACIONES

### 1°. REUBICAR LA PLANTA PILOTO

Los criterios de ubicación de una planta piloto no corresponden a la de una planta industrial, las plantas pilotos no se construyen tomando únicamente como criterio la eficiencia económica del proceso, hay otros criterios que deben tomarse en consideración tales como: facilidad de acceso para operadores, técnicos y cualquier persona o grupo de personas que en algún momento necesiten entrenamiento en el nuevo proceso, comunicación y cercanía con abastecedores en general; por consiguiente, la planta piloto no necesariamente debe estar cerca de un obraje o del cultivo de añil, tenemos evidencia experimental que el añil cortado en horas tempranas de la mañana de 6:00 a 8:00, y mantenido bajo la sombra perfectamente puede ser procesado seis horas después, ese lapso es suficiente para que el añil incluso pueda llegar de lugares relativamente lejanos del occidente u oriente, aspecto importante si se quisiera hacer un ensayo con el nuevo proceso sobre los rendimientos del añil cultivado en diferentes zonas del país.

Sugerimos para la reubicación de la planta piloto la ciudad de Santa Tecla, por las razones siguientes:

- ▲ Equidistancia de las principales zonas de cultivo.
- ▲ Cercanía de abastecedores de otros materiales y servicios
- ▲ Acceso inmejorable para el recurso humano..

Los requerimientos mínimos para su apropiada instalación son:

- ✦ Provisión diaria de 80 a 70 Kgs. de material o biomasa de añil libre de malezas.
- ✦ Área techada de 60 mts. cuadrados que pudiera estar repartida en dos ambientes contiguos.
- ✦ Instalaciones de agua y energía eléctrica liviana, la potencia total instalada es menor a los 3 HP y el consumo diario de agua es de aprox. 0.5 mts cúbicos.
- ✦ Seguridad y vigilancia usuales.







**2º. DOTAR A LA PLANTA PILOTO DE EQUIPOS COMPLEMENTARIOS**

Es necesario para la mejor operación de la planta, la manufactura o compra de lo siguiente:

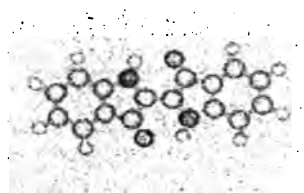
- ✘ Centrifuga, para la eficiente y rápida separación del colorante, que opere de preferencia con régimen continuo tanto de alimentación como de descarga, sugerimos que se indague con Alfa Laval dirección Web, la mejor alternativa. Los principales parámetros para la selección del equipo son:

Flujo de alimentación	20 litros por minutos
Material a separar	Indigotina, colorante natural, hidrofílico
Densidad	No hay dato específico, pero es mayor que la del agua, de la cual puede separarse por sedimentación natural
Tamaño de la partícula	100 micras
Potencia sugerida	1.0 HP
Régimen de descarga	Continuo o intermitente
Concentración del pigmento en el flujo de alimentación	0.3 a 0.4 gramos por litro

- ✘ Tina de aireación, usando los mismos materiales y similares en tamaño y forma a la tina de lixiviación, con la salvedad que para dicho equipo no se necesita de mecanismo pivotante como tampoco de rejillas.
- ✘ Micro centrifuga de laboratorio, para efectuar el muestreo en las diferentes etapas del lixiviado y aireado, los consultores para efectuar dichos muestreos se valieron de una centrifuga de campo operada con taladro.

Vertical line of text or markings on the right edge of the page.

**“DISEÑO Y PUESTA EN MARCHA DE UNA PLANTA AGROINDUSTRIAL  
PILOTO PARA EL PROCESAMIENTO DEL AÑIL”**



financieros, mercadotecnia para exponer y explotar las características del producto bajo el objetivo de obtener la mayor penetración y participación de mercado y el máximo beneficio económico, etc. Buena parte de lo expuesto ha sido ejecutado por los consultores, a pequeña escala, a pesar que el primer contacto de los consultores con el añil es de pocos meses.

5. La construcción de nuevos obrajes en El Salvador orientados a la exportación de tinte, considerando los precios actuales de mercado, es una quimera que irremediamente conducirá a los cultivadores de añil por una senda que no ofrece ventajas ni desde el punto de vista tecnológico y menos económico.



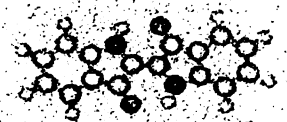


## XI FUENTES CONSULTADAS

### LIBROS

- ☞ Choussy Felix, *Flora Salvadoreña*, Segunda edición, San Salvador: Editorial Universitaria, 1975.
- ☞ Escobar Rómulo, *Enciclopedia Agrícola de Conocimientos Afines*, Vol. I, México
- ☞ Gallardo Roberto, *El Obraje de Añil de San Andrés*, México: Grupo Editorial Siquinsi, S.A. de C.V., 1997
- ☞ Guzmán David, *Especies Útiles de la Flora Salvadoreña*, San Salvador: Imprenta Nacional, 1918.
- ☞ Noller Carl, *Química Orgánica*, 3ª edición, México: Nueva Editorial Interamericana, 1968.
- ☞ Perry & Chilton, *Chemical Engineers Handbook*, Fifth edition, New York: McGraw-Hill, Inc., 1973.
- ☞ Rubio Sánchez, *Historia del Añil o Xiquilite en Centroamérica*, 1ª edición, San Salvador: Dirección de Publicaciones del Ministerio de Educación, 1976.
- ☞ Shreve Norris, *Chemical Process Industries*, Third edition, New York: McGraw-Hill, Inc., 1967.
- ☞ Shultz Cristopher and Okun Daniel, *Tratamiento de Aguas Superficiales para Países en Desarrollo*, 1ª reimpresión, México: Limusa Grupo Noriega Editores, 1998.
- ☞ The Merk Index, *Encyclopedia of Chemicals and Drugs*, Ninth edition, N.J.: Merk & Co., Inc., 1978.

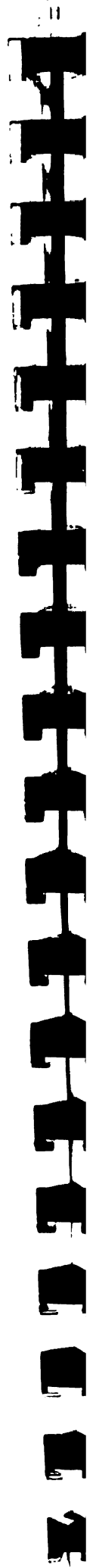
Vertical line of dashes on the right margin.



## XI FUENTES CONSULTADAS

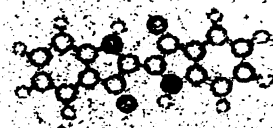
### LIBROS

- ☞ Choussy Felix, *Flora Salvadoreña*, Segunda edición, San Salvador: Editorial Universitaria, 1975.
- ☞ Escobar Rómulo, *Enciclopedia Agrícola de Conocimientos Afines*, Vol. I, México
- ☞ Gallardo Roberto, *El Obraje de Añil de San Andrés*, México: Grupo Editorial Siquinsi, S.A. de C.V., 1997
- ☞ Guzmán David, *Especies Útiles de la Flora Salvadoreña*, San Salvador: Imprenta Nacional, 1918.
- ☞ Noller Carl, *Química Orgánica*, 3ª edición, México: Nueva Editorial Interamericana, 1968.
- ☞ Perry & Chilton, *Chemical Engineers Handbook*, Fifth edition, New York: McGraw-Hill, Inc., 1973.
- ☞ Rubio Sánchez, *Historia del Añil o Xiquilite en Centroamérica*, 1ª edición, San Salvador: Dirección de Publicaciones del Ministerio de Educación, 1976.
- ☞ Shreve Norris, *Chemical Process Industries*, Third edition, New York: McGraw-Hill, Inc., 1967.
- ☞ Shultz Cristopher and Okun Daniel, *Tratamiento de Aguas Superficiales para Países en Desarrollo*, 1ª reimpresión, México: Limusa Grupo Noriega Editores, 1998.
- ☞ The Merk Index, *Encyclopedia of Chemicals and Drugs*, Ninth edition, N.J.: Merk & Co., Inc., 1978.





Consultoría A21a  
"DISEÑO Y PUESTA EN MARCHA DE UNA PLANTA AGROINDUSTRIAL  
PILOTO PARA EL PROCESAMIENTO DEL AÑIL"



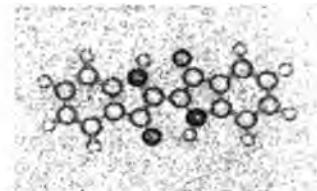
**TESIS**

- ☐ Hernández Cristo y Pérez Edwin, *Evaluación de las Variables de Secado para la Conservación de las Hojas de la Planta de Añil*, San Salvador: Ciudad Universitaria (Universidad de El Salvador), Diciembre, 2003.
- ☐ Lima Ana, Morales Elvira y Orellana Sara, *Optimización de la extracción del Colorante de la Planta de Añil para su Utilización en la Industria*, San Salvador: Ciudad Universitaria (Universidad de El Salvador), Enero 2002.
- ☐ Padilla Endy y Santamaría Wilson, *Caracterización Físicoquímica del Proceso de Producción de Colorante Añil en El Salvador*, San Salvador: Ciudad Universitaria (Universidad de El Salvador), Diciembre, 2003.

**DOCUMENTOS**

- ☐ Curso Taller, *Cultivo y Procesamiento del Añil*, San Salvador: IICA, octubre, 2002.
- ☐ García Francisco, *Estudio sobre Agronomía del Jiquilite Indigofera sp. y Procesamiento del Añil en Chalatenango*, San Salvador: IICA-Holanda/Laderas C.A., 1996.
- ☐ Montenegro Tito, *Aspectos Agronómicos del Jiquilite o Añil en El Salvador*, Boletín Divulgativo 5-81, San Salvador: Ministerio de Agricultura y Ganadería diciembre, 1981.
- ☐ TechnoServe, *Estudio del Sub-Sector Añil en El Salvador*, San Salvador: marzo, 2003.
- ☐ Zuleta José, Ramírez Fernando y Rodríguez Rafael, *Diseño de Ingeniería de una Planta Piloto para el Procesamiento del Añil en El Salvador*, San Salvador: IICA, abril, 2004.

1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9  
10  
11  
12  
13  
14  
15  
16  
17  
18  
19  
20  
21  
22  
23  
24  
25  
26  
27  
28  
29  
30  
31  
32  
33  
34  
35  
36  
37  
38  
39  
40  
41  
42  
43  
44  
45  
46  
47  
48  
49  
50  
51  
52  
53  
54  
55  
56  
57  
58  
59  
60  
61  
62  
63  
64  
65  
66  
67  
68  
69  
70  
71  
72  
73  
74  
75  
76  
77  
78  
79  
80  
81  
82  
83  
84  
85  
86  
87  
88  
89  
90  
91  
92  
93  
94  
95  
96  
97  
98  
99  
100



## PÁGINAS WEB

- ✓ <http://www.leuchtendgruen.net/botanicolor/ebot3.htm>
- ✓ <http://www.tifac.org.in/offer/tsw/apctt7.htm>
- ✓ [http://www.britannica.com/nobel/micro/289\\_85.html](http://www.britannica.com/nobel/micro/289_85.html)
- ✓ <http://home.att.net/~bellomarini/dyeplants.html>
- ✓ <http://www.sas.upenn.edu/~roseannm/indigo.html>
- ✓ <http://www.chriscooksey.demon.co.uk/indigo/>
- ✓ <http://www.apctt.org/database/to6018.html>
- ✓ <http://www.amchamsal.com/Publicationsdetail.asp?id=6&level=1&order=>
- ✓ <http://home.onemain.com/~crowland/Pages/Indigo.html>

## XII ANEXOS





## TÉRMINOS DE REFERENCIA

### Consultoría # A21a:

**"Diseño e Implementación de un plan de asistencia técnica para el diseño y la puesta en marcha de una planta agroindustrial-piloto para el procesamiento del añil"**

#### Antecedentes:

El Proyecto Fomento de Competitividad de las Agroindustrias Rurales del Marañón y Añil en El Salvador financiado por la OEA/SEDI y ejecutado por el IICA en El Salvador, tiene como propósito incrementar la competitividad y rentabilidad del añil y de los productos del marañón, con el fin de mejorar la calidad de vida de las familias rurales involucradas en estos rubros.

Con el componente de establecimiento de plantas piloto agroindustriales, se espera que los productores beneficiarios implementen en forma progresiva modelos de gestión competitivos y replicables en el marco de normas internacionales de calidad e inocuidad. La presente consultoría contribuirá al logro de este resultado.

#### Objetivo de la Consultoría:

Asesorar técnicamente el diseño y la puesta en marcha de la planta piloto de procesamiento de añil a fin de asegurar su sostenibilidad.

#### Actividades:

1. Basado en las experiencias de los productores e investigaciones realizadas, elaborar un diagnóstico de la situación actual.
2. Identificar los elementos de mejora en el procesamiento del añil para el diseño de un prototipo de extracción económica y técnicamente viable.
3. Determinar el lugar en la zona oriental más accesible y técnicamente viable para la instalación de la planta.
4. Supervisar la construcción de los equipos.
5. Realizar pruebas de procesamiento simultáneas en sistema mejorado y tradicional (obrajes) para definir los flujos de procesos, costos de producción, tiempos de procesamiento y variables de rendimiento.
6. Capacitar a grupos de productores en el funcionamiento e innovaciones tecnológicas de la planta piloto agroindustrial.

#### Productos esperados:

- Un documento conteniendo la descripción de la metodología de trabajo y los resultados de la capacitación y asesoría, así como las recomendaciones para el fortalecimiento de las competencias técnicas de los productores.
- Manual sobre el funcionamiento de la planta piloto basado en los resultados de las pruebas de procesamiento.
- Matriz comparativa de ambos sistemas de procesamiento (tradicional vrs mejorado).
- Material de apoyo para las capacitaciones.





**Proyecto Fomento de la Competitividad de las  
Agroindustrias Rurales del Maraón y Añil en El Salvador  
OEA-SEDI-AICD/IICA/MINEC**



**Duración:**

A desarrollar en un plazo de dos meses máximo, desde mayo a julio (a tiempo parcial).

**Perfil del consultor**

✓ Ingeniero químico o industrial.

**Presupuesto para la consultoría**

\$3,000.00 en concepto de honorarios





# INTERPRETACIÓN Y VISIÓN

Términos de Referencia "Consultoría # A21a"

"Diseño e Implementación de un plan de asistencia técnica para el diseño y puesta en marcha de una planta agroindustrial piloto para el procesamiento del añil"

Diseño e Implementación de un plan de asistencia técnica

para

Diseño y puesta en marcha de una planta agroindustrial PILOTO para el procesamiento del añil

## OBJETIVO DE LA CONSULTORÍA

Asesorar técnicamente el diseño y puesta en marcha de la planta piloto de procesamiento de añil a fin de asegurar sus sostenibilidad.

Asesorar técnicamente el diseño y puesta en marcha de una planta PILOTO para el procesamiento del añil

para

a fin de asegurar su sostenibilidad

¿Quiénes serán los asesorados?  
¿Es trabajo en equipo?  
¿Quiénes dan la pauta?

Esta definición en conjunto NO CORRESPONDE a planta piloto, sino que a una PLANTA MODELO

De ser así, implica que ya se tiene un TAMAÑO DE PLANTA técnica y económicamente rentable; que le permite ser sostenible.  
¿Cómo se determino ese tamaño?  
¿A que proceso corresponde?



# INTERPRETACIÓN Y VISIÓN

¿Cuántos  
US \$ se  
invertirán?

¿Cual fue la base para establecer dicho monto?  
¿Cuanto corresponde a cada una de los siguientes rubros de inversión, entre otros?:

- Obra civil - para proceso
- Obra civil - para tratamiento desechos
- Instalaciones y servicios de agua y energía eléctrica
- Equipo de proceso
- Equipo y reactivos para laboratorio
- Insumos de operación
- Equipo para tratamiento desechos
- Equipo y herramientas básicas para mantenimiento
- Seguridad y vigilancia
- Materia prima

Para el establecimiento de una planta industrial se requiere de un estudio de pre-factibilidad técnico económico ¿Se tiene ese estudio?

Si lo que se requiere es una  
**PLANTA PILOTO**

¿Cuál es el  
tamaño de  
la planta?

Entre otros aspectos, esto implica que:

- Servirá para probar diferentes modalidades de proceso de producción y calidad del producto.
- Se DISEÑARAN equipos para que dichos procesos asemejen al 100% una planta de producción, con tecnologías que sean técnica y económicamente apropiadas al sector a ser beneficiado y al producto que se desea elaborar.
- Servirá para SELECCIONAR y VALIDAR la eficacia y eficiencia [productividad] de determinado proceso de producción y la calidad del producto.
- No requiere que se determine una localización fija.
- A posteriori puede utilizarse para brindar capacitación en producción, mantenimiento, etc. de acuerdo al proceso que ha sido diseñado, aceptado e implementado.



# INTERPRETACIÓN Y VISIÓN

## ACTIVIDADES

Basados en las experiencias de los productores e investigaciones realizadas, **ELABORAR UN DIAGNOSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL.**

Considerando que ya existe una extensa investigación que permite definir la **SITUACION ACTUAL** de una manera fehaciente.



La información y datos existentes **SE DAN POR CIERTOS** - No serán revalidados.

**2. Identificar los elementos de mejora en el procesamiento del añil, para el diseño de un prototipo de extracción económica y técnicamente viable.**

Diseño de un prototipo de extracción económica y técnicamente viable.



Identificar los elementos de mejora para el procesamiento del añil.



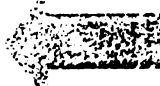
Incorporar mejoras en lo que ya se tiene.

Desarrollar nuevos procesos, diseños de equipos, etc.

De ser necesario y conveniente - romper con esquemas actuales, sea en aspectos previos al o del procesamiento.

**3. Determinar el lugar en la zona oriental más accesible y técnicamente viable para la instalación de la planta.**

Determinar el lugar para la instalación de la planta.



Como lo que se requiere es una **PLANTA PILOTO**, Por lo tanto **NO** requiere que se determine una localización fija.

DESARROLLO POR EDUARDO BLANCON & SALVADOR GARZA

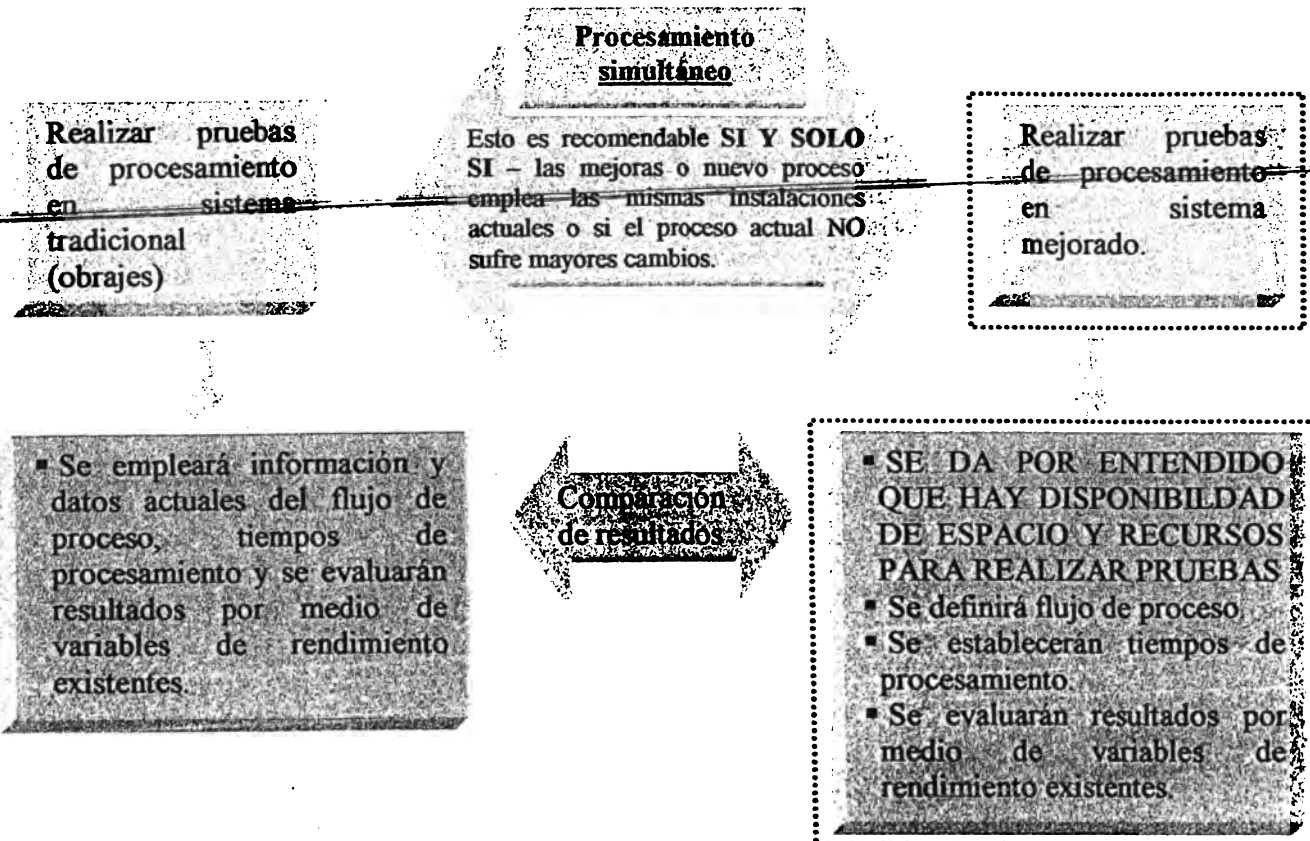


# INTERPRETACIÓN Y VISIÓN

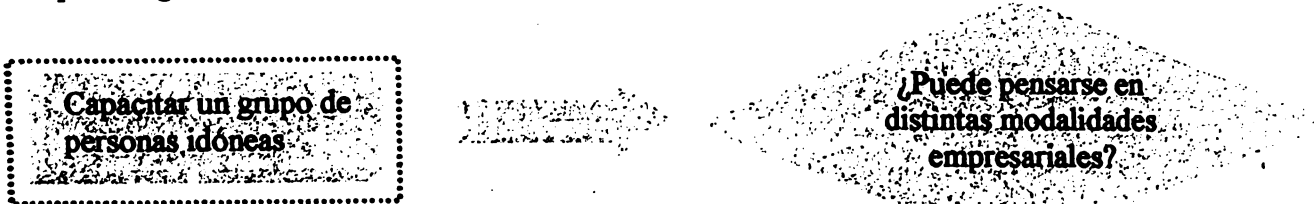
## 4. Supervisar la construcción de los equipos.



## 5. Realizar pruebas de procesamiento simultáneo en sistema mejorado y tradicional (obrajes) para definir los flujos de proceso, costo de producción, tiempos de procesamiento, y variables de rendimiento.



## 6. Capacitar a grupos de productores en el funcionamiento e innovaciones tecnológicas de la planta piloto agroindustrial.



DESARROLLO POR EDUARDO BLANDÓN & SALVADOR GARZA





# INTERPRETACIÓN Y VISIÓN

## PRODUCTOS ESPERADOS

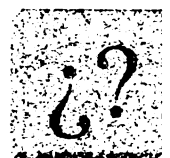
- Un documento conteniendo la descripción de la metodología de trabajo y los resultados de la capacitación y asesoría, así como las recomendaciones para el fortalecimiento de las competencias técnicas de los productores.

Un documento conteniendo la descripción de la metodología de trabajo

Un documento conteniendo los resultados de la capacitación

Un documento conteniendo los resultados de la asesoría

Recomendaciones para el fortalecimiento de las competencias técnicas de los productores.



- Manual de funcionamiento de la planta piloto basado en los resultados de la pruebas de procesamiento.

Manual de funcionamiento de la planta piloto basado en los resultados de la pruebas de procesamiento.

Se percibe como que si la planta piloto fuese a ser un centro de producción a escala industrial, lo cual ya se expreso que NO ES ESO.

Manual de funcionamiento de la planta piloto para el proceso diseñado y probado.

Esto corresponde a como la PLANTA PILOTO debe funcionar para realizar el proceso diseñado y probado, de tal manera que se destine a otros usos y a posibles traslados y que eso no influyan en la obtención de los resultados esperados.



# INTERPRETACIÓN Y VISIÓN

## DURACION

A desarrollar en un plazo de DOS MESES MAXIMO (a tiempo parcial)



NUESTRA PROPUESTA DE PROGRAMACION DE ACTIVIDADES														
#	ACTIVIDADES	SEMANAS												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	Revisión bibliográfica	■												
2	Diseño de equipos (no se pretende copiar nada de lo ya realizado)		■	■										
3	Definición de ubicación de planta piloto			■										
4	Cotización, Contratación y Fabricación de equipos			■	■	■								
5	Cotización y adquisición de equipos que no se van a fabricar			■	■	■								
6	Diseño de procesos			■	■	■								
7	Recepción e instalación de equipos y puesta a punto						■							
8	Realización de pruebas de los procesos diseñados y evaluación de resultados.							■	■	■				
9	Selección de los dos mejores procesos en base a eficiencia técnica y eficiencia económica.								■	■				
10	Optimización de procesos									■				
11	Establecimiento de costos de proceso por kilogramo de tinta										■			
12	Elaboración de los manuales para operación y mantenimiento de la planta piloto											■		
13	Elaboración de los manuales para capacitación en el manejo de la operación y del mantenimiento de la planta piloto												■	
14	Capacitación a un grupo de persona idóneas para manejo planta													■
15	Elaboración y presentación de informes sobre planta piloto y capacitación													■

Responsabilidad de Consultores
  Responsabilidad de terceros
  Responsabilidad compartida





# INTERPRETACIÓN Y VISIÓN



## NUESTRA VISIÓN

Una planta industrial para el procesamiento de añil, certificada bajo estándares ISO 9000 elaborando producto colorante bajo normas mínimas de calidad, que puede ser comercializado en todo el mundo.



Que se vaya a construir a partir de pruebas que se han de realizar en una PLANTA PILOTO que sugerimos tenga la capacidad de procesar 3.4 TM durante el periodo de cosecha; equivalente a procesar 23.3 Kg. de materia prima por día.

Este tamaño se sugiere basado en las razones siguientes:

- Optimización de material para construcción de equipos.
- Versatilidad de desplazamiento y relocalización.
- Versatilidad para probar y validar diferentes modalidades de proceso:
  - Fermentativo o no fermentativo.
  - Sedimentación por gravedad o por medio mecánico
  - Secado solar o no solar

**NO ES** parte de nuestra visión:

- ☠ Mejorar la forma de procesamiento actual, de tal manera que se pueda convertir en Museo Viviente.
- ☠ Colaborar a que los centros de procesamiento sean parte de una ruta de visitas a un turismo ecológico.
- ☠ Incorporar cambios cosméticos a un proceso que tiene más de 150 años de existencia.



# INTERPRETACIÓN Y VISIÓN

INVESTIGACIÓN Y USO  
MATERIA PRIMA MAS  
ALLA PERIODO COSECHA



INVESTIGACION \* USO  
MATERIA PRIMA MAS  
ALLA PERIODO COSECHA

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD  
TECNICO ECONOMICO PARA  
ESTABLECER TAMAÑO Y  
LOCALIZACION DE PLANTA  
INDUSTRIAL

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD  
PARA CONSTRUIR PLANTA  
INDUSTRIAL PARA EL  
PROCESAMIENTO DEL AÑIL

CONSTRUCCION Y PUESTA EN  
MARCHA DE LA PLANTA  
INDUSTRIAL PARA PROCESAR AÑIL

CERTIFICACION DE PLANTA  
ISO-9000 Y PRODUCIENDO  
BAJO NORMA

DESARROLLADO POR EDUARDO BLANDÓN & SALVADOR GARZA







**Eduardo Blandón - Salvador Garza**  
**Consultores Asociados**

287 15 00 bladom@telesal.net 764 70 41 & 282 34 57 jsgarzah@yahoo.com

ANEXO # 03

1

Santa Tecla, Junio 4 del 2003

Ing. Nadia Chalabi  
Coordinadora del Proyecto Marañón y Añil  
IICA en El Salvador  
Santa Tecla, El Salvador

Estimada Ing. Chalabi:

Atendiendo la invitación recibida para concursar en la asignación del proyecto a ser ejecutado bajo consultoría numero A21a: "Diseño e Implementación de un plan de asistencia técnica para el diseño y puesta en marcha de una planta agroindustrial piloto para el procesamiento del añil"; nosotros Eduardo Blandón, ingeniero químico y Salvador Garza, ingeniero industrial, quienes trabajamos en forma asociada, presentamos nuestra oferta de servicios de consultoría según los Términos de Referencia, la cual desarrollamos a continuación:

## **OFERTA DE SERVICIOS DE CONSULTORÍA**

### **A TITULO**

Diseño y puesta en marcha de una planta agroindustrial piloto para el procesamiento del añil.

### **B IDENTIFICACIÓN**

Los Términos de Referencia identifican esta consultoría con el numero: "A21a"

### **C OBJETIVO**

Asesorar técnicamente el diseño y puesta en marcha de la planta piloto de procesamiento de añil.

### **D DELIMITACIÓN Y RESTRICCIÓN**

#### **Delimitación**

Construir una planta piloto para producir añil a ser localizada en la zona oriental.

#### **Restricción**

Monto por US\$5,000 para cubrir inversiones en equipo de proceso, equipo y reactivos para mediciones de campo de variables independientes críticas al proceso, insumos de operación, herramientas básicas para mantenimiento, gastos de papelería y útiles, viáticos (transporte, alimentación y estadía).



## **E METODOLOGÍA DE TRABAJO**

La metodología de trabajo ser empleada, ha sido definida para que se puedan evaluar diferentes alternativas de procesamiento para la elaboración de colorante' afil; y esta metodología esta estructurada de la forma siguiente:

### **I. FASE INDAGATORIA**

- 1.1 Investigación bibliográfica<sup>1</sup>
  - 1.1.1 Antecedentes
  - 1.1.2 Definición de términos
  - 1.1.3 Variables
- 1.2 Formulación de hipótesis

### **II. FASE DE DISEÑO**

- 2.1 Diseño de Procesos
  - 2.1.1 Método de Lixiviado
  - 2.1.2 Método de Aireado
  - 2.1.3 Método de Sedimentado
  - 2.1.4 Método de Filtrado
  - 2.1.5 Método de Secado
  - 2.1.6 Método de Molido

- 2.2 Diseño de Equipos a ser construidos y establecimiento de requerimientos de otros equipos a ser adquiridos.

### **III. FASE DE CONSTRUCCION, ADQUISICION, RECEPCION E INSTALACION DE EQUIPOS.**

### **IV. FASE DE PRUEBAS**

- 4.1 Pruebas de campo de los diferentes métodos.
- 4.2 Recolección y análisis de datos.
- 4.3 Evaluación y selección de la mejor alternativa de procesamiento.

### **V. FASE DE OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO SELECCIONADO.**

### **VI. FASE DE COSTEO DEL PROCESO SELECCIONADO Y COMPARACION DE RESULTADOS CON EL METODO TRADICIONAL (OBRAJE)<sup>2</sup>.**

### **VII. FASE DE DOCUMENTACION**

- 7.1 Elaboración de documento conteniendo la descripción de la metodología de trabajo.
- 7.2 Elaboración de Manual para Manejo de Planta Piloto (operación y mantenimiento) para el proceso diseñado, probado, seleccionado y optimizado.

<sup>1</sup> La información y datos existentes se dan por ciertos - No serán revalidados.

<sup>2</sup> Se utilizarán datos existentes o que sean generados por otros, referentes a la elaboración de colorante utilizando el proceso tradicional (obraje).



## VIII. FASE DE TRANSFERENCIA DE CONOCIMIENTO

### IX. FASE DE FINALIZACION

- 9.1 Elaboración de documento conteniendo los resultados de la asesoría.
- 9.2 Elaboración de documento conteniendo los resultados de la capacitación.
- 9.3 Recomendaciones para el fortalecimiento de las competencias técnicas de los productores.

### F PLAN DE TRABAJO

Para desarrollar las fases que integran la metodología de trabajo, a continuación presentamos el Plan de Trabajo a ser ejecutado y su respectiva calendarización:

PLAN DE TRABAJO CALENDARIZADO																	
#	ACTIVIDADES	SEMANAS															LUGAR
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
1	Revisión bibliográfica																AMSS
2	Diseño de procesos																AMSS
3	Diseño de equipos (no se copia nada de lo ya realizado)																AMSS
4	Cotización, Contratación y Fabricación de equipos																AMSS
5	Cotización y adquisición de equipos que no se van a fabricar																AMSS
6	Recepción e instalación de equipos y puesta a punto																ZO-SM
7	Realización de pruebas de los procesos diseñados - Recolección y análisis de datos.																ZO-SM
8	Evaluación y Selección del mejor proceso en base a eficiencia técnica y eficiencia económica.																ZO-SM
9	Optimización de proceso seleccionado																ZO-SM
10	Establecimiento de costos por kilogramo de finta de proceso seleccionado y comparación de resultados con el método tradicional (obraje)																AMSS
11	Elaboración de documentos y manuales.																AMSS
12	Capacitación a un grupo de personas idóneas para manejo de planta piloto.																ZO-SM
13	Elaboración y presentación informes sobre planta piloto, capacitación y recomendaciones para fortalecimiento competencias técnicas para operación planta.																AMSS

Identificación de Actividades según responsabilidad de

	Consultores		terceros		compartida
--	-------------	--	----------	--	------------

Lugar en donde se realizarán las actividades de la consultoría

AMMS	Área Metropolitana de San Salvador	ZO-SM	Zona Oriental - San Miguel
------	------------------------------------	-------	----------------------------



## G RESULTADOS ESPERADOS

La naturaleza de los resultados a obtenerse con el desarrollo de esta propuesta de consultoría, está orientada a establecer la base para encaminarse hacia la consecución de la visión<sup>3</sup> que hemos establecido y que definimos de la manera siguiente:

Una planta industrial para el procesamiento de añil que sea sosteniblemente rentable, certificada bajo estándares ISO 9000 elaborando producto colorante bajo normas mínimas de calidad, que puede ser comercializado en todo el mundo.

Siendo esos resultados, los siguientes:

- ✚ PLANTA PILOTO funcionando, con una capacidad de procesar 3.4 TM de añil durante el periodo de cosecha. El tamaño sugerido está basado en las razones siguientes:
  - ✓ Optimización de material para construcción de equipos.
  - ✓ Versatilidad y economía para el desplazamiento y relocalización.
  - ✓ Versatilidad para probar y validar diferentes modalidades de proceso
- ✚ COLORANTE AÑIL elaborado en planta piloto.

## H HONORARIOS PROFESIONALES Y FORMA DE PAGO

### Honorarios Profesionales

Para desarrollar la presente oferta de servicios de consultoría, en la que se cuenta con la directa y simultanea participación de dos consultores, un ingeniero químico y un ingeniero industrial, y que tendrá una duración aproximada de 15 semanas, el monto de los Honorarios Profesionales es de

### Forma de Pago

- Anticipo equivalente del monto de los honorarios profesionales, a ser pagado en el momento de la firma del contrato.
- Pago final equivalente del monto de los honorarios profesionales, a ser pagado contra la entrega de los documentos finales requeridos.

## I ANEXOS

Adjunto a la presente oferta de servicios de consultoría, se entregan los Curriculum Vitae de ambos consultores.

<sup>3</sup> Visión inédita de Eduardo Blandón y Salvador Garza, desarrollada exclusivamente para sustentar los resultados a generarse a través de la ejecución de esta consultoría; y para establecer un rumbo a seguir para futuras acciones de consultoría.





J OTRAS CONSIDERACIONES

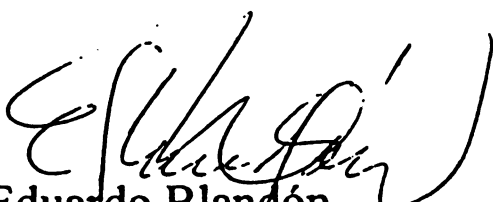
La parte contratante al aceptar y contratar esta propuesta de consultoría, se comprometen a brindar y ver de que se brinde toda la colaboración necesaria para que ésta se desarrollen de la mejor forma y facilitar información sea esta, pasada, actual o prevista, directa o indirectamente relacionada con el proyecto y que contribuya a la generación de los resultados propuestos.

Es importante señalar que la calidad y validez de los resultados que se generen con el desarrollo de la consultoría, radica en el respeto de la metodología propuesta y del cumplimiento de la programación; pero principalmente depende de la activa y positiva colaboración e interacción entre todas las partes.

Los consultores, por su parte, se comprometen con las partes contratante y beneficiaria, a desarrollar un trabajo profesional con la calidad y utilidad que conlleva un trabajo de esta naturaleza, para que se genere el resultado ofertado y esperado.

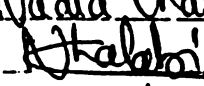
Agradeciendo la confianza y oportunidad que nos es brindada para ofertarles nuestros servicios de consultoría; le reiteramos nuestro respetuoso saludo, quedando en espera de su aceptación a lo propuesto. Sin otro particular, nos suscribimos de usted,

Atentamente,

  
Eduardo Blandón  
Ingeniero Químico

  
Salvador Garza  
Ingeniero Industrial

RECEPCION ICA  
RECIBIDO

RECEPCION DE <del>SECRETARIA</del> _____	
Nombre:	Nadia Chabbi
Firma:	
Fecha y Hora:	04 junio 04 11hrs 30 min
Sello de recibido:	





# Eduardo Blandón - Salvador Garza Consultores Asociados

1

287 1500 blodom@integra.com.sv 764 7041 & 282 3457 jsgarzah@yahoo.com

Santa Tecla, Junio 23 del 2004

Ing. Nadia Chalabi  
Coordinadora del Proyecto Marafón y Añil  
IICA en El Salvador  
Santa Tecla, El Salvador

Estimada Ing. Chalabi:

Atendiendo la invitación recibida para concursar en la asignación del proyecto a ser ejecutado bajo consultoría numero A21a: "Diseño e Implementación de un plan de asistencia técnica para el diseño y puesta en marcha de una planta agroindustrial piloto para el procesamiento del añil"; nosotros Eduardo Blandón, ingeniero químico y Salvador Garza, ingeniero industrial, quienes trabajamos en forma asociada, presentamos nuestra oferta de servicios de consultoría según los respectivos Términos de Referencia y con la delimitación y restricción establecidas por IICA<sup>1</sup>. La oferta la desarrollamos a continuación:

## OFERTA DE SERVICIOS DE CONSULTORÍA

### A TITULO

Diseño y puesta en marcha de una planta agroindustrial piloto para el procesamiento del añil.

### B IDENTIFICACIÓN

Los Términos de Referencia identifican esta consultoría con el numero: "A21a"

### C OBJETIVO

Asesorar técnicamente el diseño y puesta en marcha de la planta piloto de procesamiento de añil.

### D METODOLOGÍA DE TRABAJO

La metodología de trabajo ser empleada, ha sido definida para que se puedan evaluar diferentes alternativas de procesamiento para la elaboración de colorante añil; y esta metodología esta estructurada de la forma siguiente:

<sup>1</sup> **Delimitación:** Construir una planta piloto para producir añil a ser localizada en . **Restricción:** Monto por US\$5,000 para cubrir inversiones en equipo de proceso, equipo y reactivos para mediciones de campo de variables independientes críticas al proceso, insumos de operación, herramientas básicas para mantenimiento, gastos de papelería y útiles



**I. FASE INDAGATORIA**

- 1.1 Investigación bibliográfica<sup>2</sup>
  - 1.1.1 Antecedentes
  - 1.1.2 Definición de términos
  - 1.1.3 Variables
- 1.2 Formulación de hipótesis

**II. FASE DE DISEÑO**

- 2.1 Diseño de Procesos
  - 2.1.1 Método de Lixiviado
  - 2.1.2 Método de Aireado
  - 2.1.3 Método de Sedimentado
  - 2.1.4 Método de Filtrado
  - 2.1.5 Método de Secado
  - 2.1.6 Método de Molido
- 2.2 Diseño de Equipos a ser construidos y establecimiento de requerimientos de otros equipos a ser adquiridos.

**III. FASE DE CONSTRUCCION, ADQUISICION, RECEPCION E INSTALACION DE EQUIPOS.**

---

**IV. FASE DE PRUEBAS**

- 4.1 Pruebas de campo de diferentes métodos.
- 4.2 Recolección y análisis de datos.
- 4.3 Evaluación y selección de la mejor alternativa de procesamiento.

**V. FASE DE COSTEO DEL PROCESO SELECCIONADO Y COMPARACION DE RESULTADOS CON EL METODO TRADICIONAL (OBRAJE)<sup>3</sup>.****VI. FASE DE DOCUMENTACION**

- 6.1 Elaboración de documento que describe en forma general la metodología de trabajo.
- 6.2 Elaboración de Guía para Operación y Mantenimiento de Planta Piloto para proceso seleccionado.

**VII. FASE DE TRANSFERENCIA DE CONOCIMIENTO****VIII. FASE DE FINALIZACION**

- 8.1 Elaboración de documento que describe de manera general resultados de la asesoría.
- 8.2 Elaboración de reporte conteniendo resultado de la capacitación.
- 8.3 Elaborar documento con recomendaciones para el fortalecimiento de las competencias técnicas para el manejo de la planta piloto.

---

<sup>2</sup> La información y datos existentes se dan por ciertos - No serán revalidados.

<sup>3</sup> Se utilizarán datos existentes o que sean generados por otros; referentes a la elaboración de colorante utilizando el proceso tradicional (obraje).



## E PLAN DE TRABAJO

Para desarrollar las fases que integran la metodología de trabajo, a continuación presentamos el Plan de Trabajo a ser ejecutado y su respectiva calendarización:

PLAN DE TRABAJO CALENDARIZADO															
#	ACTIVIDADES	SEMANAS										LUGAR			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10				
	Firma de contrato y Recepción de Primer pago	■													
1	Revisión bibliográfica	■													
2	Diseño de procesos	■	■												
3	Diseño de equipos (no se copia nada de lo ya realizado)		■	■	■										
4	Cotización, Contratación y Fabricación de equipos			■	■	■	■								
5	Cotización y adquisición de equipos que no se van a fabricar			■	■	■	■								
6	Recepción e instalación de equipos y puesta a punto							■	■						
7	Realización de pruebas de los procesos diseñados - Recolección y análisis de datos.							■	■	■	■				
8	Evaluación y Selección del mejor proceso en base a eficiencia técnica y eficiencia económica									■	■				
	Informe de avance y Recepción Segundo Pago											■			
9	Establecimiento de costos por kilogramo de tinta de proceso seleccionado y comparación de resultados con el método tradicional (obraje)											■	■		
10	Elaboración de documentos y guía técnica.											■	■		
11	Transferencia de Conocimiento a un grupo de personas idóneas para manejo de planta piloto.													■	■
12	Elaboración y presentación informes sobre planta piloto, capacitación y recomendaciones para fortalecimiento competencias técnicas													■	■
	Recepción del Pago final													■	■

Identificación de Actividades según responsabilidad de

■	Consultores	■	terceros	■	compartida
---	-------------	---	----------	---	------------

Lugar en donde se realizarán las actividades de la consultoría

AMMS	Area Metropolitana de San Salvador
------	------------------------------------

## F RESULTADOS ESPERADOS

La naturaleza de los resultados a obtenerse con el desarrollo de esta propuesta de consultoría, está orientada a establecer la base para encaminarse hacia la consecución de la visión<sup>4</sup> que hemos establecido y que definimos de la manera siguiente:

**Una planta industrial para el procesamiento de añil que sea sosteniblemente rentable, certificada bajo estándares ISO 9000 elaborando producto colorante bajo normas mínimas de calidad, que puede ser comercializado en todo el mundo.**

<sup>4</sup> Visión inédita de Salvador Garza y Eduardo Blandón, desarrollada exclusivamente para sustentar los resultados a generarse a través de la ejecución de esta consultoría; y para establecer un rumbo a seguir para futuras acciones de consultoría.





Siendo esos resultados, los siguientes:

- ✦ **PLANTA PILOTO** funcionando, con una capacidad de procesar 3.4 TM de añil durante el periodo de cosecha. El tamaño sugerido está basado en las razones siguientes:
  - ✓ Optimización de material para construcción de equipos.
  - ✓ Versatilidad y economía para el desplazamiento y relocalización.
  - ✓ Versatilidad para probar y validar diferentes modalidades de proceso
- ✦ **COLORANTE AÑIL** elaborado en planta piloto.

## **G HONORARIOS PROFESIONALES Y FORMA DE PAGO**

### **Honorarios Profesionales**

Para desarrollar la presente oferta de servicios de consultoría, el monto de los Honorarios Profesionales a ser pagados es de

### **Forma de Pago**

- Anticipo equivalente del monto de los honorarios profesionales, a ser pagado en el momento de la firma del contrato.
- Segundo pago equivalente del monto de los honorarios profesionales, a ser pagado al haber definido y probado el nuevo proceso para la extracción de añil.
- Pago final equivalente al del monto de los honorarios profesionales, a ser pagado contra la entrega de los documentos finales requeridos.

## **H VIATICOS**

Para el desarrollo de esta oferta de consultoría, en vista de la obligatoria movilización durante cuatro semanas hacia del departamento de San Salvador, para instalar la planta piloto y efectuar las pruebas de los procesos de producción para la extracción del colorante añil que han de ser diseñados; a continuación se presenta el presupuesto de gastos en viáticos :



I ANEXOS

Adjunto a la presente oferta de servicios de consultoria, se entregan los Curriculums Vital de ambos consultores.

J OTRAS CONSIDERACIONES

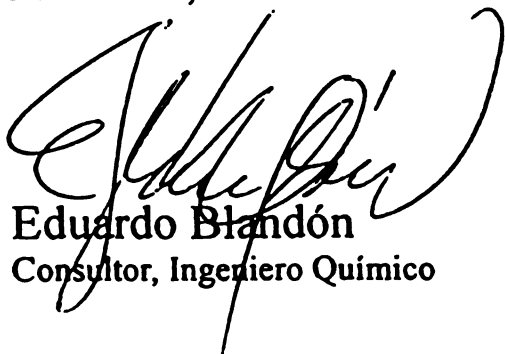
La parte contratante al aceptar y contratar esta propuesta de consultoria, se comprometen a brindar y ver de que se brinde toda la colaboración necesaria para que ésta se desarrollen de la mejor forma y facilitar información sea esta pasada, actual o prevista, directa o indirectamente relacionada con el proyecto y que contribuya a la generación de los resultados propuestos.

Es importante señalar que la calidad y validez de los resultados que se generen con el desarrollo de la consultoria, radica en el respeto de la metodología propuesta y del cumplimiento de la programación; pero principalmente depende de la activa y positiva colaboración e interacción entre todas las partes.


Los consultores, por su parte, se comprometen con las partes contratante y beneficiaria, a desarrollar un trabajo profesional con la calidad y utilidad que conlleva un trabajo de esta naturaleza, para que se genere el resultado ofertado y esperado.

Agradeciendo la confianza y oportunidad que nos es brindada para ofertarles nuestros servicios de consultoria; le reiteramos nuestro respetuoso saludo, quedando en espera de su aceptación a lo propuesto. Sin otro particular, nos suscribimos de usted,

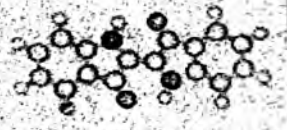
Atentamente,

  
Eduardo Blandón  
Consultor, Ingeniero Químico

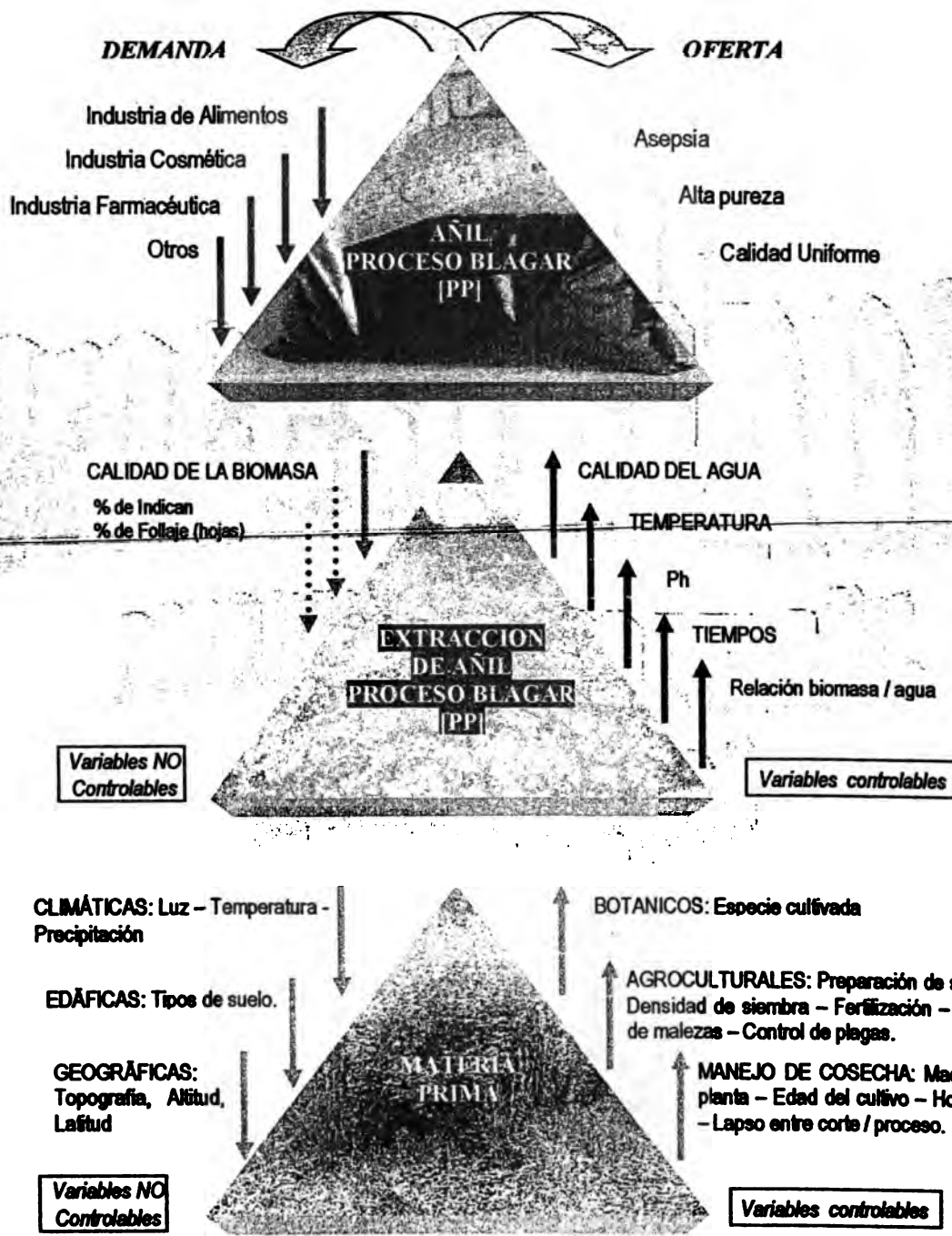
  
Salvador Garza  
Consultor, Ingeniero Industrial

<b>RECEPCION DE OFERTA</b>	
Nombre:	<u>Nadia Chalabi</u>
Firma:	<u>N. Chalabi</u>
Fecha y Hora:	<u>04 Julio 2004 9:00 am</u>
Sello de recibido:	





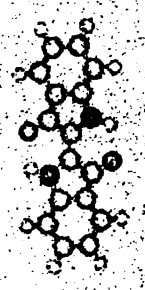
Consultoría A21a  
 "DISEÑO Y PUESTA EN MARCHA DE UNA PLANTA AGROINDUSTRIAL  
 PILOTO PARA EL PROCESAMIENTO DEL AÑIL"





Consultoría A21a  
"DISEÑO Y PUESTA EN MARCHA DE UNA PLANTA AGROINDUSTRIAL  
PILOTO PARA EL PROCESAMIENTO DEL ÑIL"

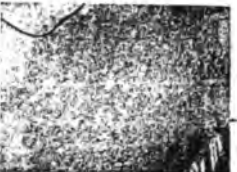
ANEXO # 06



PROCESAMIENTO

BIOMASA DESHIDRATADA  
(HOJA SECA)

BIOMASA FRESCA



FERMENTATIVO

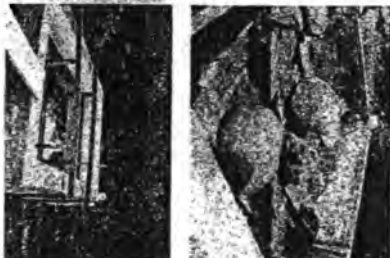
AFERMENTATIVO

NATURAL

CONTRÓL (MPO)

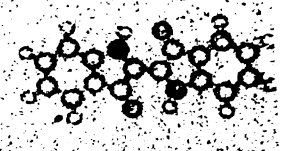
PROCESO BIÓLOGICO (PP)

OTRO



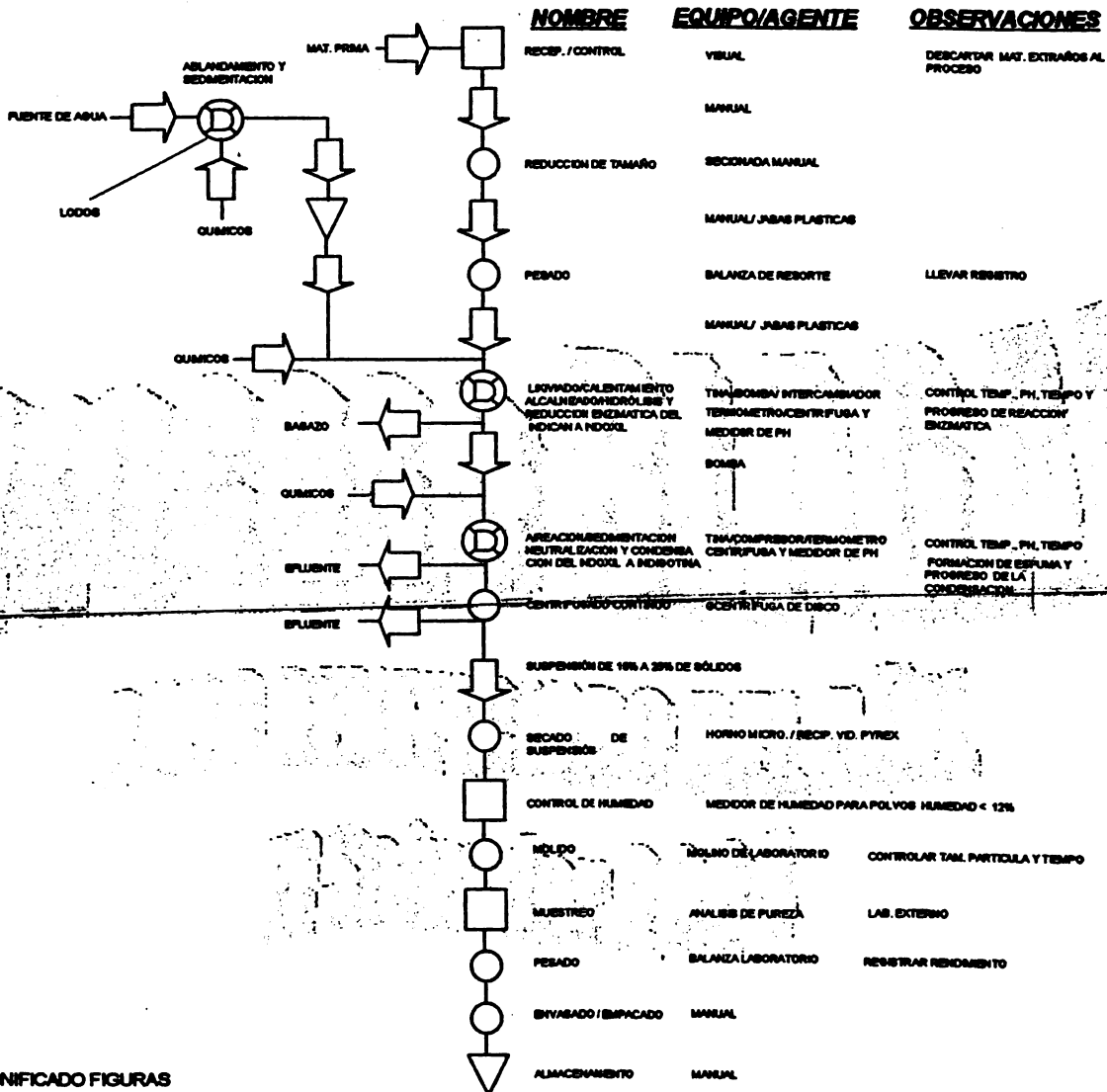






Consultoría A21a  
 "DISEÑO Y PUESTA EN MARCHA DE UNA PLANTA AGROINDUSTRIAL  
 PILOTO PARA EL PROCESAMIENTO DEL AÑIL"

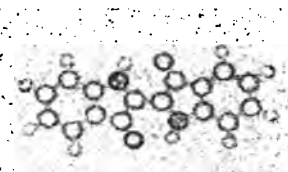
DIAGRAMA DE FLUJO PROPUESTO PARA PLANTA PILOTO



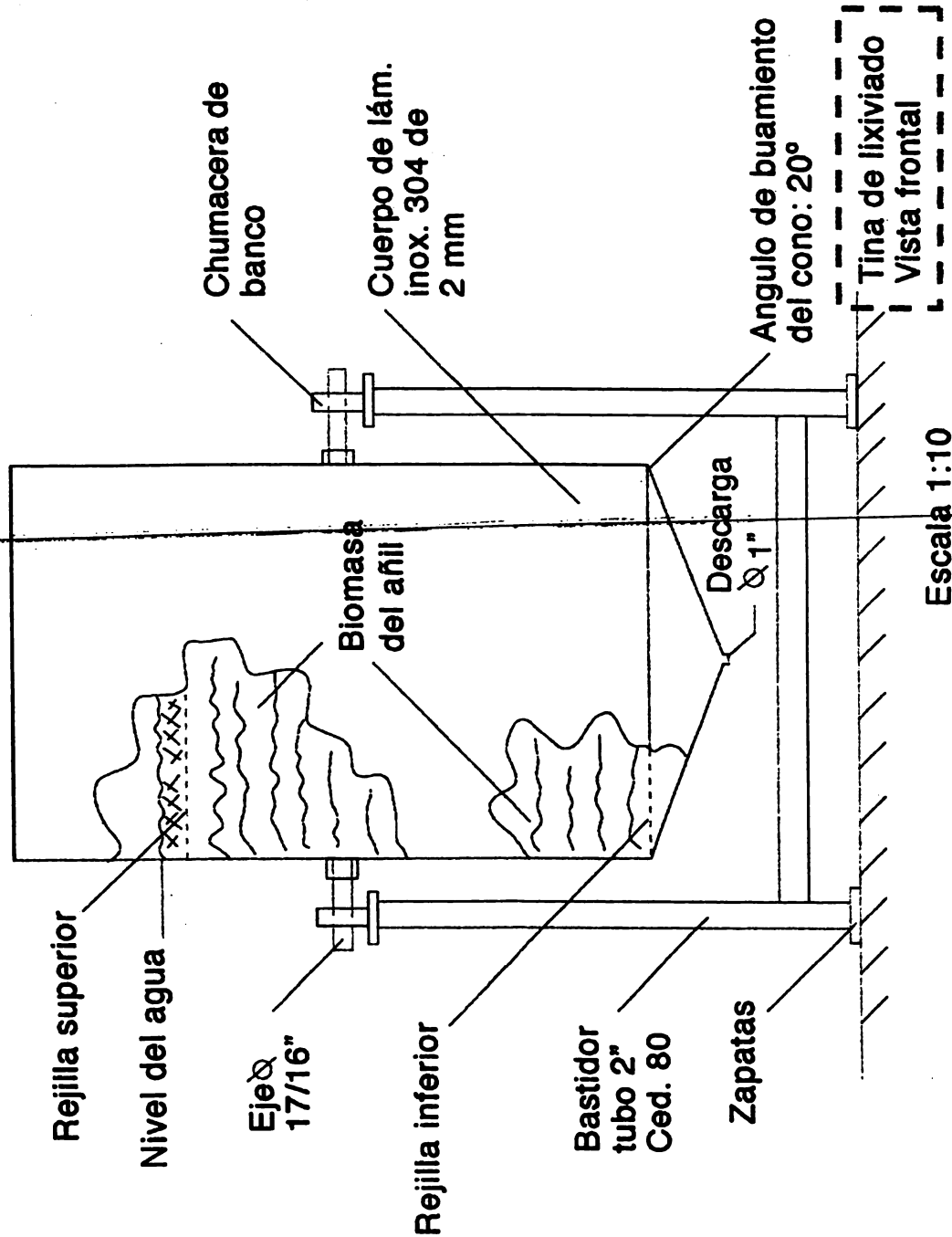
SIGNIFICADO FIGURAS

- RESECCION O MUESTREO
- ⇓ TRANSPORTE DE MATERIALES SECOS O FLUIDOS
- OPERACION (CAMBIO/RECIBO)
- ⊕ OPERACION Y PROCESO DISCONTINUO/CONTINUO
- ⊙ OPERACION DISCONTINUA
- ▽ ALMACENAMIENTO TEMPORAL
- ⊗ PROCESO (CAMBIO/RECIBO)

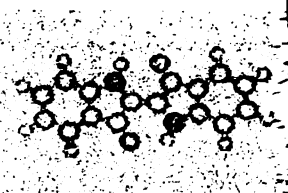




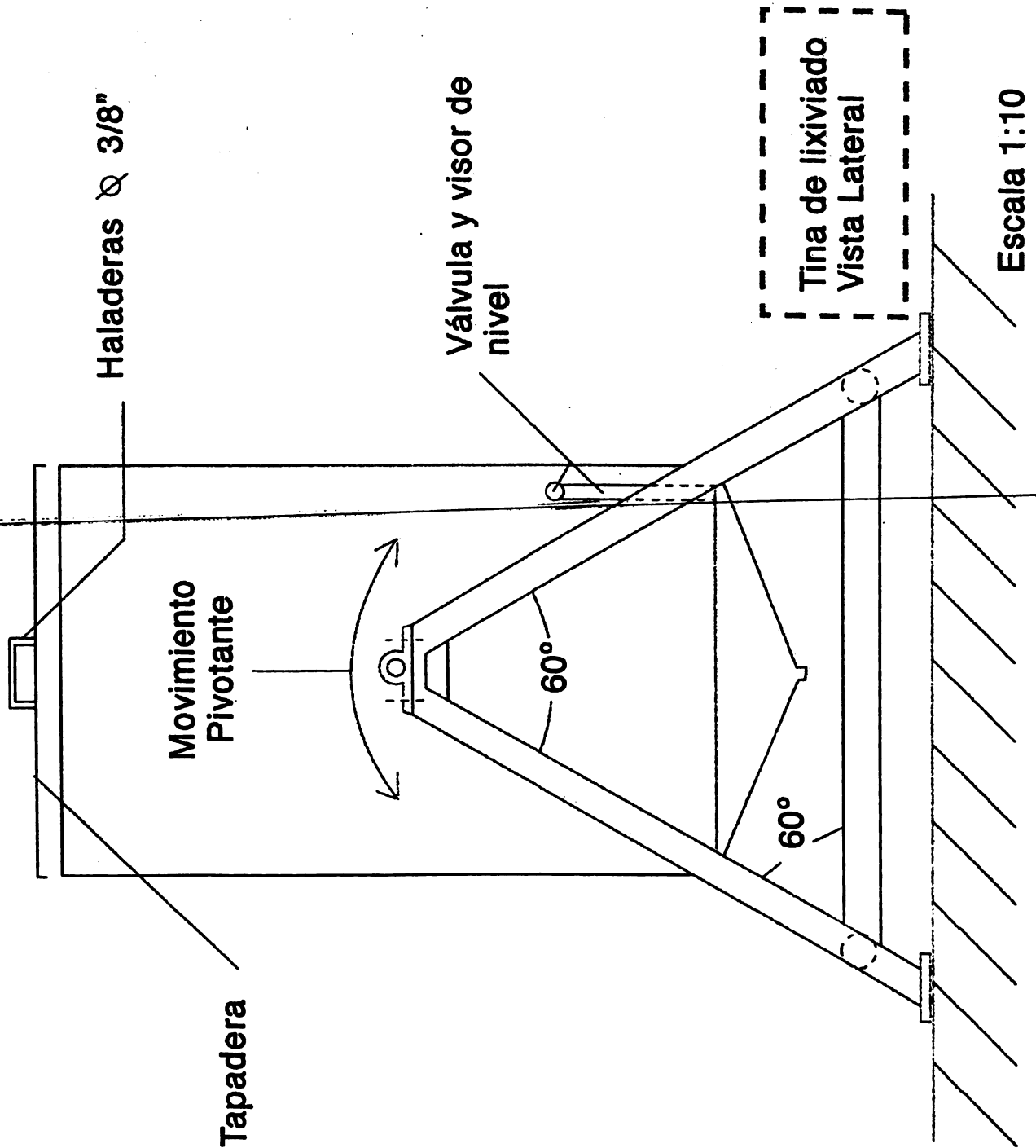
Consultoría A21a  
"DISEÑO Y PUESTA EN MARCHA DE UNA PLANTA AGROINDUSTRIAL  
PILOTO PARA EL PROCESAMIENTO DEL AÑIL"





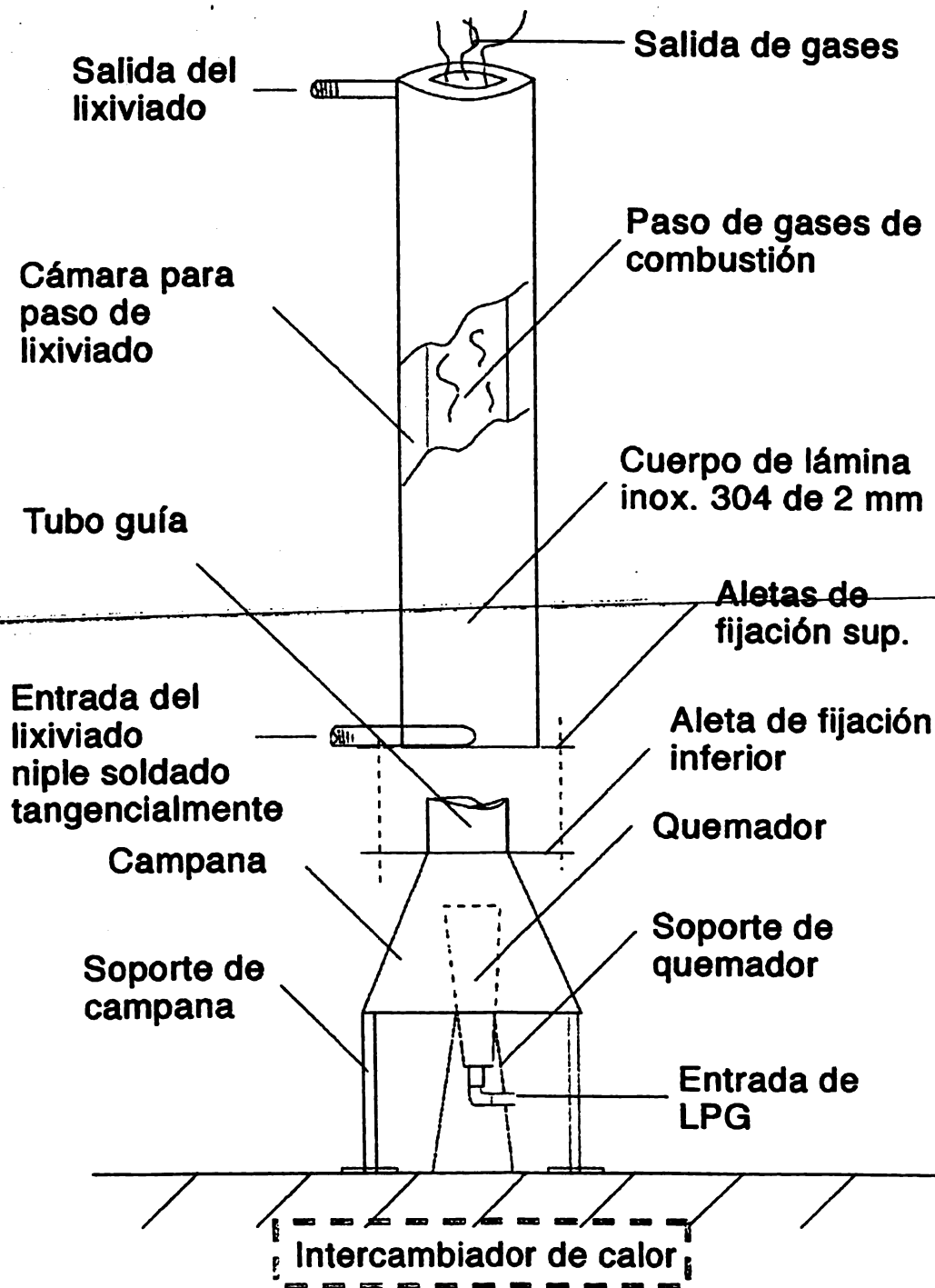
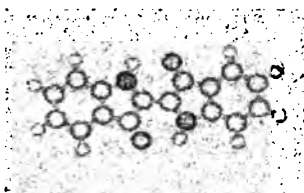


Consultoría A21a  
"DISEÑO Y PUESTA EN MARCHA DE UNA PLANTA AGROINDUSTRIAL  
PILOTO PARA EL PROCESAMIENTO DEL AÑIL"

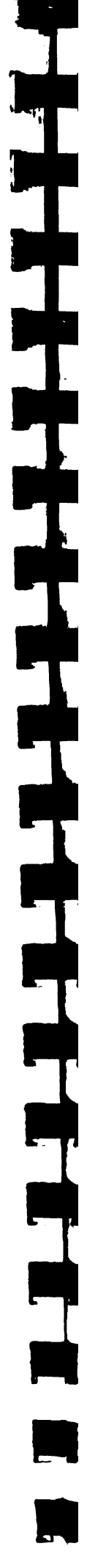




**“DISEÑO Y PUESTA EN MARCHA DE UNA PLANTA AGROINDUSTRIAL  
PILOTO PARA EL PROCESAMIENTO DEL AÑIL”**



Escala 1:10







Consultoría A21a  
 "DISEÑO Y PUESTA EN MARCHA DE UNA PLANTA AGROINDUSTRIAL  
 PILOTO PARA EL PROCESAMIENTO DEL AÑIL"

**REGISTRO DE PRUEBAS REALIZADAS EN PLANTA PILOTO PARA BENEFICIADO DEL AÑIL**

Prueba #	1	2	3	4	5	6
Día	Viernes	Sábado	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
Fecha	Sept 10, 2004	Sept 11, 2004	Sept 14, 2004	Sept 15, 2004	Sept 16, 2004	Sept 17, 2004

**I- MATERIA PRIMA (Indigofera)**

Variedad	Guatemalensis			Guatemalensis		Sufruticosa
	Pre-Floración			Pre-Floración		Flor y Semilla
Estado	Pre-Floración			Pre-Floración		Flor y Semilla
Hora recibida	08:00 a.m.	08:00 a.m.	08:00 a.m.	08:00 a.m.	08:00 a.m.	08:00 a.m.
Peso total [lbs]	301.0	175	180	221	191	241
[kgs]	136.8	79.5	81.8	100.5	86.8	109.5

**II- AGUA PARA EL PROCESO**

Temperatura	26.1 °C	26.1 °C	26.1 °C	26.1 °C	26.1 °C	26.1 °C
Ph	7.1	7.1	7.1	7.1	7.1	7.1
Dureza	70 ppm	70 ppm	70 ppm	70 ppm	70 ppm	70 ppm

**III- SELECCIÓN / LIMPIEZA DE MATERIA PRIMA**

Hora de Inicio	NO SE LIMPIO	NO SE LIMPIO	08:20 a.m.	08:40 a.m.	08:15 a.m.	09:00 a.m.
Hora de Fin			11:20 a.m.	10:55 a.m.	11:00 a.m.	12:30 p.m.
Duración			3 hrs	2 hrs 15 min	2 hrs 45 min	2 hrs 30 min
Peso de maleza retirada - Kgs			14	13.7	16.8	11.8

**IV- PREPARACION MATERIA PRIMA - CONTROL DE PESO - COLOCACIÓN EN TINA DE LIXIVIADO**

Material fue	Cortado por mitad	Cortado 3 partes	Picado	Picado	Cortado 4 partes	Cortado 4 partes
Hora de Inicio	09:05 a.m.	11:20 a.m.	12:20 p.m.	11:02 a.m.	11:00 a.m.	01:45 p.m.
Hora de Fin	10:20 a.m.	12:40 p.m.	01:45 p.m.	12:15 p.m.	12:15 p.m.	02:08 p.m.
Duración	1 hr 20 min	1 hr 15 min	1 hr 25 min	1 hr 13 min	1 hr 15 min	23 min
PESO MP [kgs]	90.5	90.5	75.5	79.3	53.6	67.8

**V- LLENADO DE TINA CON AGUA - BOMBA CAUDAL DE 22.2 LITROS POR MINUTO**

Hora de Inicio	10:26 a.m.	01:07 p.m.	01:53 p.m.	12:31 p.m.	01:10 p.m.	02:14 p.m.
Hora de Fin	10:47 a.m.	01:23 p.m.	02:07 p.m.	12:46 p.m.	01:28 p.m.	02:33 p.m.
Duración - min	19	16.5	13.5	15	18	19
Volumen Agua lts	421.8	362	299.7	333	399.6	421.8

**VI- CONTROL DE Ph**

Ph inicial en frío	7.1	7.1	7.1	7.1	7.1	7.1
Ph en frío - sugerido	8.5	8.5	8.5	8.5	-	-
Químico utilizado	Soda Ash	Soda Ash	Soda Ash	Soda Ash	Soda Ash	Soda Ash
Químico - dosificación	150 gms	150 gms	4 gms / Kg biom	4 gms / Kg biom	4 gms / Kg biom	4 gms / Kg biom
Ph ajustado en frío	8.4	7.4	8.5	8.3	8.3	7.5

**VII- PROCESO DE LIXIVIADO**

Hora de Inicio	11:55 a.m.	02:00 p.m.	02:33 p.m.	12:55 p.m.	01:35 p.m.	02:58 p.m.
Hora de Fin	03:55 p.m.	06:00 p.m.	06:33 p.m.	02:00 p.m.	06:05 p.m.	06:58 p.m.
Relación Agua / Biomasa	4.66	4	3.97	4.2	7.46	6.22
Duración - HRS	4	4	4	1 hr 5 min	4.5	4
Temperatura final - °C	62.5	47.5	50.1	ABORTADO	58	46.6

**VIII- CALENTAMIENTO DEL AGUA - INTERCAMBIADOR DE CALOR**

Encendido de flama	11:55 a.m.	02:00 p.m.	02:33 p.m.	01:00 p.m.	01:36 p.m.	02:58 p.m.
Apagado de flama	01:25 p.m.	02:52 p.m.	03:06 p.m.	02:00 p.m.	03:16 p.m.	04:17 p.m.
Temperatura máxima - °C	65.0	60	65	35	65	66
Tiempo para lograrla: hrs - min	1 hr	1 hr	0 hrs 33 min	ABORTADO	2 hrs 40 min	1 hr 19 min





Consultoría A21a  
**“DISEÑO Y PUESTA EN MARCHA DE UNA PLANTA AGROINDUSTRIAL  
 PILOTO PARA EL PROCESAMIENTO DEL AÑIL”**

**REGISTRO DE PRUEBAS REALIZADAS EN PLANTA PILOTO PARA BENEFICIADO DEL AÑIL**

Prueba #	1	2	3	4	5	6
Día	Viernes	Sábado	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
Fecha	Sept 10, 2004	Sept 11, 2004	Sept 14, 2004	Sept 15, 2004	Sept 16, 2004	Sept 17, 2004

**IX- PERIODO DE REPOSO (BIOMASA / AGUA)**

Hora de Inicio						07:00 p.m.
Cambio de Fecha						Sept 18, 2004
Hora de Fin						08:15 a.m.
Duración - min						11 hrs 15 min

Muestra tomada a 1:36 pm  
 NO HAY PRESENCIA DE  
 TINTA proceso se  
 ABORTADO Temp 39°C, Ph  
 9

**X- TRANSFERENCIA DE AGUA DE TINA DE LIXIVIADO A TANQUE DE ALMACENAMIENTO TEMPORAL**

Hora de Inicio	04:10 p.m.	06:10 p.m.	06:35 p.m.		06:10 p.m.	09:02 a.m.
Hora de Fin	04:35 p.m.	06:27 p.m.	06:55 p.m.		06:50 p.m.	09:30 a.m.
Duración - min	25	17	15		40	28

**XI- DESCARGA DE BIOMASA DE TINA DE LIXIVIADO - LAVADO DE TINA**

Hora de Inicio	04:45 p.m.	06:40 p.m.	06:56 p.m.		06:55 p.m.	09:45 a.m.
Hora de Fin	05:20 p.m.	07:05 p.m.	07:11 p.m.		07:05 p.m.	10:10 a.m.
Duración - min	35	25	10		10	25

**XII- TRANSFERENCIA DE AGUA DE TANQUE DE ALMACENAMIENTO TEMPORAL A TINA DE AIREADO**

Hora de Inicio	05:28 p.m.	07:06 p.m.	07:07 p.m.		07:15 p.m.	10:29
Hora de Fin	05:55 p.m.	07:23 p.m.	07:22 p.m.		07:48 p.m.	11:00
Duración - min	27	17	15		33	31

**XIII- AIREADO**

Temperatura del agua - °C	54.5	49.3	48.0		50.4	42.7
Temperatura máxima recomendada - °C	50.0	50.0	50.0		50.0	50.0
Ph del agua de Lixiviado	7.6	6.9	7.8		7.8	6.6
Ph sugerido - Agua de Lixiviado	7.5	7.5	7.5		7.5	7.5
Hora de Inicio	06:50 p.m.	07:40 p.m.	07:32 p.m.		08:00 p.m.	12:20 p.m.
Hora de Fin	07:35 p.m.	08:10 p.m.	07:42 p.m.		08:25 p.m.	01:50 p.m.
Duración - min	45	30	ABORTADO		25	1 hr 30 min

**XIV- SEDIMENTADO**

Floculante utilizado	Ninguno	Akumbe			ninguno	Cal
Floculante - dosificación		20 gms				84 gms
Hora de Inicio	07:40 p.m.	08:20 p.m.			08:30 p.m.	04:35 p.m.
Cambio de Fecha	Sept 11, 2004	Sept 12, 2004			Sept 17, 2004	Sept 19, 2004
Hora de Fin	08:00 a.m.	10:00 a.m.			09:00 a.m.	08:10 a.m.
Duración - HRS / min	11 hrs 20 min	13 hrs 40 min			12 hrs 30 min	15 hrs 35 min
Temperatura del agua - °C	43.2					
Ph	7.4					
Observaciones	"Por las condiciones del agua en el visor" No es posible decir si hay o no hay precipitación"	igual al anterior	Es el aireado NO se produjo colorante - Proceso ABORTADO	Muestra tomada a 1:36 pm NO HAY PRESENCIA DE TINTA se suspende proceso. Temp 39°C, Ph 9	No se ve corte - se ve que hay mucha tinta en el agua	No se ve corte - se ve que hay mucha tinta en el agua

**XV- FILTRADO**

Hora de Inicio	08:55 a.m.	11:10 a.m.			09:00 a.m.	08:45 a.m.
Hora de Fin	11:40 a.m.	12:35 p.m.			02:00 p.m.	12:40 p.m.
Duración: hrs - min	2 hrs 45 min	1 hr 25 min			5 hrs	3 hrs 55 min





Consultoría A21a  
 "DISEÑO Y PUESTA EN MARCHA DE UNA PLANTA AGROINDUSTRIAL  
 PILOTO PARA EL PROCESAMIENTO DEL AÑIL"

**REGISTRO DE PRUEBAS REALIZADAS EN PLANTA PILOTO PARA BENEFICIADO DEL AÑIL**

Prueba #	1	2	3	4	5	6
Día	Viernes	Sábado	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
Fecha	Sept 10, 2004	Sept 11, 2004	Sept 14, 2004	Sept 15, 2004	Sept 16, 2004	Sept 17, 2004

**XVI- VACIADO TINA**

Hora de Inicio	10:11 a.m.	10:55 a.m.			11:43 a.m.	08:12 a.m.
Hora de Fin		11:05 a.m.			12:03 p.m.	08:30 a.m.
Duración - min		10 min			20	18 min

**XVII- SECADO**

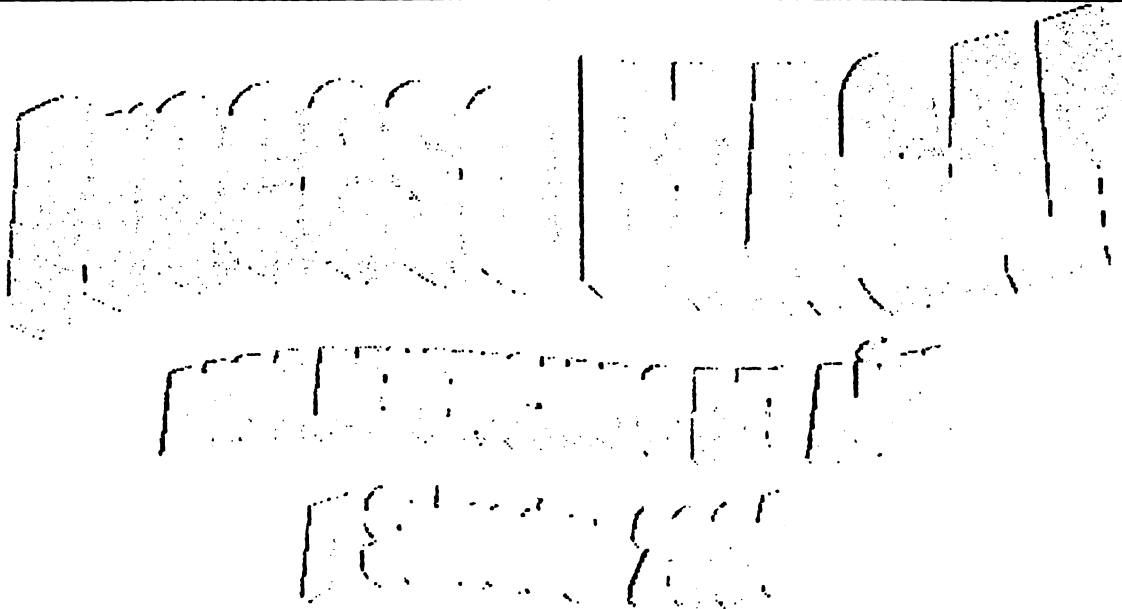
Cambio de Fecha					Sept 18, 2004	
Hora de Inicio	10:47 a.m.	11:43 a.m.			08:20 a.m.	12:55 p.m.
Hora de Fin	07:10 p.m.	02:51 p.m.			05:12 p.m.	04:52 p.m.
Duración: hrs - min	8 hrs 23 min	3 hrs 8 min			8 hrs 52 min	3 hrs 57 min

**XVIII- MOLIDO**

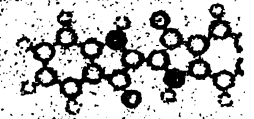
Cambio de Fecha		Sept 12, 2004			Sept 19, 2004	
Hora de Inicio	01:39 p.m.	03:30 p.m.			10:50 a.m.	05:10 p.m.
Hora de Fin	01:55 p.m.	03:55 p.m.			11:15 a.m.	05:38 p.m.
Duración - min	16 min	25 min			25	28
PESO DEL COLORANTE [Kg]	108.0	51.7			80.6	136.9

**XIX- INDICADORES [VARIABLES DEPENDIENTES]**

Rendimiento bruto [Kg. de colorante/TM biomasa]	1.193	0.571			1.504	2.019
Pureza del Colorante [% indigotina]	47.80%	43.80%			58.60%	
Rendimiento Neto [Kg. de col. x % pureza / TM de biomasa]	0.57	0.25			0.881	0
Eficiencia del proceso [Rend. Neto / Rend. teórico]	31.67%	13.89%			48.94%	0.00%







Consultoría A21a

“DISEÑO Y PUESTA EN MARCHA DE UNA PLANTA AGROINDUSTRIAL  
PILOTO PARA EL PROCESAMIENTO DEL AÑIL”

## CALCULOS DE CONVERSION DE % PUREZA BASE HUMEDA A % PUREZA BASE SECA

$$\frac{P_{ind}}{P_H} \times 100 = \%Pureza(BaseHumeda) \quad [1]$$

$$\frac{P_H - P_s}{P_s} \times 100 = \%H \quad [2]$$

$$P_H = P_s (1 + \%H/100) \quad [3]$$

Sustituyendo (3) en (1)

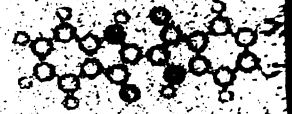
$$\frac{P_{ind}}{P_s \left(1 + \frac{\%H}{100}\right)} \times 100 = \%Pureza(baseHúmeda) \quad [4]$$

$$\frac{P_{ind}}{P_s} \times 100 = \%Pureza(baseHúmeda) \times \left(1 + \frac{\%H}{100}\right) \quad [5]$$

$$\frac{P_{ind}}{P_s} \times 100 = \%Pureza(baseSeca) \quad [6]$$







Consultoría A21a  
 "DISEÑO Y PUESTA EN MARCHA DE UNA PLANTA AGROINDUSTRIAL  
 PILOTO PARA EL PROCESAMIENTO DEL AÑIL"

Sustituyendo en (5) los valores dados en el análisis de la muestra correspondiente a la corrida # 5:

% Indigotina – Base Húmeda = 58.6%

% Humedad = 6.1%

$$\frac{P_{ind}}{P_s} \times 100 = 58.6 \times \left( 1 + \frac{6.1}{100} \right)$$

$$\frac{P_{ind}}{P_s} \times 100 = 58.6(1.061)$$

$$\frac{P_{ind}}{P_s} \times 100 = 62.2\%$$

Donde:

$P_{ind}$  = Peso indigotina

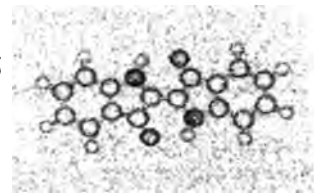
$P_H$  = Peso colorante tal como se presenta, es decir incluyendo su humedad.

$P_s$  = Peso colorante completamente seco.

H = Humedad.

**NOTA ACLARATORIA:** Dentro del campo de la técnica de laboratorio químico, la pureza de un material debe solicitarse y reportarse sobre base seca. Determinar el porcentaje de pureza de una muestra sobre base húmeda sin conocer la humedad del material, carece de significado al momento de comparar dos muestras debido a que la humedad NO se considera como una impureza.





ANEXOS 13, 14 Y 15  
RESULTADOS DE  
ANÁLISIS DE LABORATORIO

13 PUREZA (% INDIGOTINA)

14 HUMEDAD

15 CENIZA





# Laboratorios Especializados en Control de Calidad

ESEBESA S.A. DE C.V.

Inscrito en el Consejo Superior de Salud Pública bajo el Número 357  
Calle San Antonio Abad 1965, San Salvador, El Salvador, C. A.  
Tels.: 226-5223 • 226-7042 • 235-4836 • Fax: (503) 226-5223  
E-mail: lablecc@telesal.net

## INFORME DE ANÁLISIS

NOMBRE DE LA MUESTRA:	AÑIL VARIEDAD GUATEMALENCE CORRIDA # 5	CONTROL:	28,433
FORMA FARMACÉUTICA:	Materia Prima	LOTE:	--
PROCEDENCIA:	Sr. Eduardo Blandón	F. FABRICACIÓN:	--
REFERENCIA:	Técnica Remitida por GTZ.	F. VENCIMIENTO:	--
DESCRIPCIÓN:	Polvo de color azul.	FECHA ANÁLISIS:	22/09/04
		FECHA EMISIÓN:	23/09/04

## RESULTADOS

DETERMINACIÓN	RESULTADO	LÍMITE	MÉTODO
Identificación	Conforme		
Contenido de Indigotina	58.6%		Espectrofotométrico

OBSERVACIONES: El informe corresponde a la muestra remitida y ensayada

  
Dra. Elizabeth Banegas de Salazar  
Director Técnico

Fecha de ingreso: 21/09/04  
Pág. 1 de 1

**Dra. ELIZABETH BANEGAS DE SALAZAR**  
QUÍMICO FARMACÉUTICO  
Insc. J. V. P. O. F. No. 427

REPUBLICA DE EL SALV.  
C. S. S. P.  
LABORATORIOS ESPECIALIZADOS EN  
CONTROL DE CALIDAD  
No. de Inscripción 357  
Prop. ESEBESA, S.A. DE C.V.  
San Salvador, Depto. San Salvador





# Laboratorios Especializados en Control de Calidad

## ESEBESA S.A. DE C.V.

Inscrito en el Consejo Superior de Salud Pública bajo el Número 357  
 Calle San Antonio Abad 1965, San Salvador, El Salvador, C. A.  
 Tels.: 226-5223 • 226-7042 • 235-4836 • Fax: (503) 226-5223  
 E-mail: lablecc@teleşal.net

### INFORME DE ANÁLISIS

NOMBRE DE LA MUESTRA:	AÑIL VARIEDAD GUATEMALENCE CORRIDA # 5	CONTROL:	28433-1
FORMA FARMACÉUTICA:	Materia Prima	LOTE:	--
PROCEDENCIA:	Sr. Eduardo Blandón	F. FABRICACIÓN:	--
REFERENCIA:	Técnica Remitida por GTZ.	F. VENCIMIENTO:	--
DESCRIPCIÓN:	Polvo de color azul.	FECHA ANÁLISIS:	01/10/04
		FECHA EMISIÓN:	04/10/04

### RESULTADOS

DETERMINACIÓN	RESULTADO	LÍMITE	MÉTODO
Humedad	6.1%		Karl Fischer

OBSERVACIONES: El informe corresponde a la muestra remitida y ensayada

Fecha de ingreso: 21/09/04  
 Pág. 1 de 1

  
 Lic. Alma Jeanethe Mina Lara  
 Químico Farmacéutico.

ALMA JEANETHE MINA LARA  
 QUÍMICO FARMACÉUTICO  
 INSC. J. V. F. D. P. No. 1004

REPUBLICA DE EL SALVADOR  
 C. S. S. P.  
 LABORATORIOS ESPECIALIZADOS EN  
 CONTROL DE CALIDAD  
 No. de Inscripción 357  
 Prop. ESEBESA, S.A. DE C.V.  
 San Salvador, Depto. San Salvador







# Laboratorios Especializados en Control de Calidad

ESEBESA S.A. DE C.V.

Inscrito en el Consejo Superior de Salud Pública bajo el Número 357  
Calle San Antonio Abad 1965, San Salvador, El Salvador, C. A.  
Tels.: 226-5223 • 226-7042 • 235-4836 • Fax: (503) 226-5223  
E-mail: tablecc@telesal.net

## INFORME DE ANÁLISIS

NOMBRE DE LA MUESTRA:	AÑIL VARIEDAD GUATEMALENCE CORRIDA # 5	CONTROL:	28433-2
FORMA FARMACÉUTICA:	Materia Prima	LOTE:	--
PROCEDENCIA:	Sr. Eduardo Blandón	F. FABRICACIÓN:	--
REFERENCIA:	Técnica Remitida por GTZ.	F. VENCIMIENTO:	--
DESCRIPCIÓN:	Polvo de color azul.	FECHA ANÁLISIS:	08/10/04
		FECHA EMISIÓN:	11/10/04

## RESULTADOS

DETERMINACIÓN	RESULTADO	LÍMITE	MÉTODO
Cenizas Totales	12.1%		---

OBSERVACIONES: El informe corresponde a la muestra remitida y ensayada

Lic. Alma Jeanethe Mina Lara  
Químico Farmacéutico.

Fecha de ingreso: 21/09/04  
Pág. 1 de 1

**Lic. ALMA JEANETHE MINA LARA**  
QUÍMICO FARMACÉUTICO  
Insc. J. V. P. Q. F. No. 1004

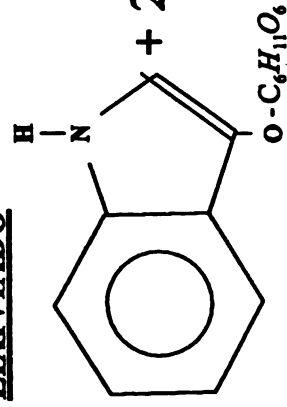
REPUBLICA DE EL SALVADOR  
C. S. S. P.  
LABORATORIOS ESPECIALIZADOS EN  
CONTROL DE CALIDAD  
No. de inscripción 357  
Prop. ESEBESA, S.A. DE C.V.  
San Salvador, Depto. San Salvador





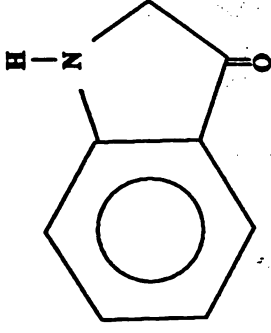
## QUIMICA DEL AÑIL

### LIXIVIADO



**INDICAN**  
 $C_{14}H_{17}NO_6$   
295.28 grs/mol

ENZIMA(S)



**INDOXIL**  
 $C_8H_7NO$   
135.17 grs/mol

Glucosa      Oxígeno

No puede afirmarse con plena seguridad, si la reacción expuesta ocurre dentro o fuera de los tejidos de la planta durante el lixiviado, el criterio de los consultores sugiere que se verifica dentro de los tejidos de la planta.

Desde el punto de vista químico, se clasifica como: a) reducción, hay pérdida de oxígeno por parte de la molécula de indican, b) irreversible, espontáneamente ocurre en un solo sentido, c) hidrolítica, hay separación de glucosa con intervención del agua. En relación sobre su naturaleza, las fuentes consultadas<sup>1</sup> nos informan que el indicán puede reaccionar y transformarse en indoxil por los ácidos y ciertas enzimas, demostrando con el presente trabajo que las enzimas responsables, en todo caso, están dentro de la planta y no fuera de ella y menos aportadas por los microorganismos del ambiente mediante el proceso de fermentación.

<sup>1</sup> The Merk Index, *Encyclopedia of Chemicals and Drugs*, Ninth edition, N.J., U.S.A.: Merk & Co., Inc., 1978. pag. 654

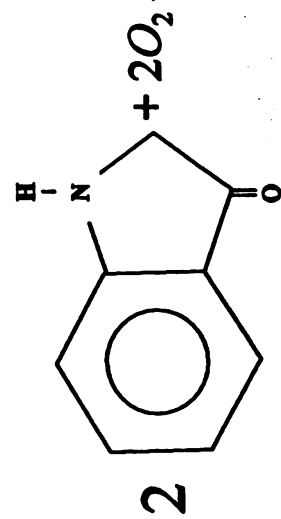


Consultoría A21a  
"DISEÑO Y PUESTA EN MARCHA DE UNA PLANTA AGROINDUSTRIAL  
PILOTO PARA EL PROCESAMIENTO DEL AÑIL"

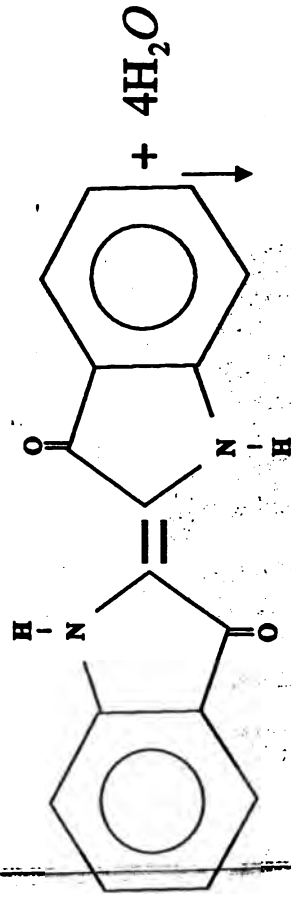
ANEXO # 16



AIREADO U OXIGENACIÓN



INDOXIL  
2 C<sub>8</sub>H<sub>7</sub>NO



INDIGOTINA  
C<sub>16</sub>H<sub>10</sub>N<sub>2</sub>O<sub>2</sub>  
262.26 grs / mol

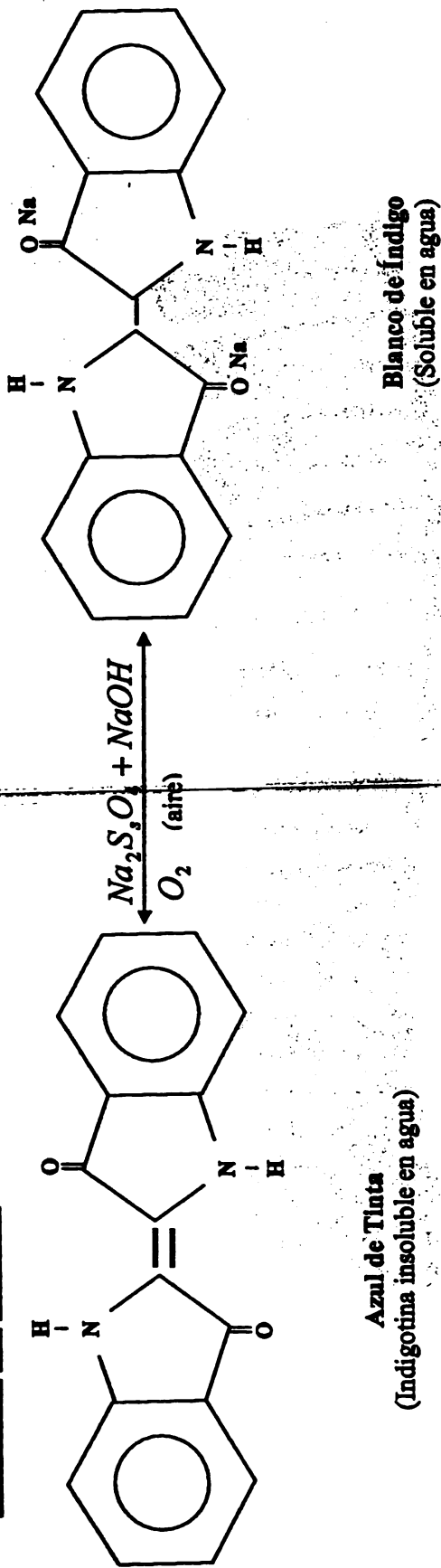
Agua

Sobre esta reacción, si hay completa certeza que ocurre fuera de los tejidos de la planta, la evidencia empírica lo comprueba. Se clasifica como: a) una oxidación, debido a que se incorpora oxígeno a la molécula del indoxil, b) una polimerización, debido a que se unen dos moléculas de indoxil para formar una molécula de indigotina y c) una condensación, debido a que como consecuencia de dicha unión se libera agua.



"DISEÑO Y PUESTA EN MARCHA DE UNA PLANTA AGROINDUSTRIAL  
PILOTO PARA EL PROCESAMIENTO DEL ANIL"

TINCIÓN DE FIBRAS



La discusión sobre esta reacción cae fuera de los límites de este trabajo su representación es para ilustrar el cambio de estructura química en el blanco de indigo, señalándonos de manera inequívoca que el grupo cromóforo de la indigotina o azul de tina es el doble enlace **-C=C-** que une ambos radicales de indoxil, el cual desaparece en el blanco de indigo.







Consultoría A21a  
 "DISEÑO Y PUESTA EN MARCHA DE UNA PLANTA AGROINDUSTRIAL  
 PILOTO PARA EL PROCESAMIENTO DEL AÑIL"

## ESTEQUIOMETRÍA

La estequiometría, entendida como la rama de la matemática química que estudia las relaciones de peso determinadas por las fórmulas y ecuaciones químicas, tiene su importancia en el procesamiento del añil, pues relacionando el porcentaje de indican en la biomasa, podemos calcular con precisión cuanta indigotina puede esperarse si el proceso fuese hipotéticamente 100% eficiente y de esta manera calcular lo que los consultores han dado en llamar la Eficiencia del Proceso.

En términos generales, el productor no sabe cuanto indican está presente en cada lote de la planta a procesar, ello sería impráctico, además de oneroso; sin embargo, se puede asumir como patrón el promedio dado por las fuentes consultadas, las cuales dan como dato: que el indican presente en las hojas, es en promedio de 32.3 micromoles sobre gramo de tejido de hojas\*. Este dato tal como está reportado solo pueden entenderlo las personas que tengan formación básica en ciencias químicas, para traducirlo a términos sencillos efectuamos la cadena de conversiones siguiente:

**$32.3 \mu\text{mol indican} / \text{gr hojas frescas} \times \text{mol}/10^6 \mu\text{mol} \times \text{mol indigotina} / 2 \text{ moles indican} \times 0.26226 \text{ Kg indigotina} / \text{mol indigotina} \times 10^6 \text{ grs} / \text{TM} = 4.235 \text{ Kg. de indigotina } 100\% \text{ pura} / \text{TM de hojas frescas.}$**

Teóricamente no podemos producir o extraer mas indigotina, a menos que partamos de un material con mas de 32.3  $\mu\text{mol}$  de indican / gr. de biomasa de hojas frescas.

Simplificando los cálculos:

$$32.3 (13.113 \times 10^{-2}) = 4.235 \text{ Kg. de indigotina } 100\% \text{ pura} / \text{TM de hojas frescas}$$

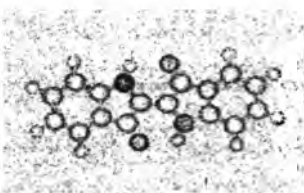
Si consideramos que el peso de las hojas solo representa el 42.5 %<sup>†</sup> de la planta entera entonces:

$$32.3 (5.573025 \times 10^{-2}) = 1.800 \text{ Kg. de indigotina } 100\% \text{ pura} / \text{TM de planta completa}$$

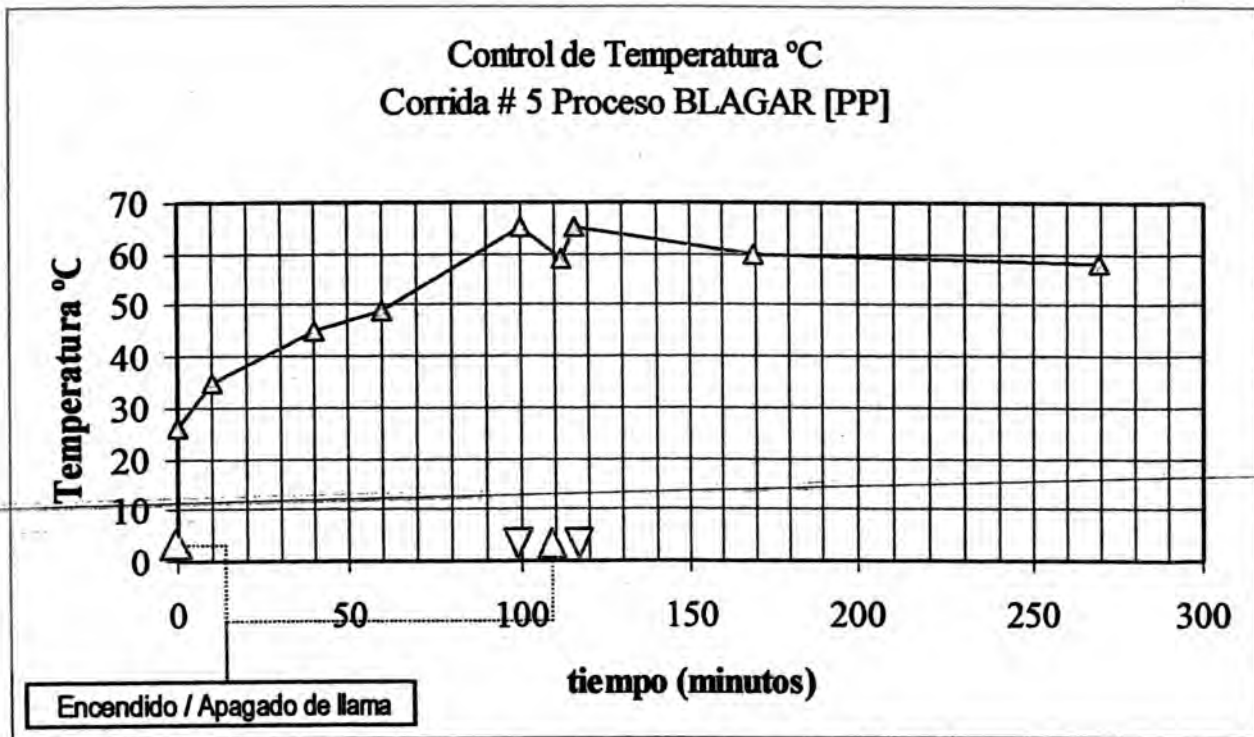
\* José Zuleta y otros, Diseño de Ingeniería de una Planta Piloto para el Procesamiento de Añil. (Consultoría; San Salvador: IICA, 2004) p. 14

† Ibid., p. 12



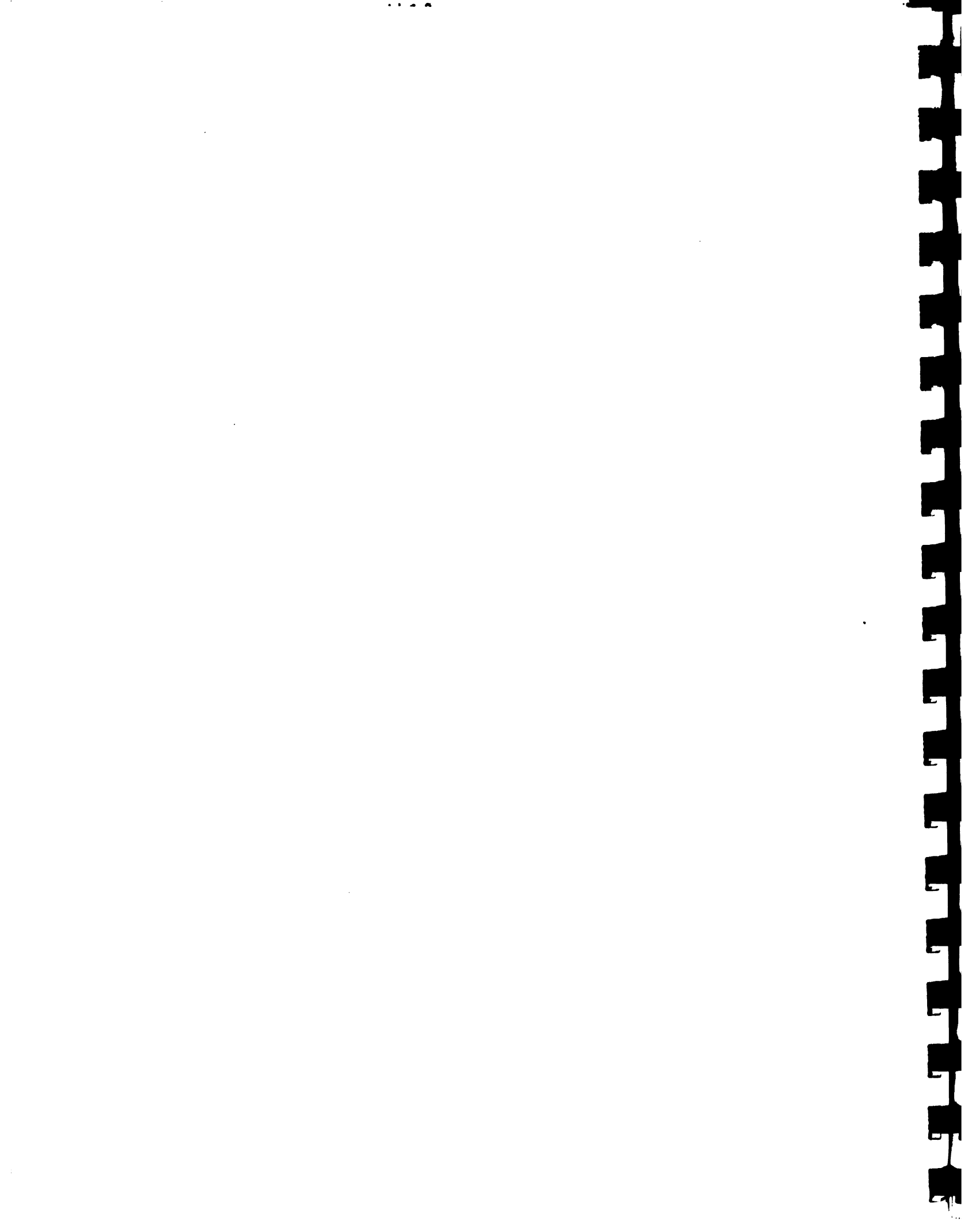


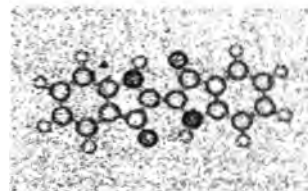
## LIXIVIADO - Ciclo de Calentamiento



El gráfico de control de temperatura ilustra fielmente el manejo de esta importante variable según los pasos previos siguientes:

- Teniendo la tina cargada con la biomasa del añil y el agua, se procede a conectar hidráulicamente la bomba de reciclo, a la tina de lixiviado y al intercambiador de calor.
- Encender la bomba y se inicia el reciclo del líquido en frío.
- Encender el quemador del intercambiador con la debida precaución, la regla de hora a seguir para el manejo de estos equipos consiste: a) cerciorarse que no hay fugas de gas y que todas las válvulas están cerradas, b) cerrar la válvula de admisión y control de aire del quemador, c) encender primero la llama piloto que puede ser la de un encendedor apropiado antes de abrir

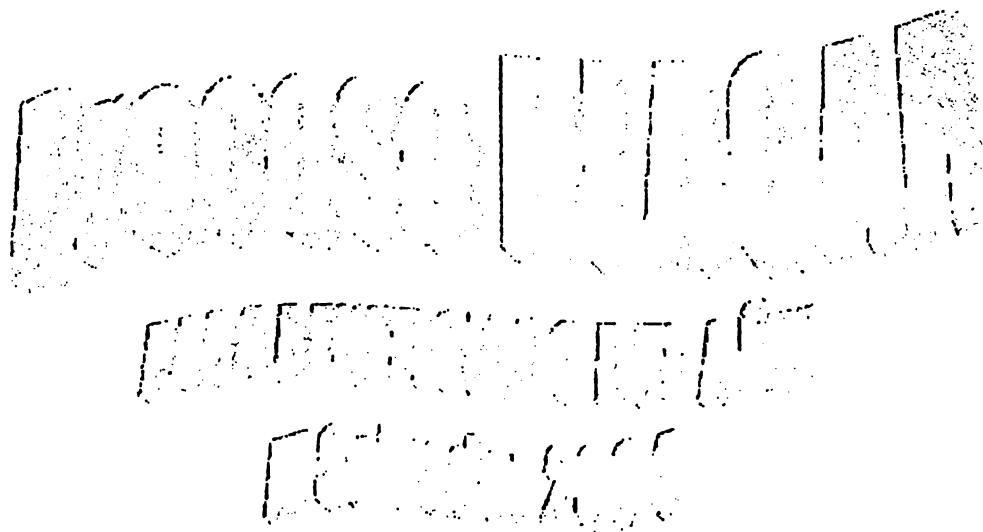




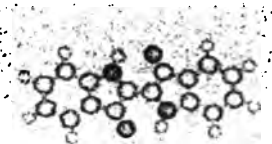
Consultoría A21a  
"DISEÑO Y PUESTA EN MARCHA DE UNA PLANTA AGROINDUSTRIAL  
PILOTO PARA EL PROCESAMIENTO DEL AÑIL"

lentamente la válvula de paso del gas; y e) regular la entrada de aire hasta que la llama se torne azul, indicación que el quemador esta trabajando eficientemente con poca o ninguna formación de hollín.

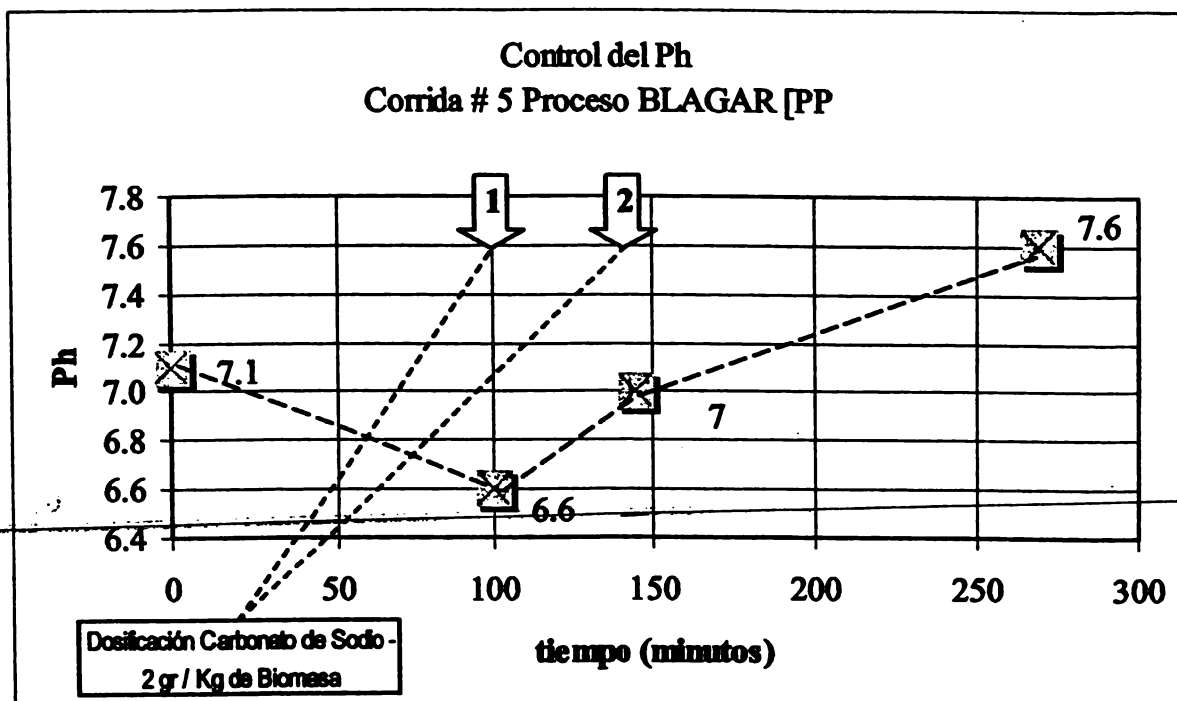
Se inicia la operación con una temperatura del liquido de 26 °C, se prosigue el calentamiento con suave pendiente hasta alcanzar los 65 °C en aproximadamente cien minutos de haber comenzado, este lapso es conveniente mantenerlo dentro de un rango entre los cien y los ciento veinticinco minutos, en este momento se apaga el quemador, se enciende nuevamente cuando la temperatura ha decaído a 59 °C, seguidamente se vuelve a apagar el quemador al momento de alcanzar por segunda vez los 65 °C. No se vuelve encender el quemador hasta terminar el ciclo en aproximadamente 270 minutos equivalente a cuatro horas y media, el principal objetivo de esta medida es ahorrar combustible, en la practica se observa que la temperatura se mantiene dentro de un rango aceptable en nuestro caso solo bajo 7 grados centígrados en un lapso de casi tres horas.



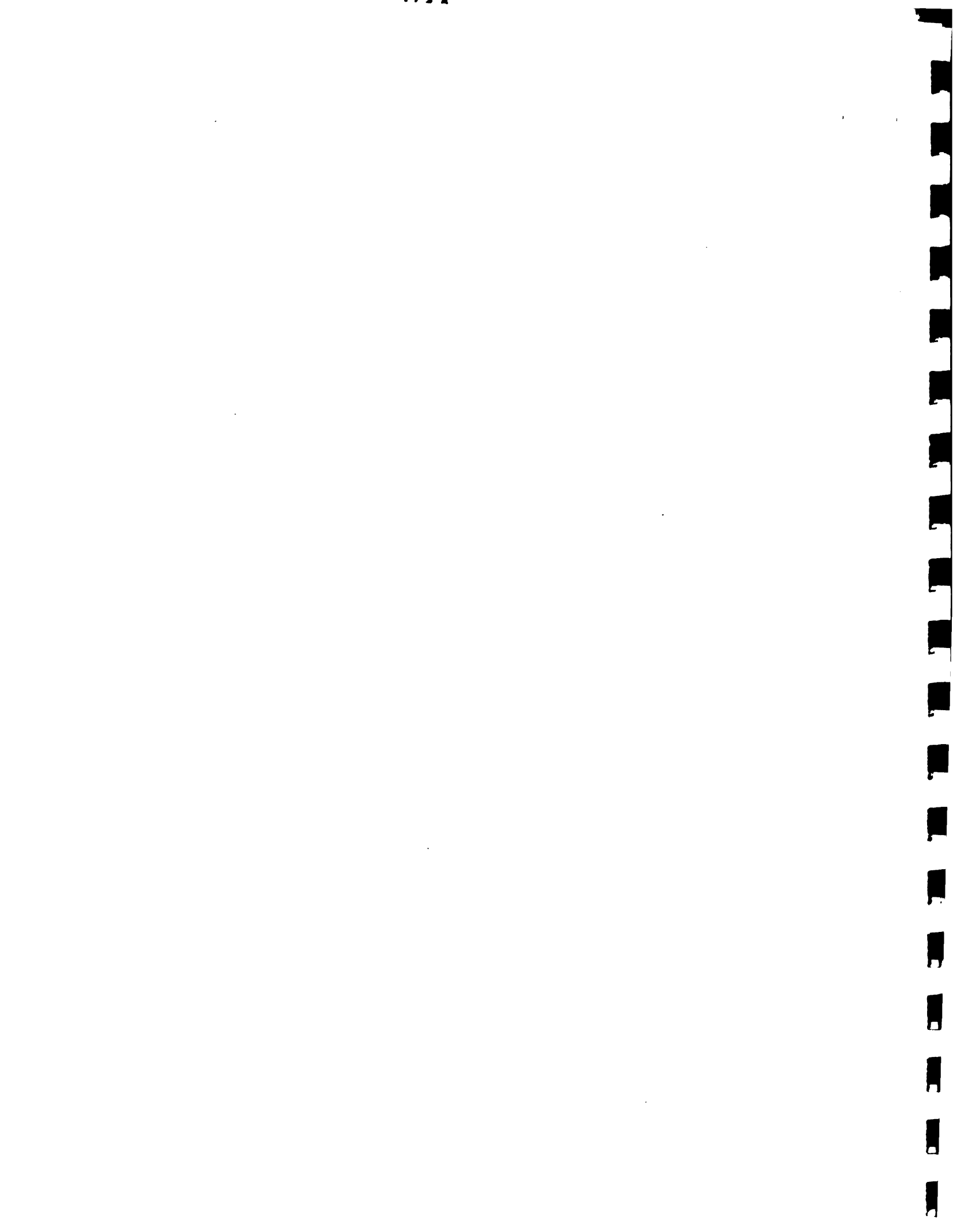




## LIXIVIADO - Control del pH



El gráfico del control del pH, al igual que el anterior, pretende facilitar al operador el manejo de esta otra variable importante. Lo primero que debemos saber es que dicho control no es tan práctico como el de la temperatura, fácilmente podemos sobrepasar el valor recomendado (PH 8.5), en nuestro caso preferimos actuar con cautela y estar debajo de ese valor que sobrepasarlo. La sustancia escogida para subir el pH fue el carbonato de sodio, también conocido como soda ash, la razón de usar este químico y no el hidróxido de sodio o soda cáustica es su fácil manejo y menor probabilidad de accidentes provocados por quemaduras, aclaramos que el carbonato se dosificó en dos ocasiones a razón de 2 grs./Kg. de biomasa y bajo la forma de una solución acuosa de aproximadamente 10% en peso, esto último no es una proporción crítica.





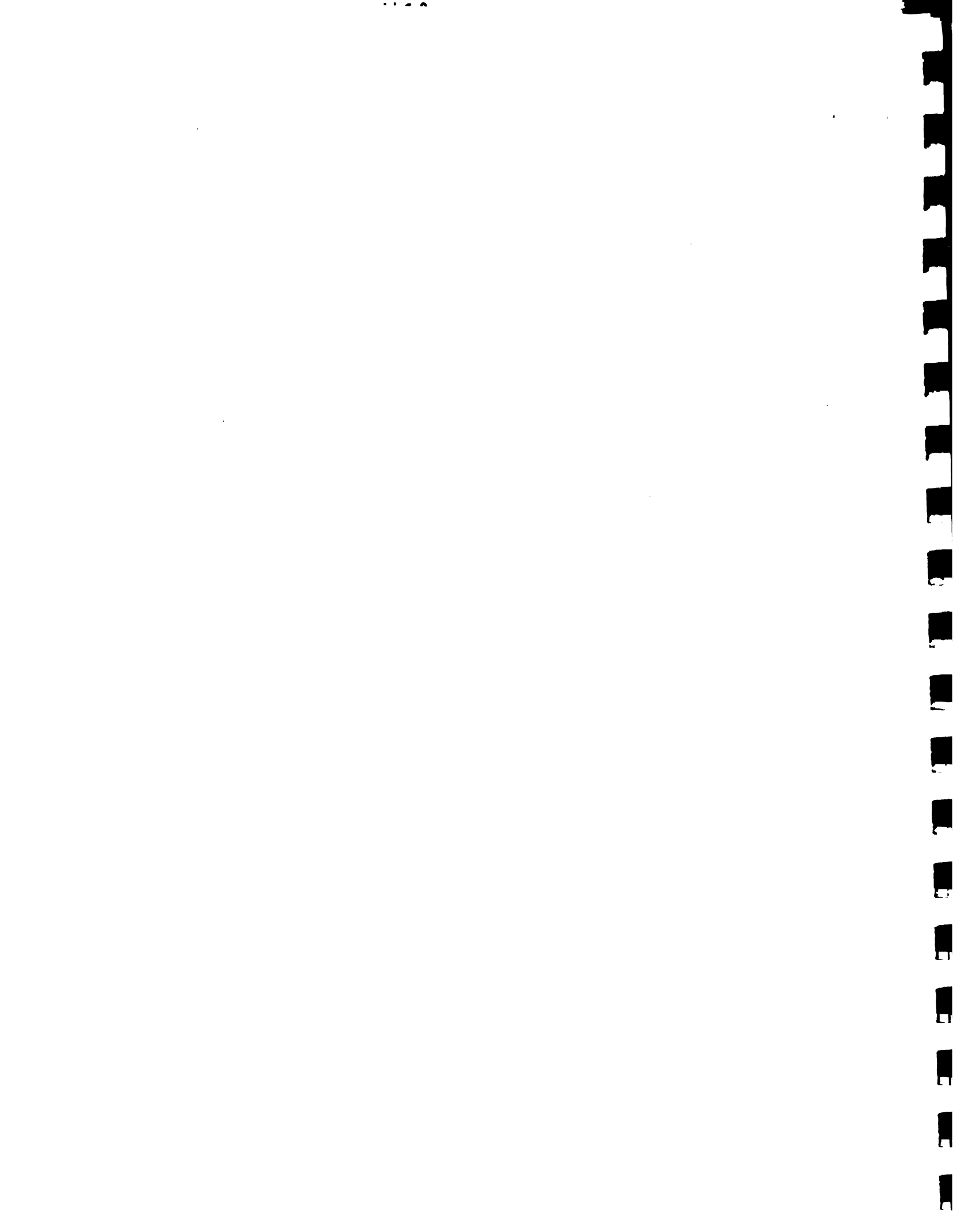


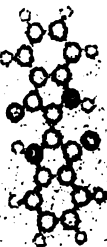
## Consultoría A21a

**“DISEÑO Y PUESTA EN MARCHA DE UNA PLANTA AGROINDUSTRIAL  
PILOTO PARA EL PROCESAMIENTO DEL AÑIL”**

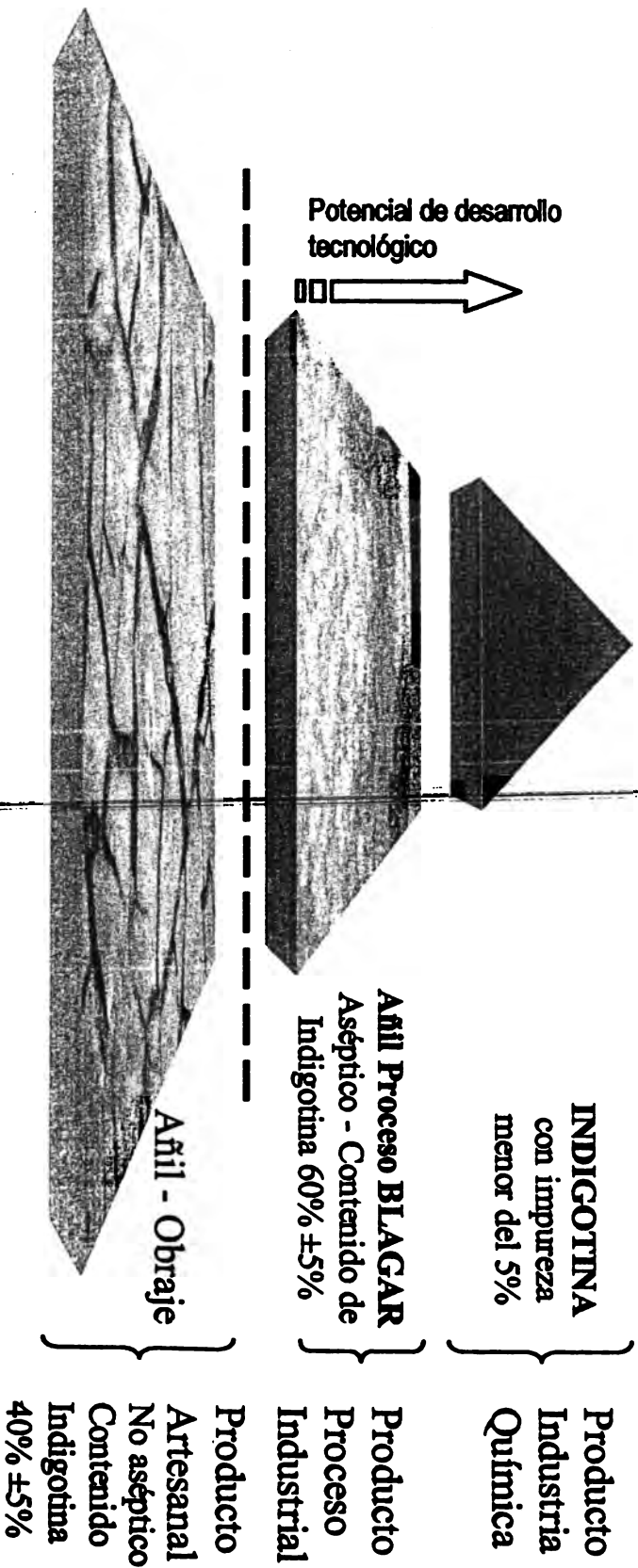
Es criterio de los consultores, que si la reacción de conversión del indicán a indoxil ocurre dentro del tejido de la planta poco o nada contribuye subir el pH, para influir en esa reacción; sin embargo, creemos que el carbonato de sodio o cualquier otro cáustico como el hidróxido de sodio o de potasio tienen la particularidad de saponificar las ceras presentes en superficie de las hojas y de ahí su utilidad para hacer permeable los tejidos, pero esa permeabilidad es mejor obtenerla cuando el indicán haya sido totalmente desdoblado a indoxil y de esa conjetura surgió la idea de agregar el carbonato luego de haber pasado al menos una hora con cuarenta minutos de haber iniciado la operación del lixiviado. La segunda dosificación se efectuó cuarenta y cinco minutos después en vista de no haberse alcanzado con la primera el valor previsto; no obstante, haberlo previamente determinado en ensayo a pequeña escala con la salvedad que este se hizo en frío. El pH final no alcanzó el valor esperado, a pesar de una segunda dosificación de carbonato, sin embargo creemos que el objetivo se logró y la extracción fue muy buena, considerando que el bajo rendimiento final obedeció a otras causas ya ampliamente discutidas.

Dejamos al criterio de futuros operadores la decisión de ensayar una tercera dosificación, en la misma proporción, media hora después de la segunda para obtener un valor final de pH más cercano al recomendado.





# Productos y Calidades de los Productos



Handwritten notes at the top of the page, possibly a title or introductory text.

# Handwritten title or main heading, possibly 'Introduction to...' or 'The History of...'



Handwritten text label positioned below the first shape in the diagram.

Handwritten text label positioned below the second shape in the diagram.

Handwritten text label positioned below the third shape in the diagram.

Handwritten text label at the bottom left, possibly a date or page number.

Handwritten text label at the bottom middle, possibly a name or subject.

Handwritten text label at the bottom right, possibly a name or subject.

Handwritten notes at the bottom of the page, possibly a conclusion or additional information.