



**“ANÁLISIS DE VIABILIDAD TÉCNICO - ECONÓMICA PARA LA
FABRICACIÓN DE DIÓXIDO DE URANIO UTILIZANDO EL PROCESO
DE DESNITRACIÓN TERMOQUÍMICA”**

**CARRERA: ESPECIALIZACIÓN EN REACTORES NUCLEARES
Y SU CICLO DE COMBUSTIBLE**

Alumna: Mariana Luz ZAMORA
Director: Afra FERNANDEZ ZUVICH
Co-Director: Norberto COPPARI

Noviembre 2023

Resumen

El cambio climático requiere atención urgentemente y la Energía Nuclear es una de las herramientas para mitigar esta situación. Debido a su bajo costo de operación y mantenimiento, como así también su versatilidad de aplicación y localización, las Centrales Nucleares resultan una excelente alternativa para alcanzar la descarbonización de la matriz energética.

Actualmente, los procesos de fabricación de combustibles de reactores de uranio natural y agua pesada, utilizados en el mundo, son vía Diuranato de Amonio (ADU) y Uranil Carbonato de Amonio (AUC), siendo este último el utilizado en el Ciclo de Combustible Nuclear en Argentina.

Un reciente método de síntesis descubierto, llamado "Desnitración Termoquímica (DTQ)" permite obtener, entre otros, dióxido de uranio (UO_2) nanoestructurado, utilizado como materia prima para combustibles nucleares. La DTQ aparece como un método innovador con parámetros como baja temperatura, en aire y a presión atmosférica, y realizable en un único paso, por lo que son esperables mejoras en la operación y ventajas económicas con respecto a los métodos tradicionales.

El objetivo de este Proyecto Final de graduación es una Evaluación Económica y comparativa de las inversiones y costos para los métodos AUC y DTQ a los fines de determinar la factibilidad económica para el proceso DTQ en escala industrial.

Debido a los resultados positivos obtenidos en este trabajo, son aconsejables futuros estudios con cambio de escala (laboratorio y planta piloto), primero para validar variables de proceso en las diferentes etapas mencionadas (factibilidad técnica y operacional) y segundo, para mejorar las estimaciones del flujo de fondos y de los indicadores.

Abstract

Climate change requires an urgent approach and Nuclear Energy is one of the tools to mitigate this situation. Due to their low operation and maintenance cost, as well as the great versatility of application and sitting, Nuclear Power Plants are an excellent alternative to achieve the energy matrix decarbonization.

Nowadays, the fuel manufacturing processes for natural uranium and heavy water reactors, used in the world, are via Ammonium Diuranate (ADU) and Ammonium Uranyl Carbonate (AUC), the latter being the one used in the Nuclear Fuel Cycle. in Argentina.

A recent discovered synthesis method called "Thermochemical Denitration (TCD)" allows obtaining uranium oxides (UO_2) nanostructured, used as raw material for nuclear fuels. TCD appears as an innovative method with parameters like low-temperature, air and atmospheric pressure in a single step. Improvements in operation and economic advantages over traditional methods are expected.

The objective of this final graduation work is an Economic Evaluation and comparison of the investments, costs for AUC and TCD methods in order to analyse and determinate the economic feasibility for the TCD process on an industrial scale.

Due to obtained positive results of the present work, studies would be advisable in the future with upgrade scale (laboratory and pilot plant), first, to validate process variables in different stages mentioned (technical and operational feasibility) and second, to improve estimated cashflow and indicators accuracy.

Índice

1. INTRODUCCIÓN.....	9
2. ANTECEDENTES.....	11
3. OBJETIVO.....	13
4. DIAGRAMA DE BLOQUES DE LOS PROCESOS.....	15
4.1. Síntesis Vía AUC.....	15
4.2. Síntesis Vía DTQ.....	17
5. DESCRIPCIÓN PLANTA DIOXITEK.....	19
6. ESTIMACIÓN DE LOS COSTOS DE UNA PLANTA.....	27
7. INGENIERÍA CONCEPTUAL.....	31
7.1. Método convencional vía AUC.....	31
7.1.1. Descripción del Proceso y Diagramas de Flujo.....	31
7.2. Método vía DTQ.....	48
7.2.1. Cambio de Escala.....	49
7.2.2. Cronograma de Operación.....	52
7.2.3. Descripción del Proceso y Diagramas de Flujo.....	54
8. EVALUACIÓN ECONÓMICA.....	59
8.1. Introducción.....	59
8.2. Localización.....	64
8.3. Cronograma del proyecto.....	64
8.4. Evaluación económica método AUC.....	66
8.4.1. Costos del Proyecto.....	66
8.4.1.1. Costo de los equipos.....	66
8.4.1.2. Tabla resumen de Costos.....	66
8.4.1.3. Detalle de los Costos Totales.....	70
8.4.2. Inversiones del proyecto.....	81
8.4.2.1. Tabla Resumen de Inversiones.....	81
8.4.2.2. Detalle de las Inversiones.....	83
8.5. Evaluación Económica Método DTQ.....	91
8.5.1. Costos del Proyecto.....	91
8.5.1.1. Costo de los equipos.....	91

8.5.1.2.	Tabla resumen de Costos	91
8.5.1.3.	Detalle de los Costos Totales.....	96
8.5.2.	Inversiones del proyecto.....	104
8.5.2.1.	Tabla Resumen de Inversiones	104
8.5.2.2.	Detalle de las Inversiones	106
9.	INDICADORES ECONÓMICOS	113
9.1.	Método vía AUC	113
9.1.1.	Diagrama de Equilibrio	113
9.1.2.	Relación deuda-capital propio.....	114
9.1.3.	Costo Nivelado de Producción.....	114
9.1.4.	Tasa Interna de Rentabilidad.....	116
9.1.5.	Período de Recuperación de Capital.....	118
9.2.	Método vía DTQ.....	120
9.2.1.	Diagrama de Equilibrio	120
9.2.2.	Relación deuda-capital propio.....	121
9.2.3.	Costo Nivelado de Producción.....	121
9.2.4.	Tasa Interna de Rentabilidad.....	123
9.2.5.	Período de Recuperación de Capital.....	125
10.	ANÁLISIS DE RESULTADOS	127
11.	CONCLUSIONES.....	131
12.	BIBLIOGRAFÍA	133
13.	ANEXO I Especificación de equipos método tradicional AUC	135
14.	ANEXO II Especificación de equipos método DTQ.....	153
15.	ANEXO III Costo de los equipos método tradicional AUC	159
16.	ANEXO III Costo de los equipos método DTQ.....	165

Índice de Figuras

Figura 1.1 Tipos de reactores refrigerados con agua.....	9
Figura 1.2 Reactores instalados en la última década.....	10
Figura 4.1.1 Diagrama de Bloques proceso AUC.....	16
Figura 4.2.1 Diagrama de Bloques proceso DTQ.....	18
Figura 5.1 Diagrama de Bloques planta DIOXITEK.....	24
Figura 5.2 Diagrama de Flujo planta DIOXITEK.....	25
Figura 6.1 Margen de error según estimaciones.....	28
Figura 7.1.1.1 Diagrama de Flujo Sección 1.....	34
Figura 7.1.1.2 Diagrama de Flujo Sección 2.....	36
Figura 7.1.1.3 Diagrama de Flujo Sección 3.....	39
Figura 7.1.1.4 Diagrama de Flujo Sección 4.....	41
Figura 7.1.1.5 Diagrama de Flujo Sección 5.....	43
Figura 7.1.1.6 Diagrama de Flujo Sección 6.....	45
Figura 7.1.1.7 Diagrama de Flujo Sección 7.....	47
Figura 7.2.1 Difractograma de rayos X por método.....	48
Figura 7.2.2 Difractograma de rayos X.....	49
Figura 7.2.1.1 Equipo de Primer ensayo de laboratorio.....	49
Figura 7.2.1.2 Equipo para cambio de escala de laboratorio.....	50
Figura 7.2.1.3 Equipo para cambio de escala de planta piloto.....	51
Figura 7.2.1.4 Equipo para producción industrial.....	51
Figura 7.2.2.1 Esquema de Producción Continua DTQ.....	53
Figura 7.2.3.1 Diagrama de Flujo Sección 1 - DTQ.....	55
Figura 7.2.3.2 Diagrama de Flujo Sección 5 - DTQ.....	57
Figura 8.3.1 Cronograma de Proyecto.....	65
Figura 9.1.1.1 Diagrama de Equilibrio método tradicional AUC.....	113
Figura 9.2.1.1 Diagrama de Equilibrio método tradicional DTQ.....	120

Índice de Tablas

Tabla 1.1 Centrales en construcción.....	10
Tabla 7.1.1.1 Codificación de equipos.....	32
Tabla 8.1.1 guía informativa para la estimación de los costos.....	60
Tabla 8.4.1.1.1 Resumen de inversiones en equipos de proceso AUC.....	66
Tabla 8.4.1.2.1 Resumen de Costos Año 2.....	68
Tabla 8.4.1.2.2 Resumen de Costos Año 1.....	69
Tabla 8.4.1.2.3 Costo Total anual.....	69
Tabla 8.4.1.3.1 Costo materia prima, materiales e insumos.....	71
Tabla 8.4.1.3.2 Costo de transporte de materia prima, materiales e insumos.....	72
Tabla 8.4.1.3.3 Costo de Servicios auxiliares.....	72
Tabla 8.4.1.3.4 Costo Sueldo del Personal profesional y técnico.....	73

Tabla 8.4.1.3.5 Costo Mano de obra directa	74
Tabla 8.4.1.3.6 Costo Salarios de personal de servicios	74
Tabla 8.4.1.3.7 Costo Amortización edificios imputable a producción.....	75
Tabla 8.4.1.3.8 Costo Amortización imputable a producción	75
Tabla 8.4.1.3.9 Costo Seguros	75
Tabla 8.4.1.3.10 Costo Gastos de laboratorio	75
Tabla 8.4.1.3.11 Costo Higiene y seguridad	76
Tabla 8.4.1.3.12 Mantenimiento y reparaciones	76
Tabla 8.4.1.3.13 Costo Salarios de personal de servicios	76
Tabla 8.4.1.3.14 Costo Salarios de personal administrativo.....	77
Tabla 8.4.1.3.15 Costo Gastos administrativos	77
Tabla 8.4.1.3.16 Costo Mantenimiento de edificios	77
Tabla 8.4.1.3.17 Costo Amortización de los rodados	78
Tabla 8.4.1.3.18 Costo Amortización edificios imputable a administración.....	78
Tabla 8.4.1.3.19 Costo de servicio de préstamo externo.....	79
Tabla 8.4.1.3.20 Costo de servicio de préstamo interno.....	80
Tabla 8.4.1.3.21 Costo Intereses preoperativos	80
Tabla 8.4.1.3.22 Costo Intereses por inversiones.....	81
Tabla 8.4.2.1.1 Resumen de Inversiones.....	83
Tabla 8.4.2.2.1 Inversión en Mejoras del terreno	84
Tabla 8.4.2.2.2 Inversión en Obras civiles	84
Tabla 8.4.2.2.3 Inversión en Equipos de Proceso.....	85
Tabla 8.4.2.2.4 Inversión en Instalación de Servicios Auxiliares	85
Tabla 8.4.2.2.5 Inversión en Equipos y Servicios varios	85
Tabla 8.4.2.2.6 Inversión en Rodados.....	85
Tabla 8.4.2.2.7 Inversión en Instalación de Equipos Adquiridos.....	86
Tabla 8.4.2.2.8 Inversión en Instalación de Equipos Adquiridos.....	86
Tabla 8.4.2.2.9 Inversión en Instalación de Cañerías y Accesorios.....	86
Tabla 8.4.2.2.10 Inversión en Instrumentación y Control	87
Tabla 8.4.2.2.11 Inversión en Ingeniería y supervisión	87
Tabla 8.4.2.2.12 Inversión en Honorarios del contratista	87
Tabla 8.4.2.2.13 Inversión en Gastos de construcción	87
Tabla 8.4.2.2.14 Inversión en Gastos de Puesta en Marcha.....	88
Tabla 8.4.2.2.15 Inversión en Imprevistos	88
Tabla 8.4.2.2.16 Inversión en Transporte de Equipamiento.....	88
Tabla 8.4.2.2.17 Inversión en Transporte de Equipamiento.....	89
Tabla 8.4.2.2.18 Inversión en Stock de combustibles para servicios Auxiliares	90
Tabla 8.4.2.2.19 Inversión en Almacén de repuestos.....	90
Tabla 8.4.2.2.20 Inversión en Stock producción en proceso.....	90
Tabla 8.4.2.2.21 Inversión en Stock productos terminados.....	90
Tabla 8.4.2.2.22 Inversión en Disponibilidad cajas y bancos	90
Tabla 8.5.1.1.1 Resumen de inversiones en equipos de proceso DTQ.....	91
Tabla 8.5.1.2.1 Resumen de Costos DTQ Año 2.....	93

Tabla 8.5.1.2.2 Resumen de Costos DTQ Año 1	94
Tabla 8.5.1.2.3 Costo Total anual DTQ.....	96
Tabla 8.5.1.3.1 Costos de Materia Prima, materiales e insumos	97
Tabla 8.5.1.3.2 Costo de transporte de materia prima, materiales e insumos	97
Tabla 8.5.1.3.3 Costo de Servicios Auxiliares.....	97
Tabla 8.5.1.3.4 Costo de Sueldo del Personal profesional y técnico	98
Tabla 8.5.1.3.5 Costo de Mano de obra directa	98
Tabla 8.5.1.3.6 Costo de Salarios del personal de servicios	98
Tabla 8.5.1.3.7 Costo de Amortización edificios imputable a producción	98
Tabla 8.5.1.3.8 Costo de Amortización imputable a producción	98
Tabla 8.5.1.3.9 Costo de Seguros.....	99
Tabla 8.5.1.3.10 Costo de Gastos de laboratorio	99
Tabla 8.5.1.3.11 Costo de Higiene y seguridad	99
Tabla 8.5.1.3.12 Costo de Mantenimiento y reparaciones.....	99
Tabla 8.5.1.3.13 Costo de Gastos varios de planta	100
Tabla 8.5.1.3.14 Costo de Sueldo del personal administrativo	100
Tabla 8.5.1.3.15 Costo de Gastos administrativos	100
Tabla 8.5.1.3.16 Costo de Mantenimiento de edificios	100
Tabla 8.5.1.3.17 Costo de Amortización de los rodados.....	101
Tabla 8.5.1.3.18 Costo de Amortización edificios imputable a administración	101
Tabla 8.5.1.3.19 Costo de servicio de préstamo externo.....	101
Tabla 8.5.1.3.20 Costo de servicio de préstamo interno.....	102
Tabla 8.5.1.3.21 Costo de intereses preoperativos DTQ.....	103
Tabla 8.5.1.3.22 Costo de Interés por Inversiones	104
Tabla 8.5.2.1.1 Tabla resumen de inversiones DTQ	106
Tabla 8.5.2.2.1 Inversión en Mejoras del terreno	106
Tabla 8.5.2.2.2 Inversión en Obras civiles	106
Tabla 8.5.2.2.3 Inversión en Equipos de Proceso.....	107
Tabla 8.5.2.2.4 Inversión en Instalación de Servicios Auxiliares	107
Tabla 8.5.2.2.5 Inversión en Equipos y Servicios varios	107
Tabla 8.5.2.2.6 Inversión en Rodados	107
Tabla 8.5.2.2.7 Inversión en Instalación de Equipos Adquiridos.....	108
Tabla 8.5.2.2.8 Inversión en Instalaciones eléctricas	108
Tabla 8.5.2.2.9 Inversión en Cañerías y Accesorios	108
Tabla 8.5.2.2.10 Inversión en Instrumentación y Control	108
Tabla 8.5.2.2.11 Inversión en Ingeniería y supervisión	109
Tabla 8.5.2.2.12 Inversión en Honorarios del contratista	109
Tabla 8.5.2.2.13 Inversión en Gastos de construcción	109
Tabla 8.5.2.2.14 Inversión en Gastos de Puesta en Marcha.....	109
Tabla 8.5.2.2.15 Inversión en Imprevistos	109
Tabla 8.5.2.2.16 Inversión en Transporte de Equipamiento.....	109
Tabla 8.5.2.2.17 Inversión en Stock Materia prima reactivos y materiales	110
Tabla 8.5.2.2.18 Inversión en Stock de combustibles para servicios Auxiliares	111

Tabla 8.5.2.2.19 Inversión en Almacén de repuestos	111
Tabla 8.5.2.2.20 Inversión en Stock producción en proceso	111
Tabla 8.5.2.2.21 Inversión en Stock productos terminados	111
Tabla 8.5.2.2.22 Inversión en Disponibilidad cajas y bancos	111
Tabla 9.1.2.1 Calculo para relación deuda-capital propio AUC	114
Tabla 9.1.3.1 Costo Nivelado de Producción método tradicional AUC	115
Tabla 9.1.4.1 Tasa Interna de rentabilidad método tradicional AUC	117
Tabla 9.1.5.1 Periodo de recuperación de capital método tradicional AUC	119
Tabla 9.2.2.1 Calculo para relación deuda-capital propio DTQ	121
Tabla 9.2.3.1 Costo Nivelado de Producción método DTQ	122
Tabla 9.2.4.1 Tasa interna de rentabilidad método DTQ	124
Tabla 9.2.5.1 Periodo de recuperación de capital método DTQ	126

Agradecimientos

A Afra, Norberto y Mariela por la idea, asesoría y las muchas horas brindadas a este trabajo.

A mi equipo de los Departamentos Administración y Planificación, por su compromiso para mantener el Centro Atómico Ezeiza funcionando en mi ausencia para concretar este proyecto.

A Facundo, por el apoyo incondicional durante la cursada y exámenes de la Especialización en Reactores Nucleares y su Ciclo de Combustible en la pandemia por COVID-19.

A mi familia, por todo, siempre.

1. INTRODUCCIÓN

Los reactores refrigerados por agua (WCR: Water Cooled Reactor) representan más del 95 % de todos los reactores para generación de energía en funcionamiento en el mundo. A su vez, la mayoría de los reactores nucleares en desarrollo y en construcción también son de tipo WCR, razón por la cual es esperable que los mismos continúen desempeñando un papel importante en el siglo XXI. En la siguiente Figura 1.1 se presentan los diferentes tipos de reactores refrigerados con agua.

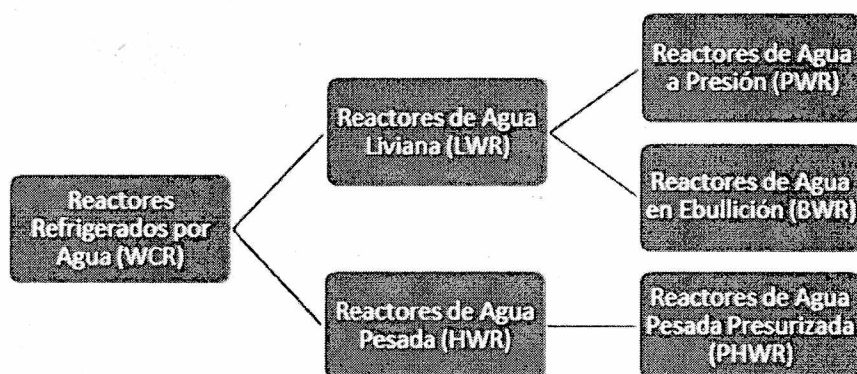


Figura 1.1 Tipos de reactores refrigerados con agua.

Los reactores de agua liviana (LWR por sus siglas en inglés) son el tipo de WCR más común en todo el mundo y se dividen en dos tipos: los reactores de agua en ebullición (Pressurized water reactor, PWR), que producen vapor para la turbina en generadores de vapor separados del núcleo del reactor, y los de agua en ebullición (boiling water reactor, BWR), que utilizan el vapor generado en el interior del núcleo del reactor directamente en la turbina de vapor.

Los últimos adelantos en la tecnología de los WCR incluyen mejoras en los diseños con respecto a objetivos comunes de seguridad mejorada principalmente orientada a sistemas pasivos, un uso más eficiente de los recursos y mejoras en términos económicos. Otro aspecto importante del desarrollo de este tipo de reactores es el diseño, los ensayos y la construcción modular de pequeños reactores (SMR) de agua a presión, realizados en talleres y montados en la planta.

En la última década se han instalado 59 reactores, de los cuales el 95% son de tipo PWR

- FBR (1): Rusia (1)
- PHWR (2): India (1), Argentina (1)
- PWR (56): China (35), Corea del Sur (5), Rusia (8), Pakistán (3), India (2), Bielorrusia (1), EAU (1), EE.UU. (1).

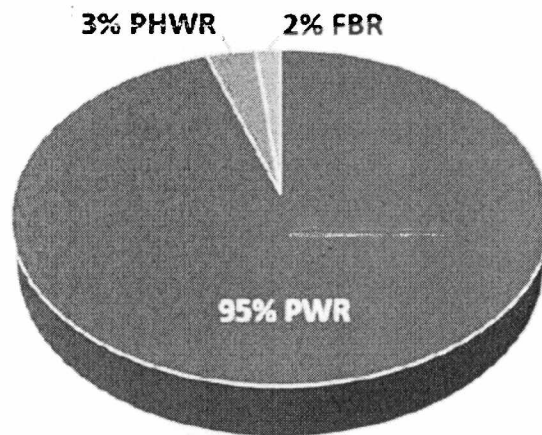


Figura 1.2 Reactores instalados en la última década.

Período	Cantidad	Potencia (MW)
Antes del 2000	6	5.550
Del 2001 al 2006	2	2.070
Del 2007 al 2011	9	9.254
Del 2012 al 2020	40	43.453
Total	54	57.486

Tabla 1.1 Centrales en construcción

En 2023 hay 57 reactores en construcción con un total de 59.091 MW, de los cuales 48 son PWR. De estos últimos China está construyendo 19, India 4, Turquía 4, Corea del Sur 3, Egipto 3 y Rusia 2.

Todos los WCR utilizan UO_2 como combustible. La cantidad de U-235 fisionable en los materiales combustibles varía desde el Uranio natural (0,71%) hasta un enriquecimiento del 20%. En los LWR el enriquecimiento va desde el 2,5% hasta un 5%.

2. ANTECEDENTES

Los HWR utilizan agua pesada como moderador y como refrigerante. Este compuesto contiene aproximadamente un 99% de un isótopo más pesado del hidrógeno llamado deuterio, cuyas moléculas contienen átomos de hidrógeno compuestos en más de un 99 % de deuterio.

Esta agua pesada, mejora la economía neutrónica general, lo que permite utilizar un combustible que no necesita enriquecimiento para su funcionamiento. Por esta razón, utilizan UO_2 en su concentración natural (0,71%) de U-235. Dentro de la categoría de HWR, merecen especial mención los reactores de agua pesada presurizada (PHWR) por tratarse de la tecnología de las centrales nucleares argentinas en operación: Atucha I y II (Lima), y Embalse (Córdoba).

De lo expuesto anteriormente, se desprende que, si bien existen y se diseñan para el corto y mediano plazo diversas formas o tecnologías de reactores nucleares, la mayor parte de los reactores usan y usarán UO_2 como combustible.

Teniendo en cuenta la actual y futura demanda del UO_2 para la fabricación de pastillas combustibles, la tesis Doctoral "Desarrollo y optimización de la síntesis sol-gel, y modelado neutrónico de materiales combustibles con absorbentes quemables. Aplicaciones a otros materiales nucleares"¹, propone un innovador proceso denominado Desnitración Termoquímica (DTQ). Este método de síntesis se realiza a baja temperatura, en aire a presión atmosférica que permite la obtención de UO_2 nanoparticulado.

El proceso (DTQ), se presenta como una alternativa a las rutas de síntesis húmedas: precipitación Inversa vía formación de diuranato de amonio (ADU) y precipitación Inversa por formación de carbonato de amonio y uranilo (AUC). La DTQ es una alternativa al proceso utilizado por la firma DIOXITEK S.A para producción de UO_2 .

Ambas rutas de síntesis (ADU y AUC) requieren tratamiento en distintas atmósferas, a altas temperaturas para obtener la fase deseada de UO_2 , con productos con tamaños de grano en el orden de los micrómetros. De manera contraria, las condiciones del proceso de DTQ implican una reducción en la temperatura de trabajo, a presión atmosférica, tiempos de producción de dos horas, sin generación de efluentes líquidos y el no requerimiento de una calcinación adicional, ya que todos los compuestos son desnitrados y convertidos a la fase de UO_2 en un único paso.

¹ Fernández Zuvich, A., 2023, Tesis Carrera de Doctorado en Ciencias de la Ingeniería, Instituto Balseiro - Universidad Nacional de Cuyo -Comisión Nacional de Energía Atómica, Argentina.

3. OBJETIVO

Este trabajo tiene como principal objetivo relevar datos económicos de los procesos existentes para la producción de UO_2 . Con esta información se realizará un estudio comparativo de los costos de producción e inversiones de las rutas de síntesis mediante el método AUC o tradicional y la de DTQ. Todo esto a los fines de obtener los indicadores técnico-económicos, para determinar la viabilidad económica del proceso DTQ.

Para ello, se realizará el estudio de costos nivelados de producción, Tasa Interna de Rentabilidad y Período de recuperación de Capital para una planta de capacidad de 150 toneladas/año, con el propósito de comparar las dos alternativas.

En el desarrollo del trabajo quedan fuera del alcance el estudio de localización de la planta, la ingeniería correspondiente al tratamiento de efluentes y el análisis financiero detallado por ser todos estudios particulares que conllevan un largo periodo de realización.

4. DIAGRAMA DE BLOQUES DE LOS PROCESOS

4.1. Síntesis Vía AUC

La ruta vía AUC es la utilizada por DIOXITEK S.A. para fabricar en Argentina el material combustible nuclear que tienen los conjuntos combustibles utilizados tanto en las Centrales Nucleares Atucha I y II como en la Central Nuclear Embalse.

Para la vía AUC, a escala de laboratorio, se prepara una solución de nitrato de uranilo como precursor del U en ácido nítrico (65% P.A.). El arreglo experimental, consiste en un reactor de doble pared y doble entrada por el que circula agua termostaticada a 60°C.

Se instrumenta con un agitador, un pH-metro y un termopar para controlar las condiciones del proceso.

Por una entrada ingresa la solución de nitrato de uranilo y por la otra la solución de $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$, generándose en consecuencia la precipitación del AUC. El ingreso de los reactivos se realiza gota a gota con una velocidad aproximadamente constante de 1gota/segundo. Durante todo el proceso, el sistema se encuentra a temperatura y agitación constante de aproximadamente 60°C y 500 rpm respectivamente.

Una vez que se completa la reacción, la suspensión se deja en agitación constante por 1,5 horas a 500 rpm. Pasado este tiempo, cesa la agitación y comienzan a depositarse los precipitados de AUC. Luego, se pasa la suspensión a un papel de filtro que se coloca sobre un matraz kitasato conectado a una bomba mecánica para reducir el tiempo de filtrado.

Terminada la filtración, se coloca el papel de filtro con el AUC en la estufa para secar los precipitados durante 24 horas a 110°C.

De acá en más, tanto los pasos como los tiempos y temperaturas utilizadas en cada uno de los procesos hasta llegar al UO_2 , son los mismos que en la ruta vía ADU salvo que en la descomposición térmica del AUC, además del UO_3 y NH_3 , se produce CO_2 .

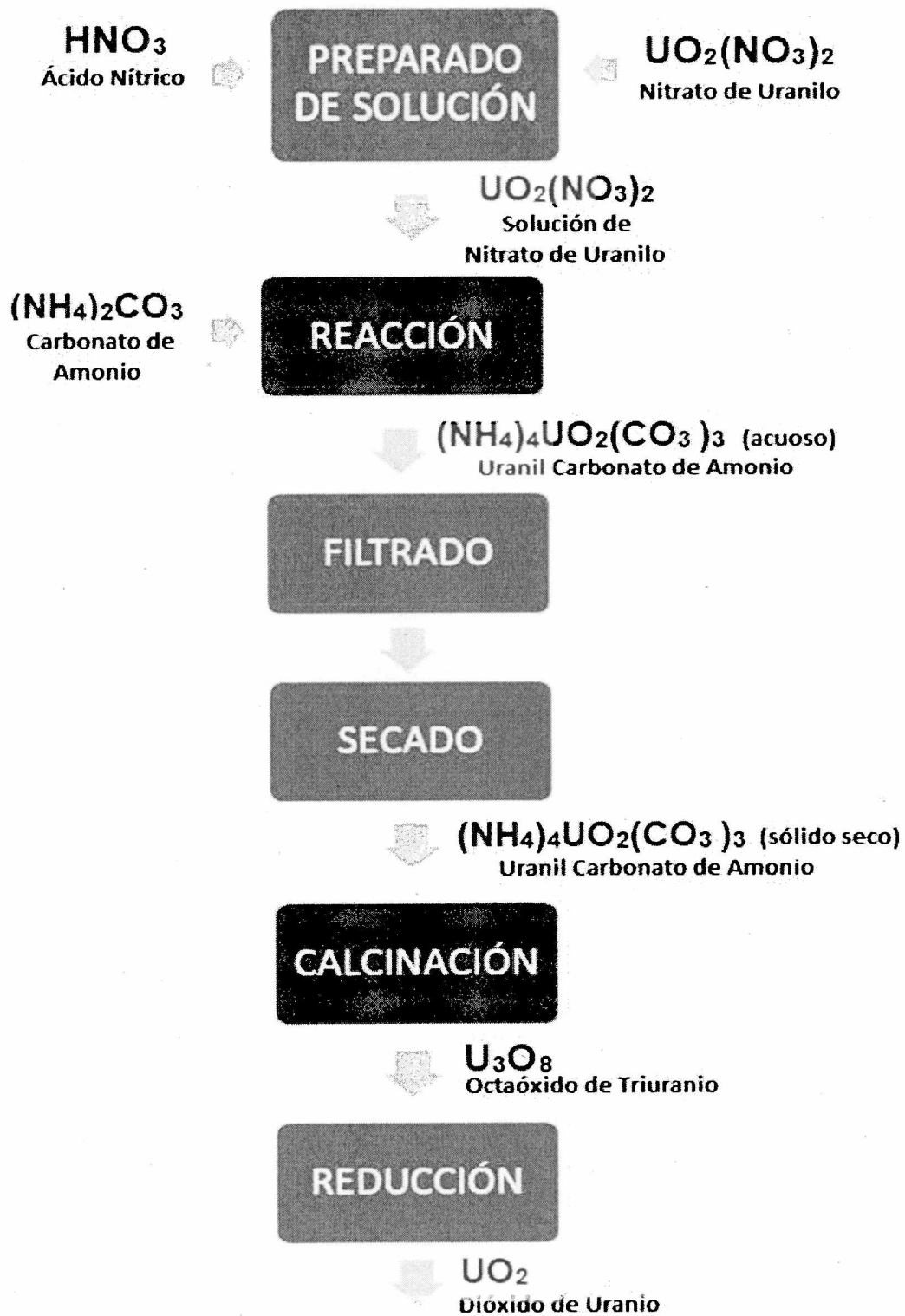


Figura 4.1.1 Diagrama de Bloques proceso AUC.

4.2. Síntesis Vía DTQ

Se trata de una ruta novedosa de síntesis vía húmeda tipo sol-gel para la obtención de polvos nanoparticulados de una amplia variedad de materiales, entre los que se destacan la obtención de óxidos de actínidos, lantánidos y sus mezclas en solución sólida.

La desnitración termoquímica (DTQ) es un proceso químico por el cual se obtienen materiales nanométricos a partir de una solución acuosa de los precursores (que podrían ser nitratos, óxidos, metales y/o no metales) en ácido nítrico a la cual se le adiciona un compuesto orgánico, el poliacrilonitrilo (PAN) como agente desnitrante.

Si bien los mecanismos de reacción de la DTQ no están determinados, se pudo encontrar en mediciones por espectroscopia infrarroja por transformada de Fourier (FTIR) que, durante el tratamiento térmico, la solución pierde los grupos nitratos como gases NO_x, dando por resultado un polvo nanoparticulado sólido, suelto y seco. En el caso particular del uranio, el material que se obtiene corresponde a la fase UO₂.

Esta ruta de síntesis, además, puede utilizarse también para tratar corrientes generadas durante el reprocesamiento del combustible nuclear gastado, y para la recuperación de residuos (scrap) en las plantas industriales de producción de dióxido de uranio.

A diferencia de la precipitación presentada en el apartado anterior, este proceso no supera los 250°C de temperatura, se realiza completamente en aire a presión atmosférica y el tiempo de tratamiento es de hasta 2 horas.

Este tratamiento no requiere una calcinación posterior, ya que la totalidad de los compuestos son desnitrificados y convertidos a la fase UO₂ en un único paso. Además, variando ciertos parámetros del proceso se podrían obtener en forma controlada la composición de fases nanoparticuladas deseadas como mezclas de U₃O₈ y UO₂ sin necesidad de tratamientos posteriores.

El primer paso del proceso de síntesis, a escala laboratorio es la preparación de la solución que contiene el precursor de U, nitrato de uranilo (UO₂(NO₃)₂) en ácido nítrico (65 % P.A.) y se deja este sistema en agitación dentro de un vaso de precipitados hasta que el precursor se encuentre perfectamente disuelto.

Luego se agregan 0,6 g de poliacrilonitrilo (PAN) cada 10 mililitros de solución 1 molar de nitrato de uranilo, y una vez que la mezcla es homogénea se coloca en una mufla para realizar un tratamiento térmico hasta 250°C con una rampa de calentamiento de 2°C/min.

El tratamiento térmico se realizó en un horno Lindberg instrumentado con un termopar tipo K envainado en acero inoxidable. El termopar se coloca dentro del vaso de precipitados, y se conecta a una placa de adquisición de datos para poder seguir el proceso desde una computadora. La placa de adquisición reporta valores de temperatura cada 2 segundos, lo que permite ver en tiempo real la formación de un pico exotérmico que indica la formación del UO₂ y por ende el final del tratamiento térmico.

Una gran ventaja de esta síntesis es que los efluentes son solamente gaseosos, compuestos por vapores nitrosos y carbonosos que se desprenden durante la desnitración.

La DTQ también puede utilizarse para preparar materiales combustibles nucleares de uranio en soluciones sólidas con venenos quemables como el gadolinio y/o erbio, y combustibles de torio entre otros.



Figura 4.2.1 Diagrama de Bloques proceso DTQ.

5. DESCRIPCIÓN PLANTA DIOXITEK

El proveedor de UO_2 para la fabricación de Combustibles Nucleares en Argentina es la firma DIOXITEK, una sociedad anónima estatal, única empresa del sector nuclear controlada por CNEA con un 99% de participación accionaria. El 1% restante pertenece a la provincia de Mendoza.

Las principales actividades de DIOXITEK son la producción de dióxido de uranio, cuya planta industrial está en la Ciudad de Córdoba, y la fabricación de fuentes selladas de cobalto 60 para uso médico e industrial, en el Centro Atómico Ezeiza.

Actualmente, se encuentra en construcción una nueva planta de producción de UO_2 por el método tradicional en la provincia de Formosa, que a la fecha de presentación de este trabajo posee un avance del 65% y según directivos de DIOXITEK, se estima empezará a producir dentro de dos años con una capacidad de producción de 230 toneladas anuales.²

Descripción de la planta

La Línea de producción se encuentra montada en un galpón. En el exterior del mismo se ubican los tanques de almacenamiento para distintos insumos y un separador de nitrógeno del aire.

El interior de la planta se encuentra dividido en distintas zonas, la primera de ellas podría considerarse de servicios auxiliares ya que allí se ubican las calderas necesarias para proveer el vapor utilizado en los serpentines de calentamiento, y una segunda zona en la cual se llevan adelante los procesos, que a su vez podrían subdividirse en dos ya que finalizada la etapa de evaporación se interrumpe la producción continua y el proceso comienza a ser en batch.

A los fines de detallar en este trabajo cada una de las etapas de producción, se procedió a dividir el mismo en 7 secciones:

- Sección 1: Materiales e insumos
- Sección 2: Disolución
- Sección 3: Purificación
- Sección 4: Evaporación
- Sección 5: Precipitación
- Sección 6: Conversión
- Sección 7: Homogeneización

Los Servicios auxiliares mencionados, la disposición de insumos, tanques de depósito de Materias Primas, etc. se encuentran comprendidos en Sección 1 – Materiales e Insumos.

² <https://periferia.com.ar/innovacion/en-formosa-produciran-mas-de-230-toneladas-de-dioxido-de-uranio-para-las-centrales-nucleares/>

Proceso de producción de UO_2

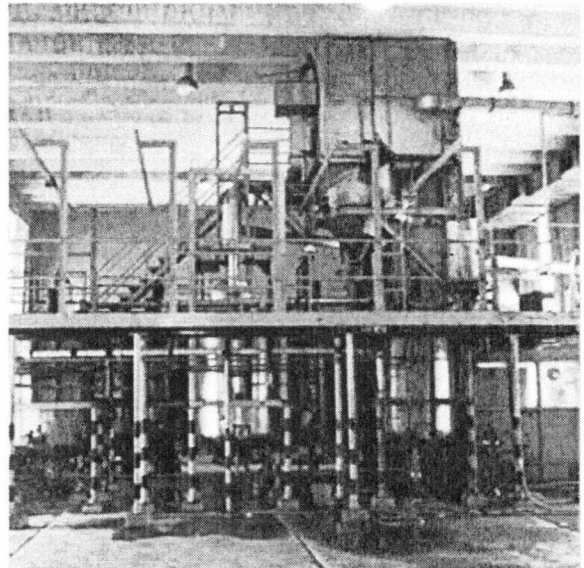
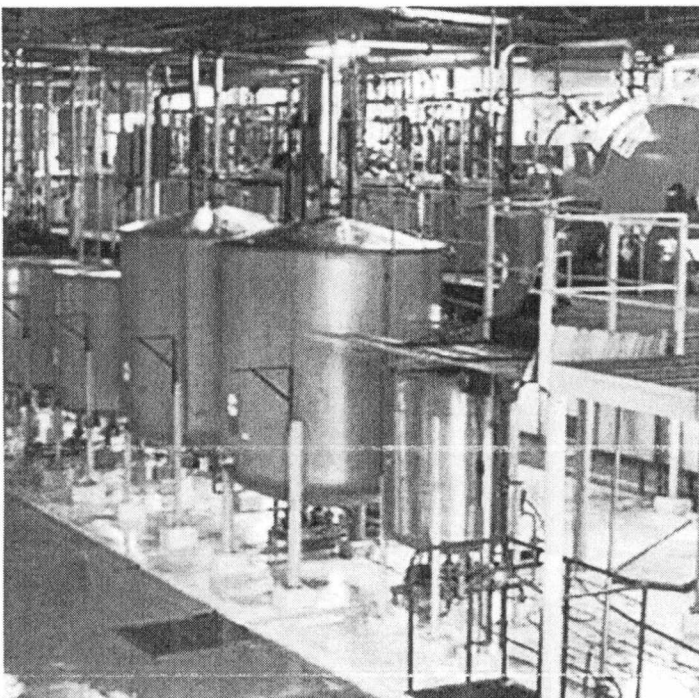
Disolución – Sección 2: La primera etapa consiste en la disolución del concentrado de uranio. El concentrado podrá variar según la disponibilidad de U_3O_8 . Esta materia prima se importa de países suministradores de uranio (Canadá, Kazajistán, etc.). Adicionalmente, durante cierto período del año se procesa el scrap proveniente tanto de esta planta (DIOXITEK) como de CONUAR (empresa responsable de la fabricación de combustible nucleares).

Para la disolución se cuenta con 5 reactores que poseen, cada uno, serpentines de calentamiento, una camisa de enfriamiento y agitadores destinados a homogeneizar la solución.

Usualmente los reactores 1 y 2 se utilizan para la disolución colocando agua, la materia prima, ácido nítrico y agua oxigenada de ser necesario (el agua oxigenada, se utiliza cuando se parte de U_3O_8 a los fines de asegurar que el medio sea oxidante y así evitar la formación de óxidos nitrosos durante la reacción). Regulando la temperatura para que no supere los 80°C , mediante una reacción exotérmica se genera el nitrato de uranilo ($\text{UO}_2(\text{NO}_3)_2$) en solución e impurezas solubles.

Luego la solución pasa a los tanques 3, 4 y 5 donde se dejará madurar para que los sólidos crezcan.

Reacción:



Purificación – Sección 3: Se hace pasar la solución por un filtro rotatorio vertical que utiliza tierras diatomeas como medio de filtrado. Para lograr el medio filtrante se mezcla el polvo con agua y se consigue una suspensión que se deposita sobre el equipo de filtrado hasta conseguir un espesor determinado. Luego del filtrado las tierras diatomeas con sílices y trazas de uranio se almacenan (son uno de los residuos que posee la planta).

Posteriormente la solución de nitrato de uranilo acuoso ya filtrada pasa a un proceso de extracción por solvente y re-extracción. Este proceso se realiza en

dos fases y tiene como objetivo separar el uranio que se encuentra disuelto en la solución nítrica junto a otros elementos químicos.

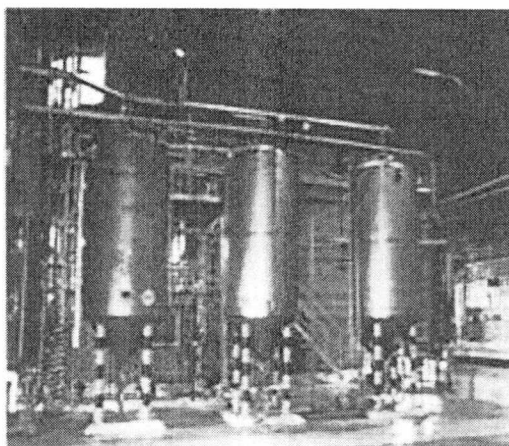
El nitrato de uranilo filtrado se pone en contacto con una fase orgánica formada por tributil fosfato (TBP) y kerosene (30%TBP- 70% kerosene). Este proceso se realiza a 60°C, debido a que a esta temperatura el TBP tiene una gran afinidad para capturar el uranio disuelto.

Luego, en una segunda etapa, la fase orgánica (que ahora contiene el uranio) se vuelve a poner en contacto con una solución nítrica limpia con agua des ionizada, pero esta vez a temperatura ambiente (20°C). A esta temperatura el TBP libera el uranio que quedará puro, nuevamente en una fase acuosa. La fase orgánica (TBP-Kerosene) vuelve a la etapa anterior para reutilizarse.

Al finalizar este proceso se obtiene nitrato de uranilo grado nuclear, con una concentración de 100 gU/l.

Evaporación – Sección 4: Para llegar a la precipitación en las condiciones requeridas, será necesario concentrar la solución ácida que contiene el uranio hasta una concentración de 400 gU/l, para ello en esta etapa se calienta la solución hasta 105°C a través de 3 evaporadores en paralelo. Luego el concentrado pasa a dos tanques de almacenamiento de nitrato de uranilo a 400 gU/l para posteriormente ser enviados a sección 5 Precipitación.

Por la parte superior de los evaporadores sale una corriente que pasa cada una a un condensador cuyas salidas irán a un tanque donde se acumula solución acuosa de ácido nítrico recuperada para reutilizarse.



Precipitación – Sección 5: Este es el proceso central en la producción.



A partir de esta etapa el proceso comienza a producirse en batch y en todo el diseño se considera mantener una geometría subcrítica para tratar uranio de hasta un 5% de enriquecimiento.

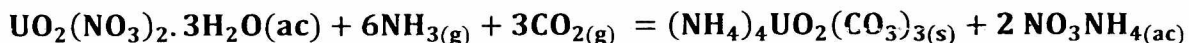
La solución de nitrato de uranilo de 400 gU/l se deriva a un precipitador donde se obtiene como producto AUC (Uranil Tricarbonato de Amonio).

En el precipitador se burbujea CO_2 y NH_3 . Como subproducto se obtiene nitrato de amonio que se almacena y dispone para comercialización a una planta química externa, y esta a su vez, obtiene como producto HNO_3 , que reenvía a DIOXITEK.

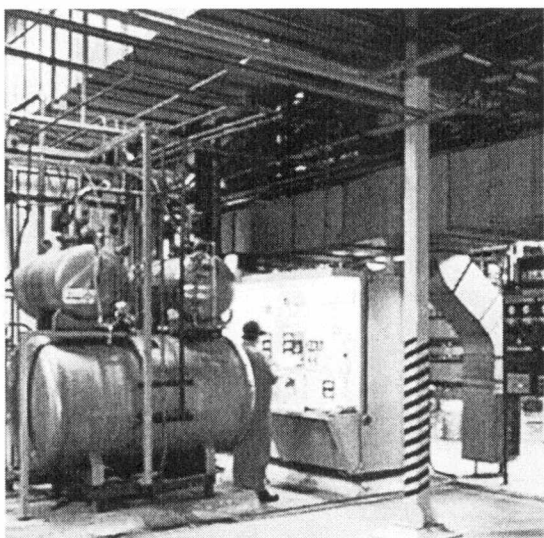
El AUC se envía a tanques de acumulación para ser bombeado a filtros de vacío horizontales rotatorios. Posteriormente se realiza un lavado con metanol para favorecer el secado y se envía el AUC filtrado y lavado a la sección 6 Conversión.

La precipitación se realiza en batch. En cada batch se tratan 200 l/h en 2,5 horas. (1 batch= 500 litros).

Reacción:



Conversión – Sección 6: El AUC obtenido en la sección anterior, se calcina en un reactor de lecho fluidizado a 600 °C en aire para obtener UO_3 , que en una segunda etapa, en otro reactor de lecho fluidizado es reducido a UO_2 por una corriente que contiene H_2 .

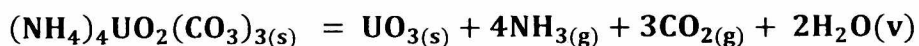


Luego, el UO_2 lleva un proceso de estabilización de la estequiometría. Esto se realiza porque la reacción de oxidación del UO_2 , es exotérmica y es muy inestable, en cambio luego de la oxidación controlada se logra un producto estable. La oxidación controlada se produce a 80°C inyectando N_2 y O_2 .

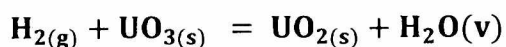
La relación estequiométrica a la que se quiere llegar es de 1 mol de uranio por cada 2,12 moles de oxígeno.

Finalmente, luego de cada Batch se obtiene 1 tambor que equivale a una carga, y 9 cargas son un lote.

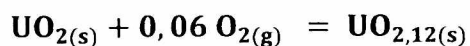
Reacción con calor:



Reacción con reductor:



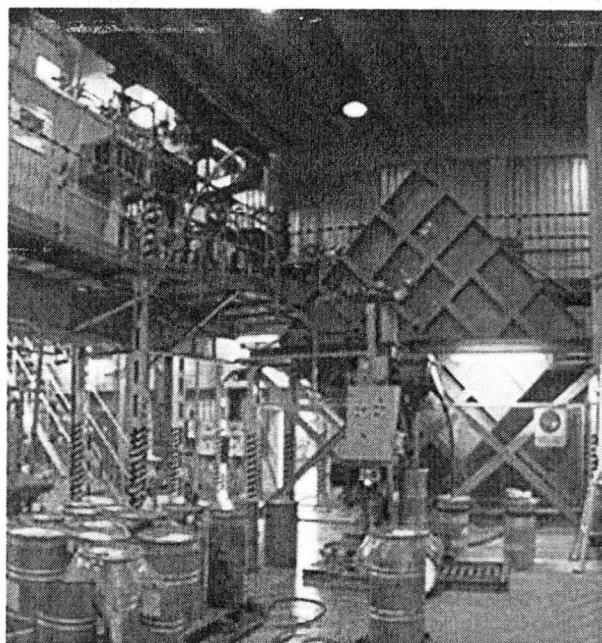
Reacción con oxidante:



Homogenización – Sección 7: El lote con 9 tambores de $UO_{2,12}$ son transportados para homogenizar durante dos horas en el homogeneizador. Una vez finalizado el proceso, la descarga se realiza llenando los tambores con capacidad de aproximadamente 200 kg.

Los tambores son transportados a la báscula para ser pesados y luego trasladados a depósito para posterior comercialización.

Este lote de $UO_{2,12}$ estabilizado y homogeneizado se envía a CONUAR para la elaboración de las pastillas combustibles que se utilizaran en los reactores de potencia de las tres centrales nucleares argentinas.



Comentarios Adicionales:

Efluentes: habiéndose aclarado previamente que el tratamiento de efluentes esta fuera del alcance de este estudio, solamente de modo informativo, se agrega que los efluentes líquidos se tratan precipitando las impurezas que pasan a ser residuos sólidos (RS) y el resto se descarga a la cloaca. El efluente es de aproximadamente 20 m³/día.

Superficie de la planta: Actualmente DIOXITEK ocupa un área de 4 ha. Se necesitan aproximadamente entre 150 y 200 m² para laboratorios

Personal: DIOXITEK cuenta con 82 empleados que trabajan en 3 turnos de 15 empleados por turno. Los turnos los realizan laboratorio, producción, mantenimiento y seguridad. El resto de las áreas hacen un horario fijo de 8:00 a 16:00.

Materia Prima: aproximadamente 100 toneladas de materia prima tienen un costo de 20.000.000 de USD mientras que el flete desde el puerto hasta la planta tiene un valor de 120.000 USD.

Capacidad: Los módulos de las plantas van de 150 a 200 t en el mundo y el horno es el cuello de botella probablemente por tratarse de un proceso importado de Alemania, que no tiene experiencia en el procesamiento de U natural.

A continuación, se presenta en la Figura 5.1 el Diagrama de Bloques del proceso y luego en la Figura 5.2 el Diagrama de Flujo.

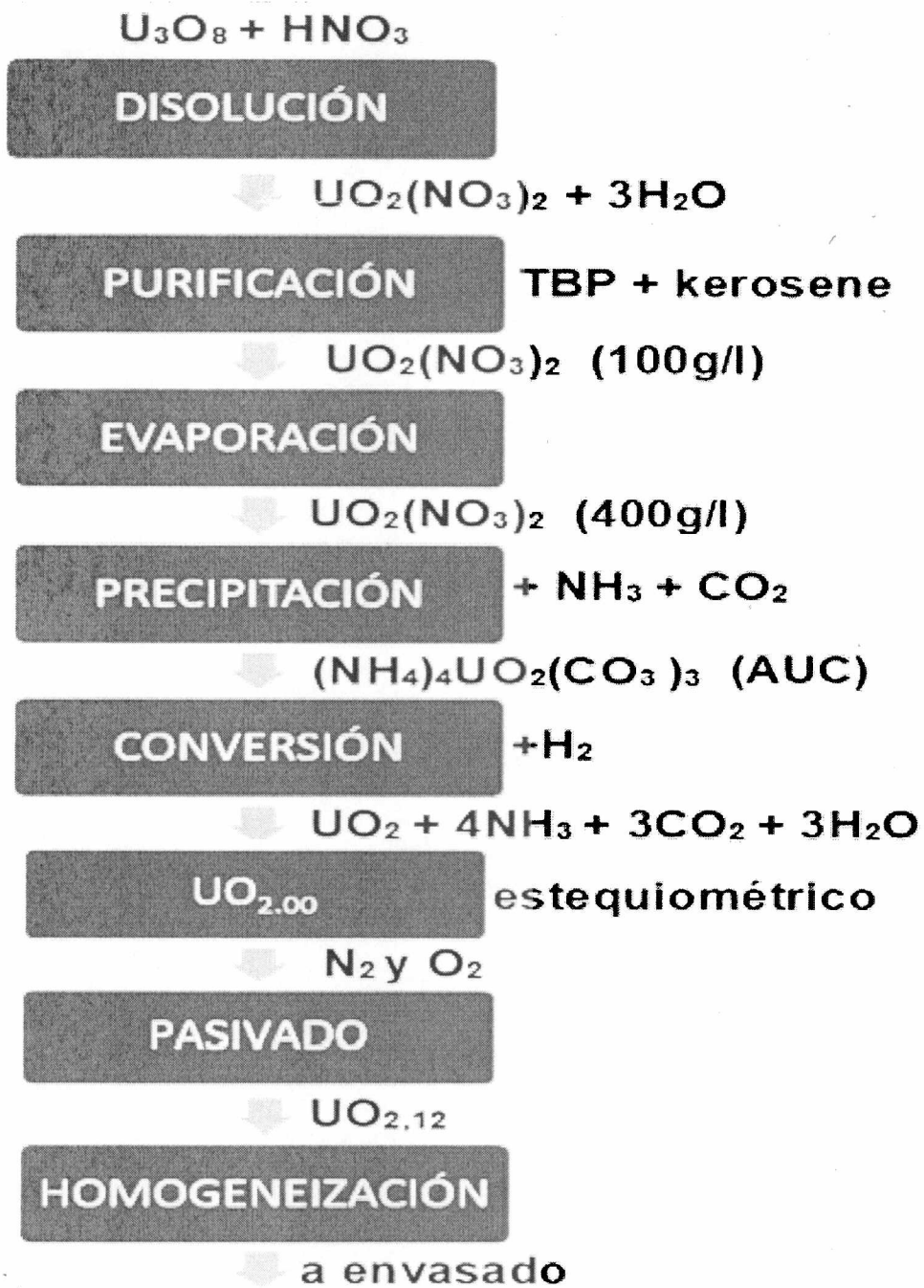


Figura 5.1 Diagrama de Bloques planta DIOXITEK.

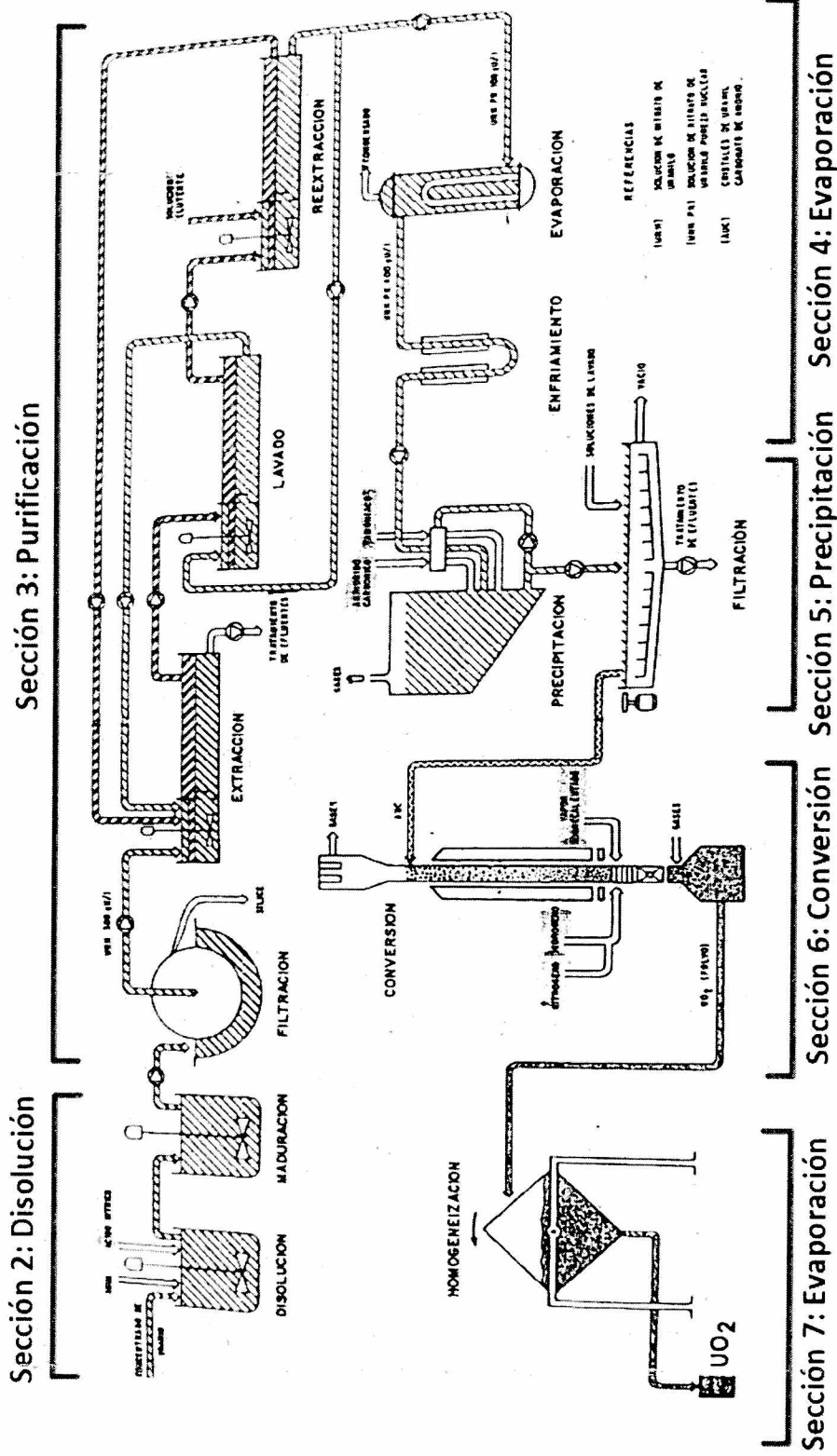


Figura 5.2 Diagrama de Flujo planta DIOXITEK.

6. ESTIMACIÓN DE LOS COSTOS DE UNA PLANTA

El diseño de una planta industrial debe presentar un proceso capaz de operar en condiciones que lleven a la obtención de una utilidad o ganancia. Para ello, será necesario invertir capital, y la determinación de la inversión necesaria constituye una parte importante del proyecto de la planta.

INVERSIÓN TOTAL: Inversión de Capital Fijo + Destinos Asimilables + Capital de Trabajo

Inversión de Capital Fijo:

- Relacionado con la producción:
 - Adquisición e instalación de Equipos para el proceso.
 - Servicios auxiliares para el funcionamiento del proceso (cañerías, instrumentos, aislaciones)
- No Relacionado directamente con la producción:
 - Terreno, obras civiles de la planta, oficinas administrativas, laboratorios, rodados, talleres, etc.

Destinos Asimilables: También llamados Costos Indirectos. Se trata de gastos no relacionados directamente con los materiales y la mano de obra correspondientes a la instalación de la planta completa.

Los destinos asimilables están compuestos por:

- Ingeniería y Supervisión.
- Gastos de Construcción y honorarios del contratista.
- Imprevistos.

Capital de Trabajo: También llamado Activo de trabajo, es una medida de la liquidez de una empresa. Es la diferencia entre los activos corrientes de una empresa (todo lo que la empresa posee o se le debe, como el efectivo y las cuentas por cobrar) y sus pasivos (todo lo que debe).

Activo corriente - Pasivo corriente = Capital de trabajo neto (CTN)

El CTN indica cuánto dinero se tiene disponible para cubrir obligaciones actuales a corto plazo.

El capital de trabajo es importante porque ayuda a las empresas a saber si pueden hacer frente a sus gastos y "mantener las luces encendidas" o si corren el riesgo de no poder pagar sus facturas.

El capital de trabajo o activo circulante está compuesto por:

- Materias Primas y abastecimientos en depósito.
- Productos terminados en depósito y semiterminados en proceso.
- Cuentas a cobrar.
- Dinero en efectivo para el pago mensual de salarios y compra de materias primas.
- Cuentas a pagar.
- Impuestos a pagar.

Estimación de la Inversión de Capital

La estimación de capital a invertir para un proceso puede variar desde una estimación preliminar, basada en información amplia e imprecisa de la dimensión del proyecto propuesto, hasta una estimación detallada basada en planos y especificaciones completos. Entre estos dos extremos de estimaciones puede haber estadíos intermedios, cuya exactitud variará de acuerdo al grado de desarrollo del proyecto. Estas estimaciones reciben diversas denominaciones:

1. Estimación del orden de magnitud (estimación relativa): basada en datos previos sobre costos similares; exactitud probable de esta estimación: por encima del +/- 30%.
2. Estimación de estudio (utiliza factores) basada en el conocimiento de los equipos más importantes; exactitud probable de esta estimación: hasta un +/- 30%.
3. Estimación preliminar (estimación que permite preparar un presupuesto; estimación de los márgenes) se basa en suficiente información como para que se pueda preparar un presupuesto; exactitud probable de esta estimación: dentro del +/- 20%.
4. Estimación definitiva (estimación para el control del proyecto) que se basa en información casi completa, pero es anterior a los diseños y especificaciones definitivas; exactitud probable de esta estimación: dentro del +/- 10%.
5. Estimación detallada (estimación del contratista) basada en los planos definitivos; especificaciones y estudios del terreno; exactitud probable de esta estimación: dentro del +/- 5%.

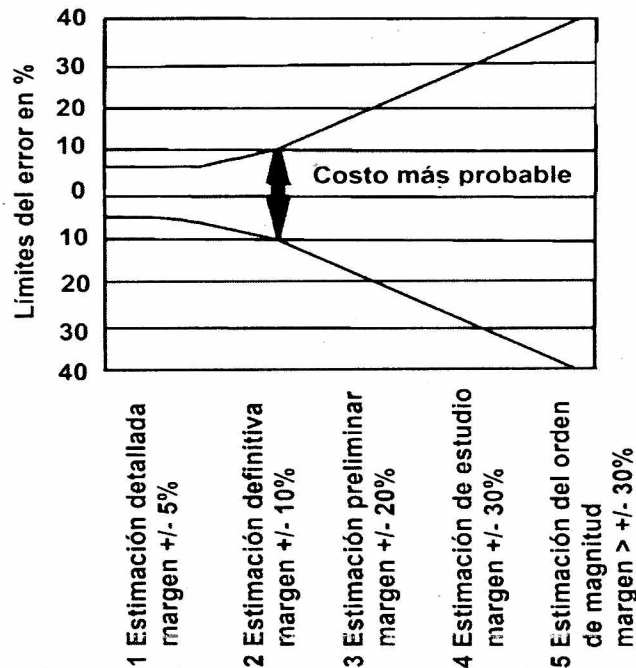


Figura 6.1 Margen de error según estimaciones.

Existe una relación entre la exactitud probable y la cantidad y calidad de la información disponible para la preparación de los cinco niveles de estimación. La probabilidad de que el costo real supere al costo estimado es muy grande cuando la información disponible es incompleta. En el caso de estas estimaciones, la desviación positiva del valor medio es probablemente mayor que la negativa, por ejemplo + 40 y -20% en el caso de una estimación de estudio.

Debe tenerse en cuenta que la diferencia entre las estimaciones antes del diseño y las firmes desaparece gradualmente en la medida en la que se incluyen más y más detalles. Sin embargo, las estimaciones previas al diseño son extremadamente importantes para decidir si un proyecto determinado ha de seguir su curso y para la comparación de las diversas alternativas posibles.

A tales fines, en este trabajo se llevarán adelante estimaciones de estudio, mediante la utilización de factores que permitan estimar con un error de +/- 30 % las inversiones y costos asociados a la construcción, instalación y montaje de una planta de producción de UO_2 mediante el método tradicional vía AUC para luego poder compararlo con las mismas premisas para el método DTQ.

7. INGENIERÍA CONCEPTUAL

7.1. Método convencional vía AUC

7.1.1. Descripción del Proceso y Diagramas de Flujo

En este trabajo final, se ha realizado una Descripción del Proceso, basándose en información obtenida de visitas realizadas a DIOXITEK por la directora y el co-director del presente trabajo final de carrera. Por lo tanto, en este trabajo la ingeniería conceptual realizada intenta “reproducir” la línea de producción de DIOXITEK, pero no es una réplica exacta de la instalación, por lo tanto, el diseño de los equipos puede diferir de los reales existentes.

La capacidad del presente estudio es similar a la de la planta existente ya que los módulos de las plantas de producción a nivel mundial varían entre capacidades de 150 y 200 toneladas y lo que se hace es colocar más de una línea de producción de ser necesario.

Para mayor facilidad en la codificación de los equipos se ha dividido la planta en 7 secciones:

- 1: Materiales e Insumos**
- 2: Disolución**
- 3: Purificación**
- 4: Evaporación**
- 5: Precipitación**
- 6: Conversión**
- 7: Homogenización y Envasado**

Los procesos, que se pueden subdividir en dos ya que finalizada la Sección 4 – Evaporación, el proceso comienza a ser Batch.

Se presenta en la Tabla 7.1 a continuación la codificación de los equipos adoptada.

Código	Descripción del equipo
CA	Caldera
T	Tanque de almacenamiento
BC	Bomba Centrífuga
BD	Bomba Dosificadora
BT	Bomba a Tornillo
TV	Tolva de alimentación
F	Filtro rotativo a vacío
MD	Mezclador Decantador
FC	Filtro Canasto
D	Decantador
EV	Evaporador
C	Condensador
PR	Precipitador
BJ	Bandeja para sólidos
RLF	Reactor de Lecho Fluidizado
RE	Resistencia Eléctrica
MB	Molino de bolas
CT	Cinta Transportadora
H	Homogeneizador
W	Báscula

Tabla 7.1.1.1 Codificación de equipos

Para la codificación de los equipos, el primer número que precede al código indica la sección y luego del código se indica de manera acumulativa cuantos equipos de ese tipo hay.

Ejemplo: 1T9 es el tanque nueve de la sección 1.

En los casos que los equipos estén duplicados o triplicados se indican de la siguiente manera:

Ejemplos: 2BC3/4; dos bombas centrífugas de la sección 2 que trabajan en paralelo, una en operación y la otra está en reserva.

4T1/2: dos tanques en paralelo en la sección 4

3EV1/3: 3 evaporadores que operan en paralelo cada uno cuenta con dos bombas centrífugas, una operando y otra en reserva (2BC1/6).

2T3/5: son 3 tanques que operan en paralelo

A continuación se describirán cada una de las secciones previamente mencionadas.

Sección 1 - Materiales e Insumos

En un sector fuera del galpón principal de proceso se instalan los servicios y los tanques de almacenamiento.

El vapor es generado en la Caldera 1CA1, existiendo una línea de distribución de vapor y otra de condensado que retorna a la caldera. El vapor es utilizado en los serpentines de calentamiento.

Los tanques 1T1/2 almacenan ácido nítrico comercial, el cual será distribuido a la sección 2 Disolución mediante las bombas centrífugas 1BC1/2

El tanque 1T3 almacena agua tratada para proceso la cual es enviada mediante las bombas centrífugas 1BC3/4 a la sección 2 Disolución y a la sección 3 Purificación mediante las bombas dosificadoras 1BD15/16

Los tanques 1T4/5 almacenan tri-butil fosfato (TBP), el cual es enviado mediante las bombas centrífugas 1BC5/6 al tanque 1T8 para su mezcla con kerosene.

Los tanques 1T6/7 almacenan kerosene, el cual es enviado mediante las bombas centrífugas 1BC7/8 al tanque 1T8 para su mezcla con TBP.

En el tanque 1T8 se mezcla el TBP y el kerosene para obtener la mezcla 30-70 necesaria para la extracción con solventes. Para la mezcla se emplea el agitador 1AG1. La mezcla es enviada mediante las bombas centrífugas 1BC9/10 a la sección 3 Purificación.

El tanque 1T9 almacena agua oxigenada de 250 volúmenes la cual es enviada mediante las bombas dosificadoras 1BD11/12 a la sección 2 Disolución.

El tanque 1T10 almacena metanol, el cual es enviado mediante las bombas dosificadoras 1BD13/14 a la Sección 5 - Precipitación.

Además, hay un equipo 1S1 para la producción de N_2 . Se trata de un equipo FLOXAL fabricado por Air Liquide que separa el nitrógeno del aire, el cual es enviado a la sección 6 Conversión.

Hay un sector de almacenamiento de la materia prima U_3O_8 en tambores, el cual viene con aproximadamente un 15% de impurezas (Fe, Ca, Mo, Zr y Si entre otras).

Sin embargo, el concentrado puede variar según la ocasión entre U_3O_8 y ADU (Diuranato de Amonio). Adicionalmente, durante cierto período del año se procesa el scrap proveniente tanto de esta planta (DIOXITEX) como de CONUAR. En este trabajo solo se consideró materia prima U_3O_8 .

La tierra de diatomeas viene en polvo en una bosa similar a las bolsas de cemento, estas bolsas tienen una capacidad cercana a los 22 kg y se utiliza aproximadamente una bolsa cada día y medio.

Adicionalmente se requieren tubos cilíndricos comerciales de almacenamiento de hidrógeno y oxígeno para ser empleados en la Sección 6 - Conversión y tubos cilíndricos comerciales de almacenamiento de dióxido de carbono y amoníaco para ser empleados en la Sección 5 - Precipitación.

Sección 1- Materiales e Insumos

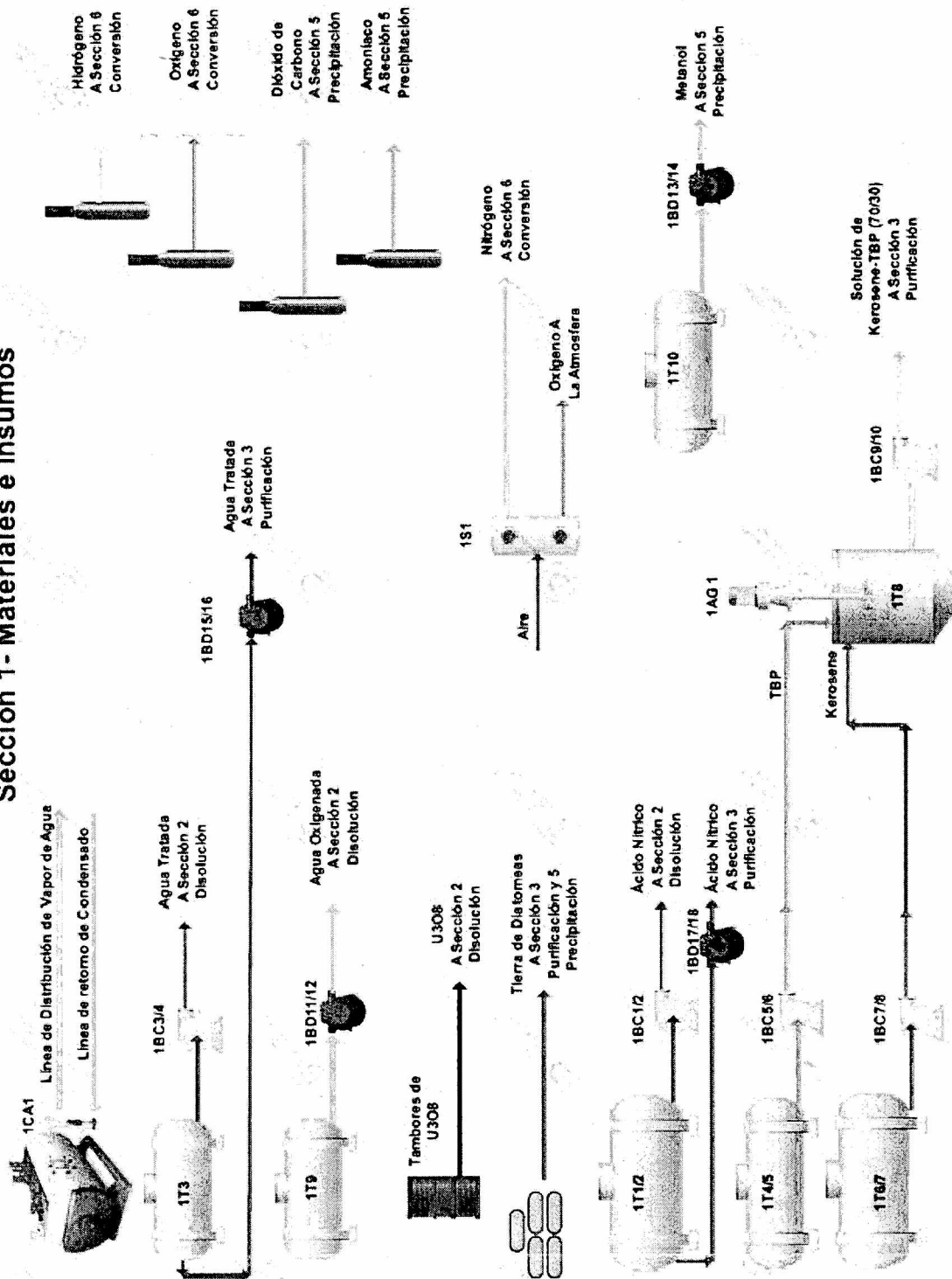


Figura 7.1.1.1 Diagrama de Flujo Sección 1.

Sección 2 - Disolución: La primera etapa del proceso consiste en la disolución del concentrado de uranio. Los tambores de U_3O_8 se mueven con puente grúa y descargan en las respectivas tolvas 2TV1/2.

Para la disolución se cuenta con 5 reactores que poseen serpentines de calentamiento, una camisa de enfriamiento y agitadores 2AG1/2 y 2AG3/5 respectivamente. Usualmente los reactores 2T1/2 se utilizan para la disolución colocando agua tratada, la materia prima, ácido nítrico y agua oxigenada de ser necesario. Luego la solución pasa a los tanques 2T3/5 mediante las bombas centrífugas 2BC1/4, correspondiendo 2 bombas por cada tanque, una operando y otra en reserva.

El agua oxigenada H_2O_2 , se utiliza cuando se trabaja con U_3O_8 y es para conseguir que el medio sea oxidante y que no se generen óxidos nitrosos.

En estos reactores se genera el nitrato de uranilo ($UO_2(NO_3)_2$) mediante una reacción exotérmica regulando la temperatura para que no supere los $80^\circ C$. De esta forma se logra tener en solución el $UO_2(NO_3)_2$ y las impurezas solubles.

Los tanques 2T3/5 cuentan con las bombas centrífugas 2BC5/10, correspondiendo 2 bombas por cada tanque, una operando y otra en reserva. En estos tanques se deja madurar para que los sólidos crezcan. La corriente principal se envía a la Sección 3 - Purificación.

El tanque 2T6 cuenta con serpentín de enfriamiento para evitar flujo de 2 fases en las bombas, recoge todo el condensado de distintos sectores de la planta, cuenta con el agitador 2AG6 para mezclar y obtener una temperatura homogénea. El condensado es enviado mediante las bombas centrífugas 2BC11/12 a la caldera 1CA1.

Sección 2 - Disolución

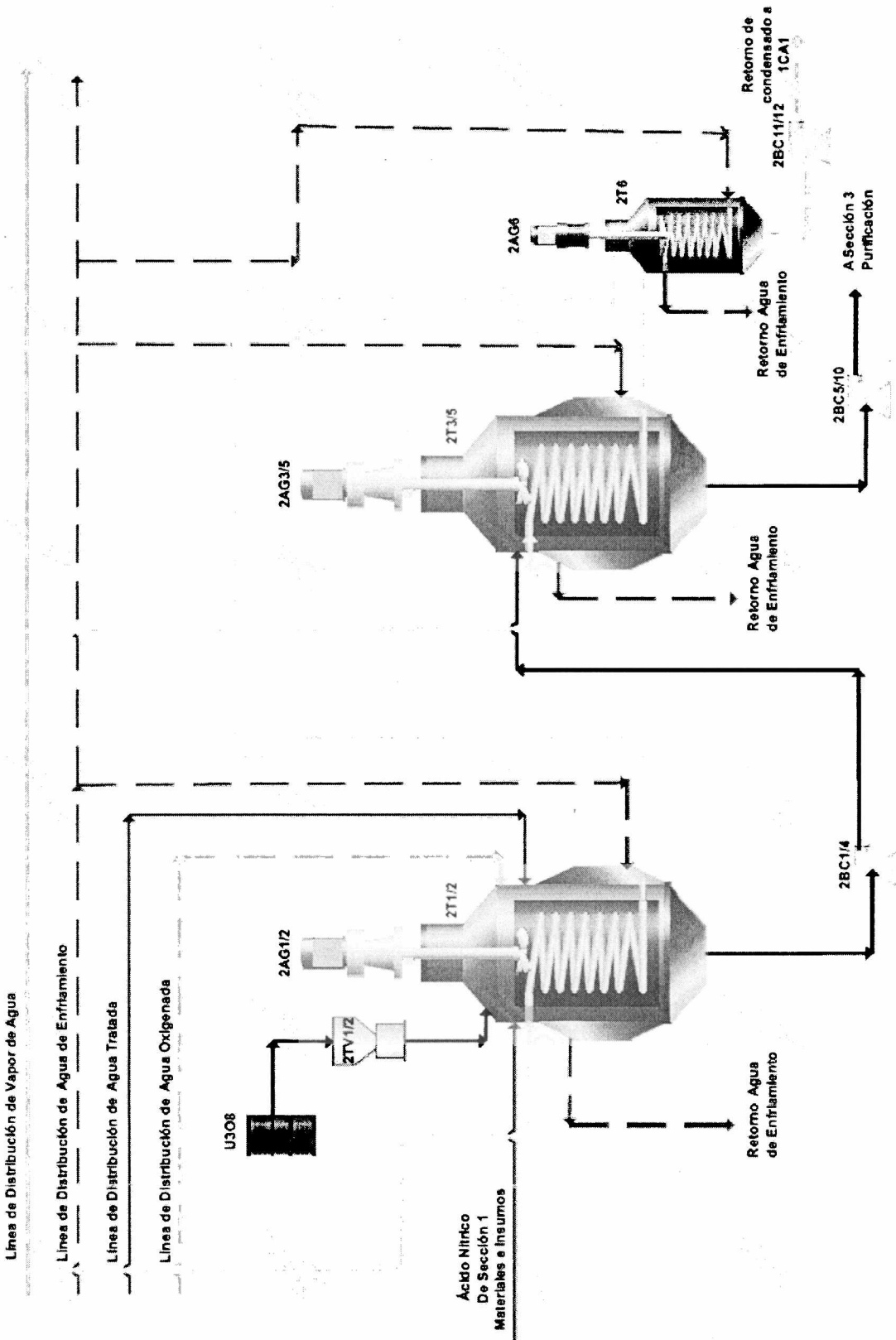


Figura 7.1.1.2 Diagrama de Flujo Sección 2.

Sección 3 - Purificación: La corriente principal que viene de la sección 2 Disolución ingresa al filtro rotativo vertical 3F1.

Previamente se hace pasar por el filtro una solución acuosa con tierra de diatomeas como medio de filtrado. Para ello se realiza la mezcla de agua tratada con tierra de diatomeas en el tanque 3T6, que cuenta con el agitador 3AG3 para su mezclado y se consigue una suspensión que se envía al filtro con la bomba centrífuga 3BC1, y se deposita sobre el tambor rotatorio hasta conseguir un cierto espesor de precapa en la filtración. En el filtro se lava mediante rociadores con agua tratada.

Luego del filtrado, las tierras diatomeas con sílices y trazas de uranio se eliminan con el rascador del filtro, se reciben en las bandejas 3BJ1/4 y se almacenan. (Son uno de los residuos que posee la planta).

Posteriormente la solución de nitrato de uranio ya filtrada pasa a un tanque 3T1 donde se elimina la sílice insoluble a efluentes. La corriente principal de proceso es bombeada con las bombas centrífugas 3BC2/3 al equipo mezclador decantador 3MD1, que es una cuba con varias etapas de extracción del uranio de la fase acuosa pasando a la fase orgánica. Cada etapa cuenta con un sector de mezcla y otro de decantación. En cada cámara de mezcla se emplean electro agitadores que son considerados parte del equipo.

La solución acuosa con nitrato de uranio en el 3MD1 se pone en contacto con la mezcla orgánica (30-70) de TBP-kerosene) en contracorriente que entra en la última etapa del 3MD1. Este proceso se realiza a 60°C, debido a que a esta temperatura el TBP tiene una gran afinidad por el uranio disuelto.

La salida del acuoso (con algo de orgánico y de uranio) ingresa al tanque 3T2 que dispone de 2 salidas. La primera que sale por abajo y es acuosa, pasa por un filtro canasto en línea 3FC2 para protección de la bomba dosificadora 3BD8/9, que se utiliza para enviar la corriente al equipo mezclador decantador 3MD2. Este último es una cuba con una etapa intermedia antes de ingresar al tanque 3T5, a la cual le llega ácido nítrico de Sección 1 - Materiales e Insumos.

La otra salida de 3T2, que sale por arriba y es orgánica, es enviada con las bombas centrífugas 3BC4/5 al tanque acumulador de orgánico 3T3.

Del tanque 3T3, la corriente de orgánico pasa por el filtro canasto en línea 3FC1 para protección de la bomba dosificadora 3BD6/7, que se utiliza para enviar la corriente a la última etapa del equipo mezclador decantador 3MD1, para su extracción en contracorriente de manera que el uranio pase a la fase orgánica.

Al tanque 3T3 ingresa también la mezcla pura de TBP-kerosene 30-70 proveniente de Sección 1 Materiales e Insumos. Además, ingresa de 3MD3 la salida de orgánico de la primera etapa y la recuperación de orgánico de los decantadores 3D1 y 3D2.

Luego de la extracción en 3MD1, la corriente orgánica (con algo de acuoso y uranio) se envía al Decantador horizontal 3D1 para separar las fases acuosa y orgánica por diferencia de densidad. La fase orgánica con salida superior del decantador va a recuperación de orgánico mediante las bombas centrífugas 3BC16/17 y se almacena en el tanque de acumulación de orgánico 3T3. La fase acuosa sale por la parte inferior del equipo separador de fases y se envía a tratamiento de efluentes mediante la bomba centrífuga 3BC18/19.

Además de la última etapa de 3MD1 sale la corriente orgánica principal con uranio que es enviada al tanque 3T4, pasa por el filtro canasto en línea 3FC4 para protección de la bomba dosificadora 3BD14/15 que se utiliza para enviar la corriente a la primera etapa del equipo mezclador decantador 3MD3 para su re-extracción en contracorriente de manera que el uranio pase a fase acuosa concentrada en uranio. El tanque 3T4 tiene un agitador 3AG1 para homogenizar la temperatura.

A su vez, el tanque 3T5 recibe la fase acuosa proveniente del 3MD2 y cuenta con serpentines y un agitador 3AG2 para ajustar temperatura. La salida de corriente acuosa del tanque 3T5 pasa por el filtro canasto en línea 3FC3 para protección de la bomba dosificadora 3BD12/13 que se utiliza para enviar la corriente a la última etapa del equipo mezclador decantador 3MD3.

En los tanques 3T4 y 3T5 la salida de agua de refrigeración va al tanque de acumulación de condensado 2T6 de la sección 2 Disolución.

En las celdas de re-extracción del 3MD3 esta vez la temperatura es de 20 °C lo cual hace que la migración sea exactamente contraria. (Esto es debido a que la solubilidad varía con la temperatura, a temperaturas más altas el nitrato de uranio se disuelve mejor en TBP-kerosene y a más bajas temperaturas la solubilidad es mejor en medio acuoso ácido).

La salida de la solución de nitrato de uranio de pureza nuclear del 3MD3 tiene una concentración de 100 gU/l. Luego de la re-extracción en 3MD3 la corriente se envía al Decantador horizontal 3D2 para separar las fases acuosa y orgánica por diferencia de densidad. La fase orgánica con salida superior del decantador va a recuperación de orgánico y se almacena en el tanque de acumulación de orgánico 3T3, mediante la bomba centrífuga 3BC20/21. La fase acuosa sale por la parte inferior del equipo separador de fases y se envía a la sección 4 Evaporación mediante la bomba centrífuga 3BC10/11.

Sección 3 - Purificación

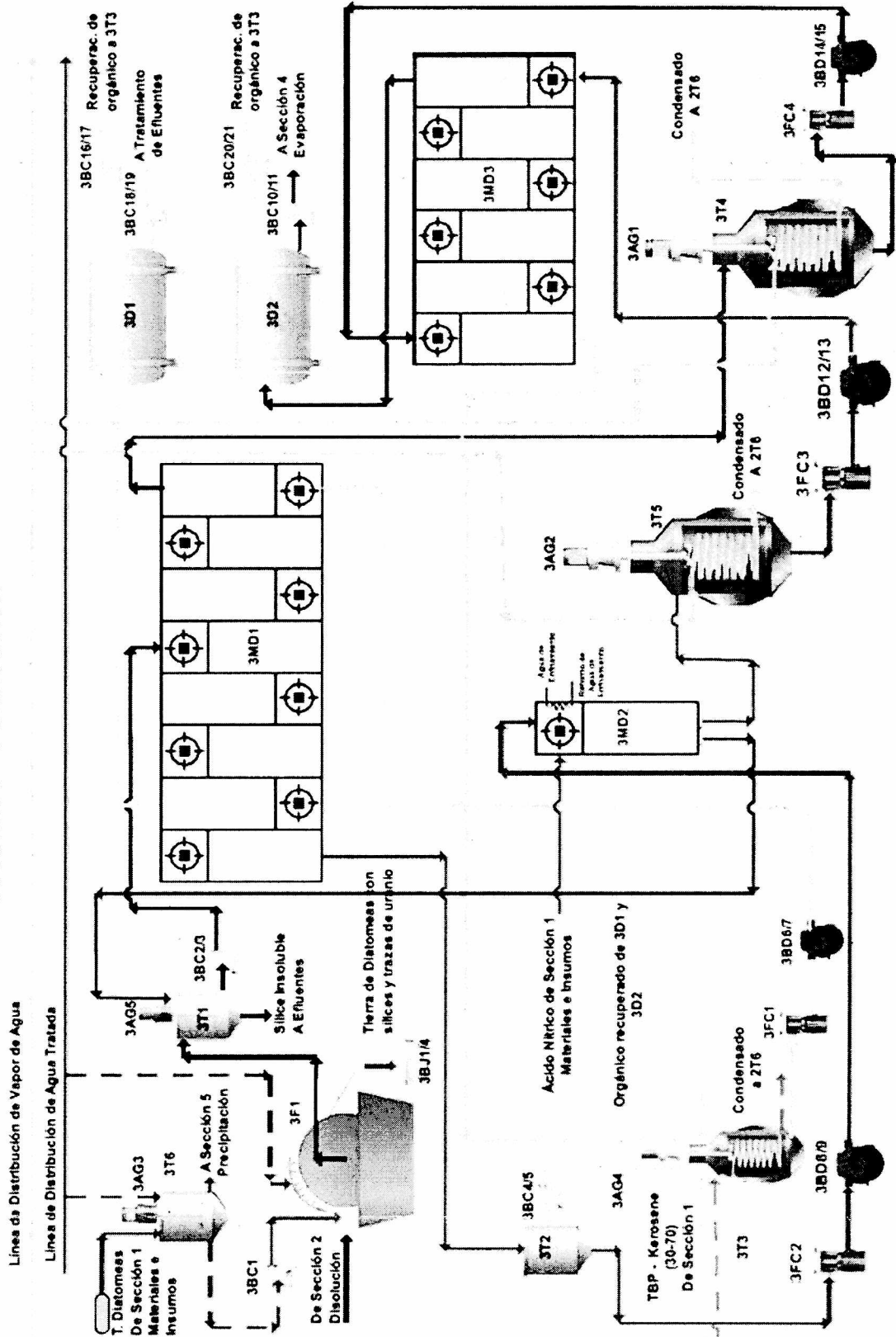


Figura 7.1.1.3 Diagrama de Flujo Sección 3.

Sección 4 - Evaporación: Para llegar a 400 gU/l se concentra la solución acuosa de 100 gU/l en tres evaporadores 4EV1/3. Cada uno de ellos tiene serpentines de calentamiento con vapor, de los cuales sale condensado y va al tanque 4T1 único acumulador de condensado. Este dispone de serpentín por el cual circula agua de enfriamiento para adecuar la temperatura y evitar flujo de 2 fases en la bomba centrífuga 4BC7/8 que enviará el retorno del condensado a la caldera 1CA1. El tanque 4T1 cuenta con un agitador 4AG1 para homogeneizar la temperatura.

En los evaporadores 4EV1/3 se calienta la solución hasta 105°C a través de los serpentines de calefacción. Dos bombas centrífugas 4BC1/6, una operando y otra en reserva, le corresponden a cada evaporador.

Luego pasa a dos tanques 4T3/4 de almacenamiento de nitrato de uranilo a 400 gU/l mediante las bombas centrífugas 4BC11/12, será enviado a Sección 5 - Precipitación.

Por la parte superior de los evaporadores 4EV1/3 sale una corriente que pasa a los condensadores 4C1/3 respectivamente con un enfriador por evaporador, enfriando la corriente con agua de enfriamiento. La salida del condensador pasa al tanque 4T2 donde se acumula solución acuosa de ácido nítrico. De este equipo se envía mediante la bomba centrífuga 4BC9/10 a recuperación.

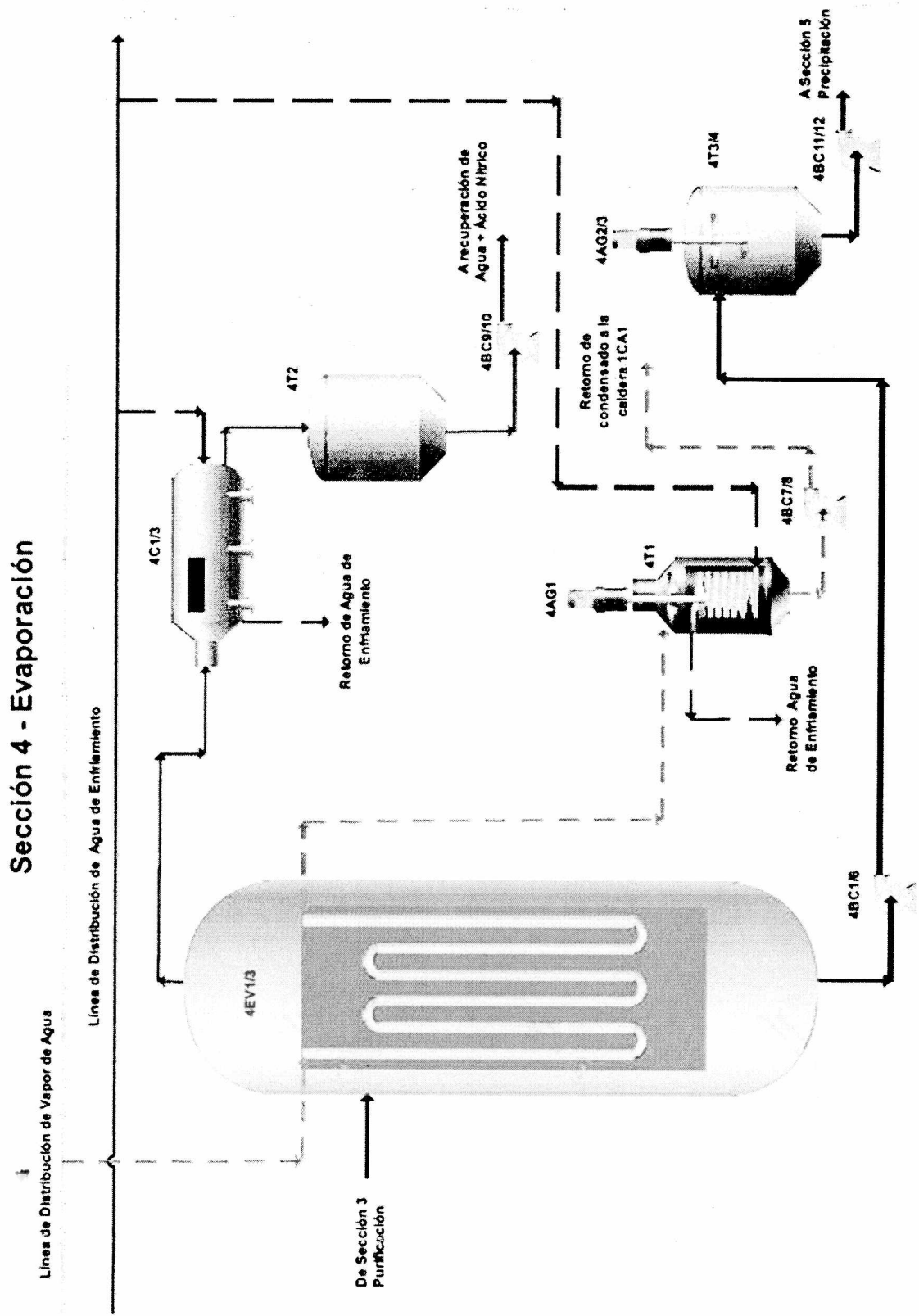


Figura 7.1.1.4 Diagrama de Flujo Sección 4.

Sección 5 - Precipitación: A partir de esta etapa el proceso comienza a producirse en Batch y en cada uno de ellos se tratan 200 l/h en 2,5 horas.

La solución de nitrato de uranilo de 400 gU/l pasa a un precipitador 5PR1 de diseño alemán, donde se obtiene como producto AUC (Uranil Tricarbonato de Amonio).

En el 5PR1 se burbujea CO₂ y NH₃. Del precipitador sale un subproducto, nitrato de amonio, que se almacena en el tanque 5T3 y se dispone para comercialización con las bombas centrifugas 5BC6/7. Este subproducto es aprovechado en una planta de Rafaela, Santa Fe. A su vez la planta de Rafaela tiene como producto HNO₃, que se reenvía a la planta.

El AUC es enviado a la tolva 5TV1 y de allí se alimenta la bomba tornillo 5BT1 al tanque 5T1/2 los cuales cuentan con agitadores 5AG1/2. De estos tanques de acumulación el AUC es bombeado con la bomba tornillo 5BT2/3 a los filtros de vacío horizontales rotatorios 5F1/2

Previamente se hace pasar por el filtro una solución acuosa con tierra de diatomeas como medio de filtrado. Para ello se realiza la mezcla de agua tratada con tierra de diatomeas en el tanque 3T6, que cuenta con el agitador 3AG3 para su mezclado y se consigue una suspensión que se envía al filtro con las bombas centrifugas 5BC8/9 y se deposita sobre el tambor rotatorio hasta conseguir un cierto espesor de precapa en la filtración. Posteriormente en 5F1 Se realiza un lavado con metanol procedente de la sección 1 Materiales e Insumos para favorecer el secado.

Luego del filtrado las tierras diatomeas con sílices y trazas de uranio se eliminan con el rascador del filtro, se reciben en la bandeja 5BJ1/2 y se almacenan.

Con la bomba tornillo 5BT4/5 se envía el AUC filtrado y lavado a la Sección 6 - Conversión.

Se juntan en total 6 batch hasta llegar a aproximadamente 500 litros de AUC.

Sección 5 - Precipitación

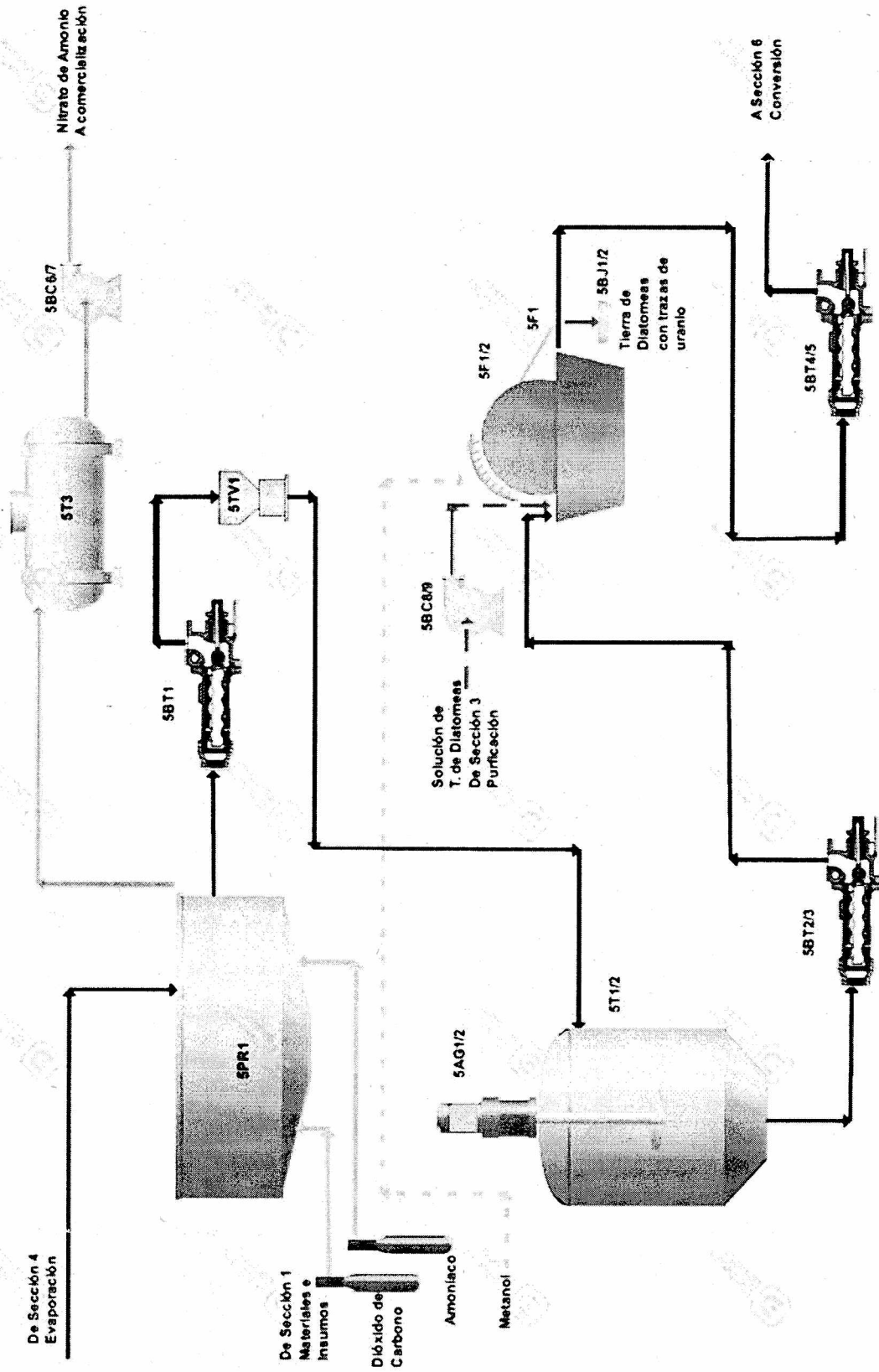


Figura 7.1.1.5 Diagrama de Flujo Sección 5.

Sección 6 - Conversión: El AUC obtenido en la sección anterior, se calcina en un reactor de lecho fluidizado a alta temperatura en aire para obtener UO_3 , el cual, en una segunda etapa, en es reducido a UO_2 por una corriente que contiene H_2

Así, de la Sección 5 - Precipitación se recibe la corriente principal de proceso la cual ingresa a la tolva 6TV1 y de allí ingresa al reactor de lecho fluidizado 6RLF1. El equipo cuenta con una resistencia eléctrica 6RE1. Es un equipo cilíndrico vertical (el reactor) calentado por resistencia eléctrica a $600^{\circ}C$ donde se inyecta vapor de agua para fluidificar. De esta forma se consigue el producto intermedio UO_3 , el cual con inyección de Hidrógeno gaseoso como reductor se obtiene UO_2 . Por la cabeza del equipo salen gases a chimenea.

La corriente principal de proceso sale del 6RLF1 por la parte inferior pasa por el molino de bolas 6MB1 que alimenta la tolva 6TV2 y esta alimenta la bomba de tornillo 6BT1 para alimentar la tolva 6TV3 correspondiente a la alimentación del reactor de lecho fluidizado 6RLF2 donde se realiza la reducción final a UO_2 .

El producto final ingresa al 6RLF2 que cuenta con una resistencia eléctrica 6RE2. Es un equipo cilíndrico vertical (el reactor) calentado por resistencia eléctrica a $80^{\circ}C$ donde se emplea nitrógeno para fluidificar y oxígeno para realizar una etapa de oxidación controlada a esa temperatura. Esto se realiza porque la reacción de oxidación del UO_2 es exotérmica y es muy inestable, en cambio luego de la oxidación controlada se logra un producto estable. El UO_2 lleva un proceso de estabilización de la estequiometría hasta obtener $UO_{2,12}$. La relación estequiométrica a la que se quiere llegar es 1 mol de uranio por cada 2,12 moles de oxígeno.

La corriente principal de proceso sale del 6RLF2 por la parte inferior pasa por el molino de bolas 6MB2 que alimenta la tolva 6TV4 y esta alimenta la bomba de tornillo 6BT2 para ser enviada a la tolva 6TV5 para cargar los tambores de $UO_{2,12}$ que serán enviados a la Sección 7 - Homogenización y Envasado.

Sección 6 - Conversión

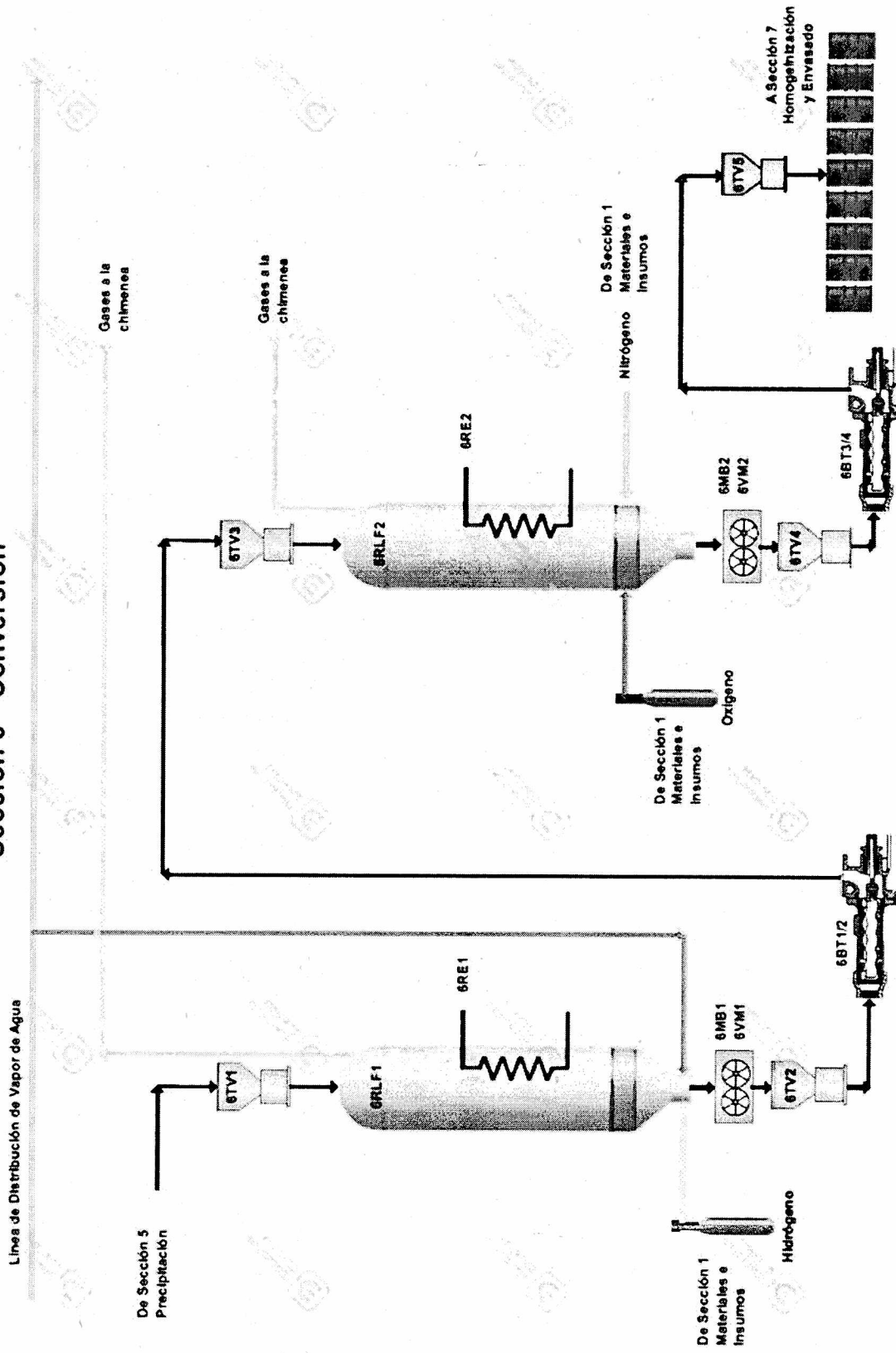


Figura 7.1.1.6 Diagrama de Flujo Sección 6.

Sección 7- Homogenización y Envasado: De cada Batch en la sección 6 Conversión, se obtiene 1 tambor que equivale a una carga, y 9 cargas son un lote.

Los 9 tambores (un lote) de $UO_{2,12}$ son transportados por la cinta transportadora 7CT1 para homogeneizar durante dos horas en el homogeneizador 7H1.

La descarga de los tambores se realiza con el puente grúa, empleando la tolva 7TV1 para su carga en 7H1.

La descarga de 7H1 se realiza con la tolva 7TV2 llenando los tambores con capacidad de aproximadamente 200 kg.

La cinta transportadora 7CT2 lleva los tambores a la báscula 7W1. Una vez pesados los tambores con el $UO_{2,12}$ a comercialización son transportados por la cinta transportadora 7CT3 a depósito.

Este lote de $UO_{2,12}$ estabilizado y homogeneizado se envía para la elaboración de las pastillas combustibles que se utilizarán en los reactores de potencia de las tres centrales nucleares argentinas.

Sección 7 - Homogenización y Envasado

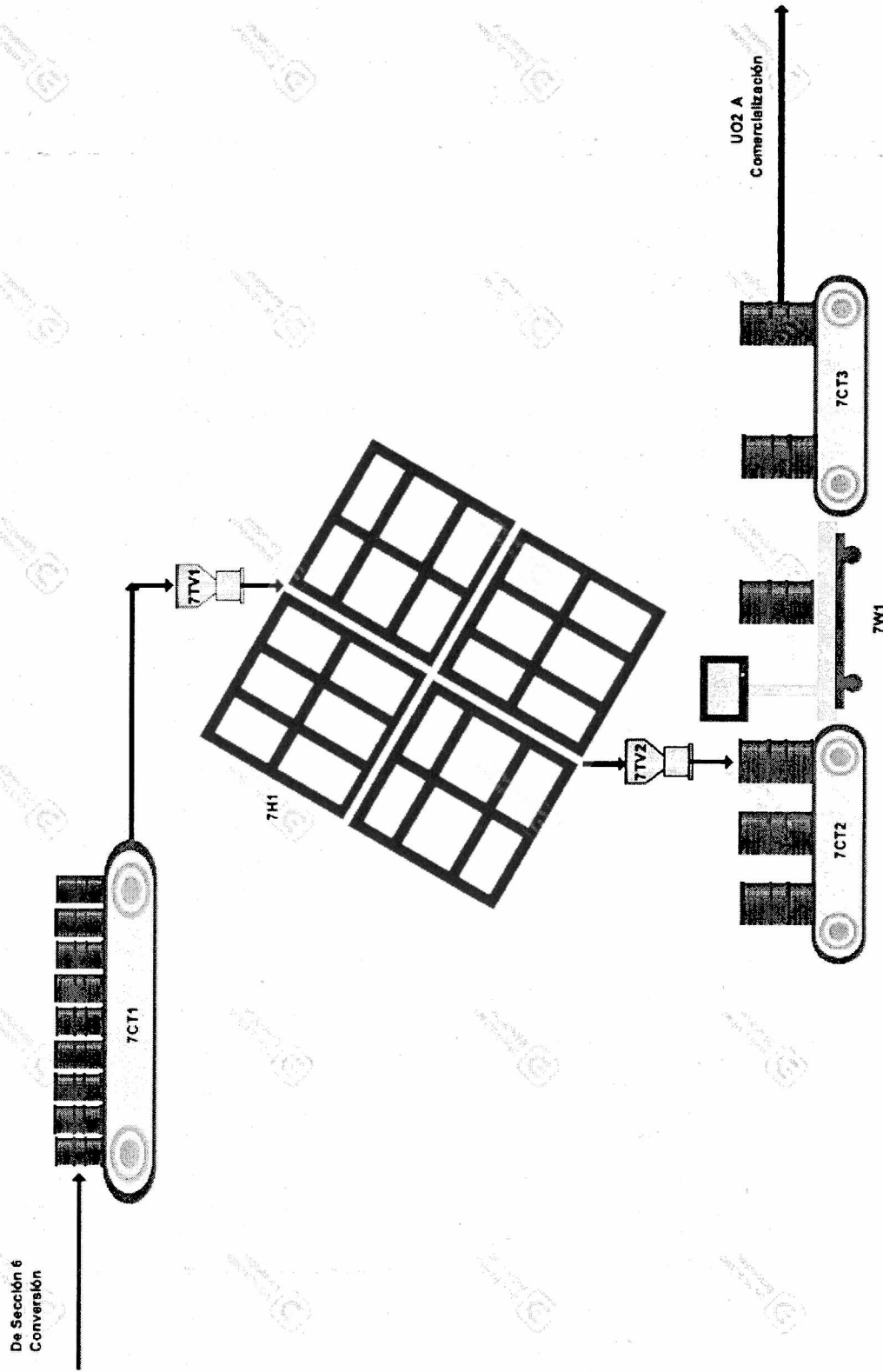
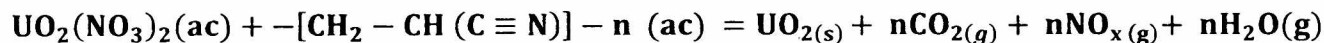


Figura 7.1.1.7 Diagrama de Flujo Sección 7.

7.2. Método vía DTQ

De acuerdo a la tesis de la directora del presente trabajo en la síntesis denominada "Desnitración Termoquímica (DTQ)" el producto final es un polvo nanoparticulado sólido y seco, que en el caso particular del uranio corresponden a las fases UO_2 .

Reacción con calor:



Análisis para definición de producto obtenido

Para esta síntesis, los materiales obtenidos se analizan para evaluar las fases presentes y micro/nano estructura.

Los picos de difracción de rayos X de los materiales finales, obtenidos por las diferentes rutas de síntesis, coinciden con los informados en la ficha N°01-075-0420 (ICDD) para el UO_2 , los mismos pueden observarse en la Figura 7.2.1.

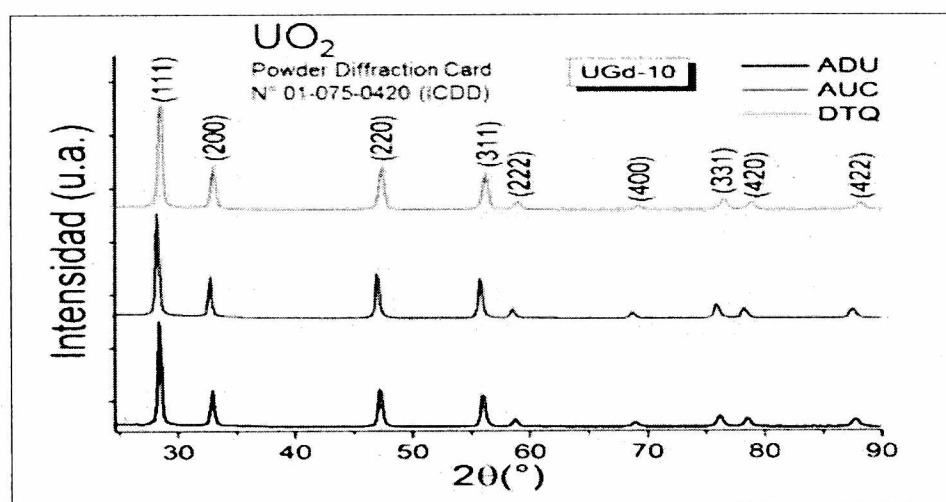


Figura 7.2.1 Difractograma de rayos X por método

Nota: En el eje x se representan en 2θ y en el eje y se representa en unidades arbitrarias

De acuerdo a los resultados obtenidos por XRD, la DTQ por debajo de los 300°C da como producto UO_2 . Esta fase es la que se busca obtener porque es la fase del óxido de uranio con la cual se realizan las pastillas combustibles que son utilizadas en los reactores nucleares de agua pesada. Pasados los 300°C , situación no deseada, parte del uranio se encuentra como U_3O_8 , una fase más oxidada que el UO_2 . Esto se presenta en la Figura 7.2.2.

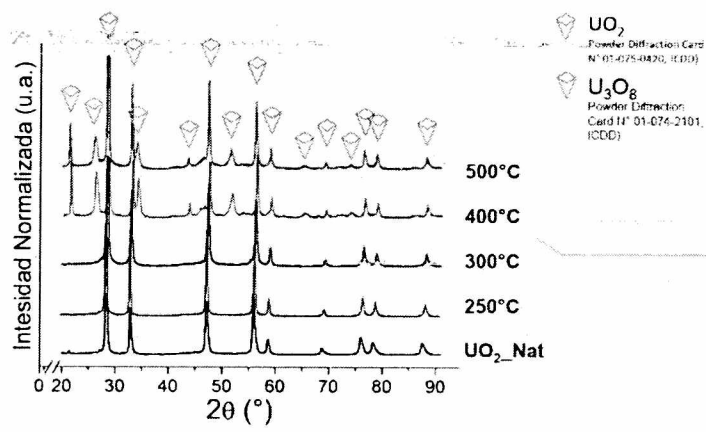


Figura 7.2.2 Difractograma de rayos X

Nota: En el eje x se representan en 2θ y en el eje y se representa en unidades arbitrarias

En la mayoría de los casos se optó por utilizar la cantidad de PAN con la cual se obtiene la fase UO_2 sin presencia de U_3O_8 . A esta cantidad de desnitrante se la llamó concentración estándar o 100 % D que corresponde a 0,6 g PAN cada 10 mL de solución 1M de nitrato de uranilo.

7.2.1. Cambio de Escala

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos en el laboratorio para obtener UO_2 por el Método DTQ, con 10 ml de solución concentrada de nitrato de uranilo mezclada con una solución poli acrílico nitrilo (PAN) en medio ácido (ácido nítrico), se obtienen 2,7 gramos de UO_2 .

Modelo 134 -Indef Valor: \$1.077.593,00

- Temperatura máxima: 1250°C.
- Cámara de calentamiento: 16 cm. Ancho x 9,5 cm. Alto x 10,5 cm. Fondo.
- Medidas exteriores: 33,5cm. Ancho x 49,5cm. Alto x 39cm. Fondo.
- Capacidad de la cámara en litros: 1,6 litros.
- Capacidad de aros: 6 de $\varnothing 3$ o 2 de $\varnothing 6$ cm.
- Tiempo de llegada a 1.000°C: 50 minutos (sin carga, ni piso a potencia 100%).
- Tiempo de enfriamiento 1.000°C a 200°C: 2,5 hs. aproximadamente.
- Peso: 23kg.
- Alimentación: 220v.
- Potencia: 1,7kW.

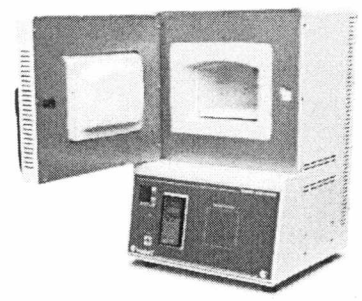


Figura 7.2.1.1 Equipo de Primer ensayo de laboratorio.

Para hacer un escalado con el objeto de llegar a una producción equivalente a la planta industrial de DIOXITEK se han tenido en cuenta las reglas del arte de ingeniería química.

Es por ello que la máxima relación admisible es de un factor 10.

De esta manera el primer escalado con 100 ml se obtendrían 27 gramos de UO_2 , y con un segundo escalado con un factor 10, con 1 litro de solución se obtendrían 270 gramos (0,27 kg) de UO_2 . Estas 2 etapas pueden realizarse en laboratorio para verificar los rendimientos a los fines de determinar la factibilidad técnica del proceso.

Para ello se busca un horno que sea aplicable a los dos cambios de escala de laboratorio, basándose en la capacidad de la cámara.

Modelo 332 Indef Valor: \$1.642.881,00



- Temperatura máxima: 1250 °C.
- Cámara de calentamiento: 24,5cm. Ancho x 24,5cm. Alto x 23cm. fondo.
- Medidas exteriores: 41,7cm. Ancho x 65cm. alto x 53,5cm. Fondo.
- Capacidad de la cámara en litros: 13,8 litros.
- Tiempo de llegada a 1.000°C: 83 minutos (sin carga, ni piso a potencia 100%).
- Tiempo de enfriamiento 1.000°C a 200°C: 4 hs. aproximadamente.
- Peso: 52kg.
- Alimentación: 220 V.
- Potencia: 5,6 kW.

Figura 7.2.1.2 Equipo para cambio de escala de laboratorio.

Para pasar a planta piloto para verificar los rendimientos un tercer escalado, un factor de escala de 5,3 permitiría con 5,3 litros de solución, obtener 1,43 kg de UO_2 ,

Un cuarto escalado, para verificar iguales condiciones de diseño para la planta industrial se realizaría con un factor de escala de 5,15, y con 27,3 litros de solución, se obtendrían 7,37 kg de UO_2 . Estas etapas pueden realizarse en una planta piloto con un horno de una bandeja para validar volumen de la bandeja. Por lo tanto, tener esta etapa validada (factibilidad operacional), permitiría realizar una ingeniería básica del método propuesto. Para ello se busca un horno que sea aplicable a los dos cambios de escala de planta piloto, basándose en la capacidad de la cámara.

Modelo CF 0.17 Indef

- Temperatura máxima: 550°C.
- Régimen de servicio: 24 hs.
- Potencia: 12 kW.
- Alimentación: 3x380 V. Con Neutro.
- Cámara de calentamiento: 60cm. ancho x 45cm. alto x 75cm. fondo.
- Medidas exteriores: 108,5cm. de ancho x 202,7cm. de alto x 118,5cm. de fondo.
- Capacidad de la cámara en litros: 175,5 Lt.
- Capacidad de carga: 150kg de material a tratar.
- Peso: 220kg.

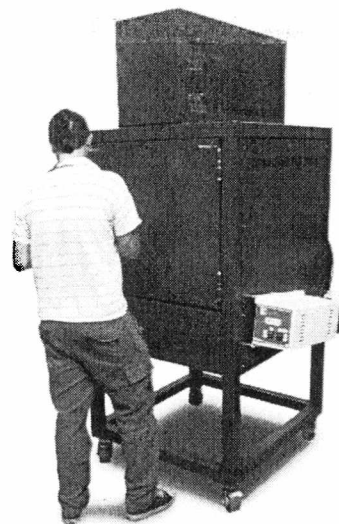


Figura 7.2.1.3 Equipo para cambio de escala de planta piloto.

Este sería el módulo que permitiría obtener una producción anual del orden de 3 bandejas con un aproximado de 30 kg por horneada. Operando según el esquema de producción continua con 3 hornos eléctricos industriales, desfasados en el tiempo, lo cual daría 4,5 horneadas por equipo, alcanzando en los 365 días del año una producción de 150,2 toneladas/año de UO_2 .

Modelo CF 1.2 Indef

- Temperatura máxima: 550°C.
- Potencia: 36 kW.
- Alimentación: 3x380 V. Con Neutro
- Cámara de calentamiento: 100cm. ancho x 120cm. alto x 100cm. fondo.
- Medidas exteriores: 146cm. de ancho x 239cm. de alto x 146cm. de fondo.
- Capacidad de la cámara en litros: 1200 litros.
- Capacidad de carga: 500kg. De material a tratar.
- Peso: 1000kg.



Figura 7.2.1.4 Equipo para producción industrial.

Se considera en el esquema de producción continua con 3 hornos eléctricos industriales, operando desfasados en el tiempo requieren 2 horas para elevar la temperatura del horno desde 20°C hasta 250°C donde se produce la reacción. En ese instante se retira la bandeja y se deja enfriar el material. El horno requeriría del orden de 3hs para volver a la condición inicial de temperatura, para una nueva horneada.

7.2.2. Cronograma de Operación

A los efectos de lograr un Esquema de producción continua, se ha dispuesto de 3 hornos que trabajan desfasados en el tiempo, permitiendo así tener una producción continua según el esquema de la Figura 7.2.2.1.

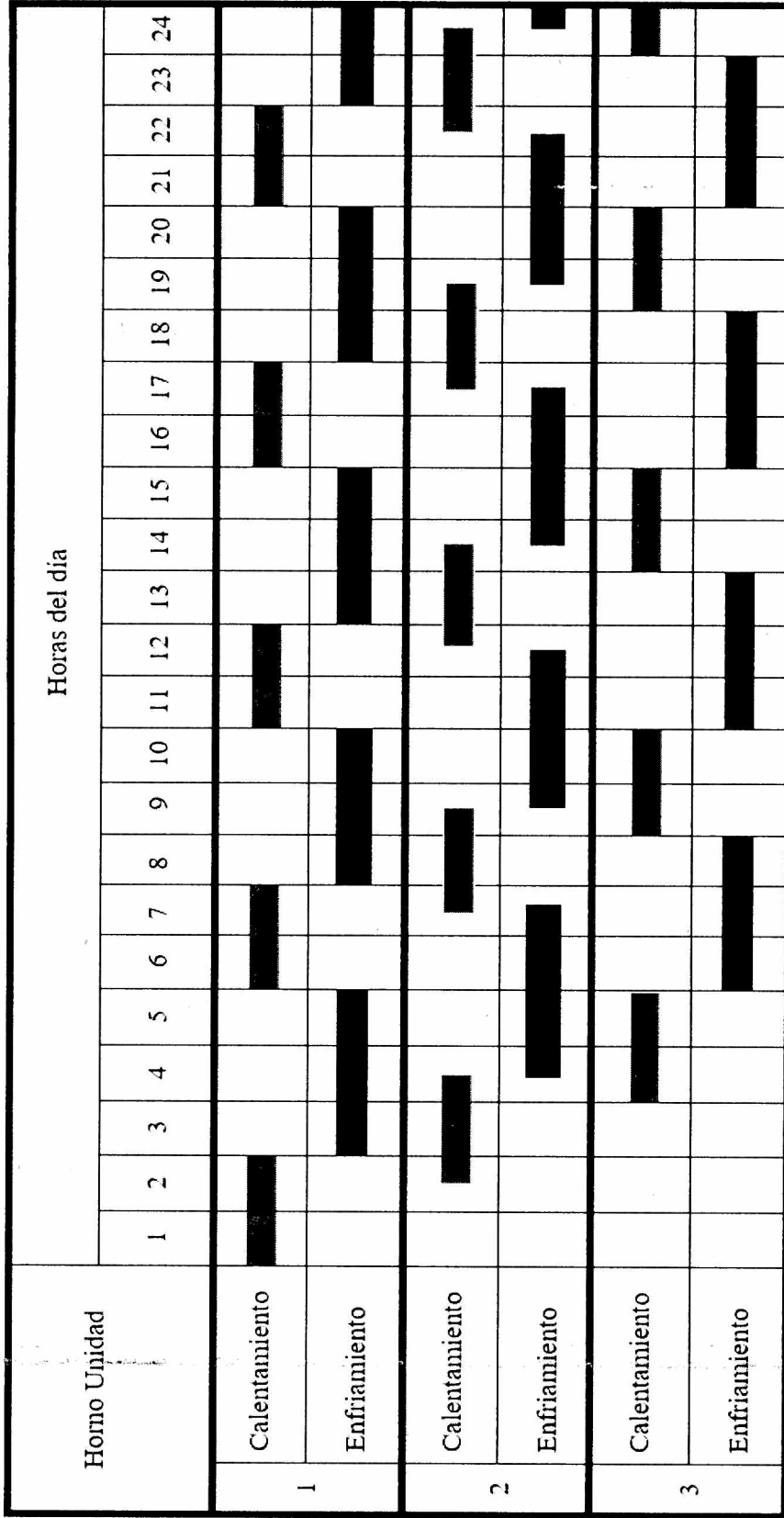


Figura 7.2.2.1 Esquema de Producción Continua DTQ.

7.2.3. Descripción del Proceso y Diagramas de Flujo

Con respecto a los esquemas presentados para el método AUC, las secciones 2, 3, 4 y 7 permanecen iguales.

La Sección 1 - Materiales e Insumos se modifica debido a que para el método DTQ no se emplean el metanol y los gases en tubos N_2 , O_2 , CO_2 y NH_3 y en su lugar se utiliza el poliacrilonitrilo.

Por otra parte, la sección 5 se modifica totalmente y la Sección 6 desaparece.

Sección 1 DTQ – Materiales e insumos: En esta Sección se elimina el metanol y los tubos de gases empleados en el método AUC. En su reemplazo se agrega el poliacrilonitrilo (PAN).

Por lo tanto, al mantenerse la codificación de los equipos del método AUC solo se describirán los reservorios relacionados a la línea de insumo del PAN.

Del tanque 1T1/2 se bombea ácido nítrico al 65% al tanque 1T11 mediante la bomba centrífuga 1BC19/20.

El PAN se adquiere en bolsas que se descargan en la tolva 1TV1 que alimentará al tanque 1T11. En este recipiente se mezcla el PAN con ácido nítrico hasta conseguir una solución 2 molar en el ácido. Esta mezcla se logra con el agitador 1AG2.

Mediante la bomba centrífuga 1BC21/22 se bombea la solución de PAN en ácido nítrico a la Sección 5 DTQ Calcinación.

Sección 1 - DTQ - Materiales e Insumos

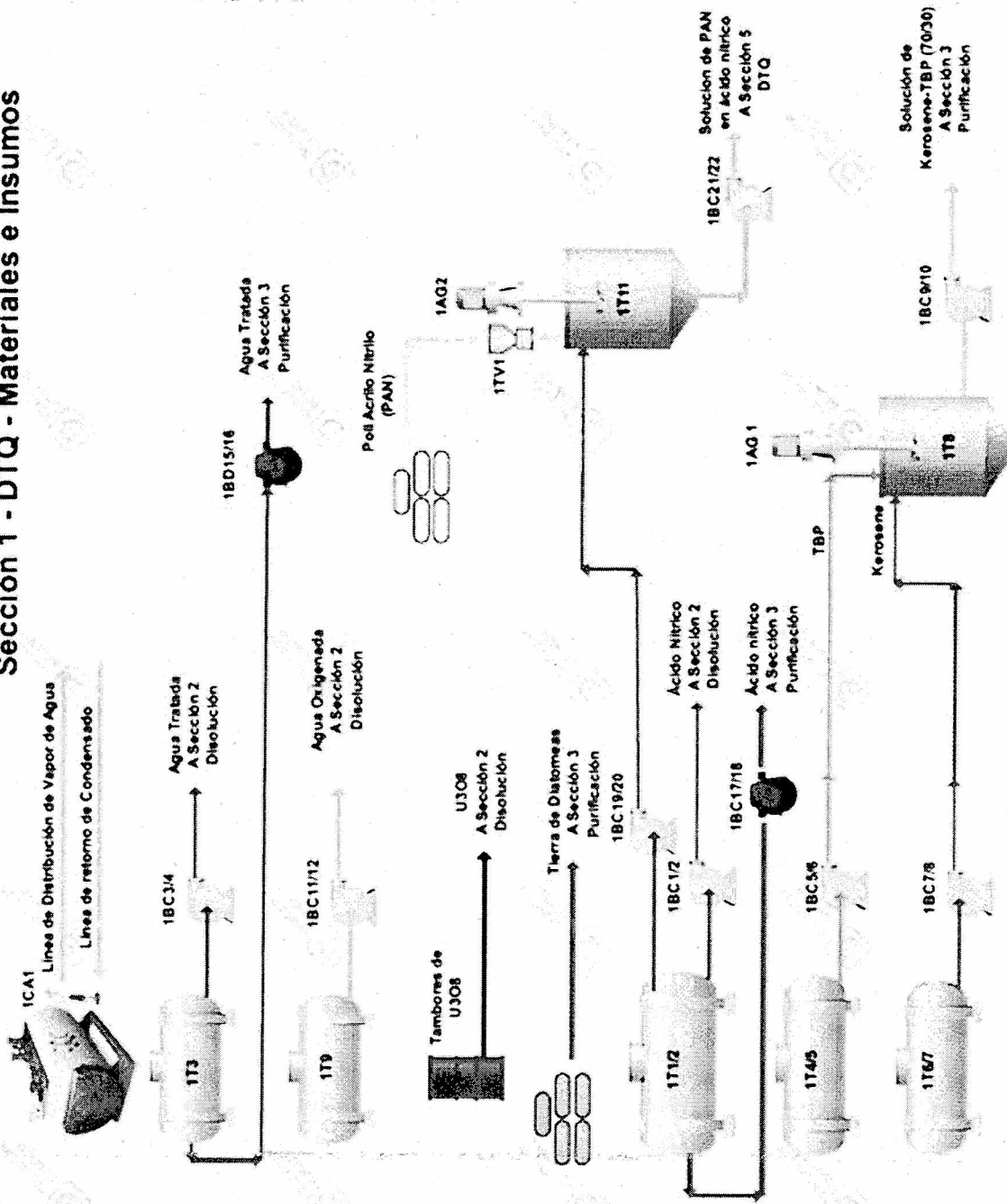


Figura 7.2.3.1 Diagrama de Flujo Sección 1 - DTQ.

Sección 5 DTQ – Calcinación: Esta Sección reemplaza íntegramente a la Sección 5 - Precipitación del método AUC.

En el tanque 5T4 se mezcla con el agitador 5AG3 el nitrato de uranilo 400 gU/l proveniente de la Sección 4 - Evaporación con la mezcla de PAN en ácido nítrico 2 molar del tanque 1T11 de la sección 1-DTQ.

Esta mezcla llenará las bandejas del horno mediante las bombas dosificadoras 5BD10/11, mediante los respectivos rociadores dispuestos en los hornos-mufla 5H1/3 donde ocurrirá la calcinación con control de temperatura, para obtener UO_2 .

Los 3 hornos responden a la necesidad de armar una producción continua, considerando 2 horas para la calcinación controlada con rampa de calentamiento y 3 horas para enfriamiento.

Las bandejas 5BJ5/16 se dejan enfriar en las cintas transportadoras hasta alcanzar la temperatura ambiente.

Estas bandejas pasan a la cinta 5CT1 que cuenta con un sistema de aspiración por vacío mediante la campana aspiradora 5AS1 para trasladar el UO_2 de las bandejas al tanque 5T5, que cuenta con un filtro de polvos 5F3 y un recipiente de seguridad 5RS1.

El sistema aspirador cuenta con las bombas de vacío 5BV1/2 (una en operación y otra en reserva), protegida por filtros de polvos.

Al vaciar el tanque 5T5 hay un molino de bolas 5MB1 (para evitar apelmazamiento del producto) y una válvula rotatoria 5VR, que llevará el dióxido de uranio a la tolva 5TV2 (que actúa como pulmón).

Finalmente, con una bomba tornillo 5BT1 y la tolva 5TV3 (embudo) se pasará el UO_2 , al sistema de Envasado de los tambores que luego pasarán a la sección 7 Homogenización y envasado para obtener el UO_2 .

Sección 5 - DTQ - Obtención de UO_2

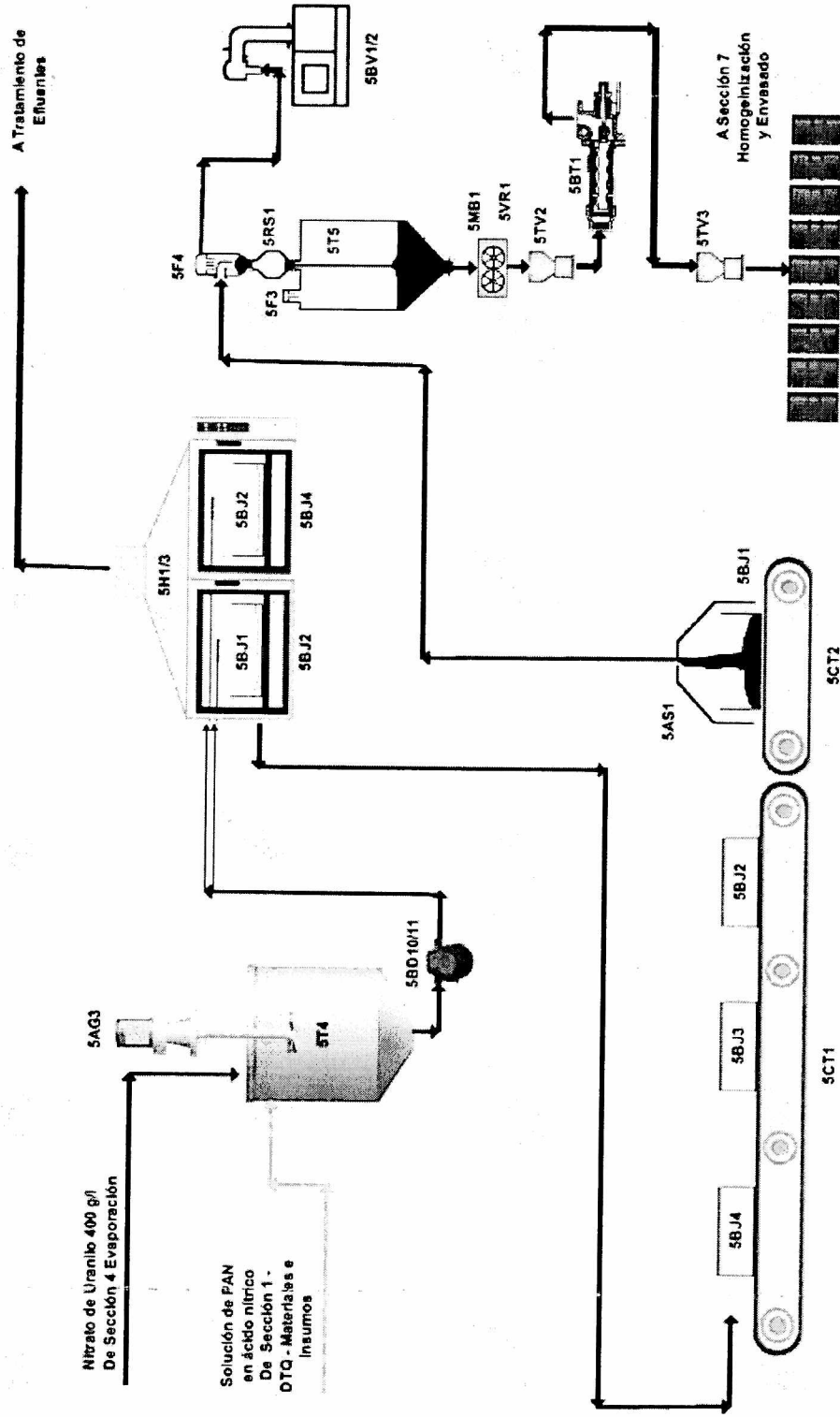


Figura 7.2.3.2 Diagrama de Flujo Sección 5 - DTQ.

8. EVALUACIÓN ECONÓMICA

8.1. Introducción

Las estimaciones de los costos en una etapa de prediseño llamadas estimaciones del orden de magnitud, de estudio y preliminar requieren información menos detallada que la estimación definitiva y de detalle. Sin embargo, las estimaciones previas al diseño son fundamentales para decidir si un proyecto determinado ha de seguir su curso y para la comparación de las diversas alternativas posibles. El presente trabajo está confeccionado con este tipo de estimación. Debe tenerse en cuenta que la diferencia entre las estimaciones antes del diseño y las definitivas desaparecen gradualmente, en la medida en que se incluyen cada vez más detalles.

A continuación, se presenta en la Tabla 8.1.1 la guía informativa para la estimación de los costos aplicada a este trabajo. Del análisis de la evaluación resulta haciendo una ponderación analítica que el margen de error se encuentra del orden del 25% (24,7%).

Tabla 8.1.1 guía informativa para la estimación de los costos

RUBRO	INFORMACIÓN REQUERIDA	TIPO DE ESTIMACIÓN				
		1	2	3	4	5
Terreno	Ubicación	&	&	&	&	
	Descripción general	%	%	%		
	Capacidad para soportar cargas	&	&	&		
	Orientación y dimensiones; caminos, embalses, cercos	&	&	&		
	Planos Detallados del terreno y Cartas Topográficas	&	&	&		
	Descripción detallada de las mejoras existentes	&	&			
					%	
Diagramas de Flujo de Proceso	Borradores					
	Preliminares			&		
	Detallados	&	&			
Lista de Equipos	Dimensionamiento preliminar			%	%	
	Especificaciones ingenieriles	&	&			
	Recipientes	%	%			
	Distribución general a) preliminar			%	%	
	b) detallada	&				
Obras Civiles e	Dimensiones aproximadas y tipo de construcciones				%	

Infraestructuras	Bosquejos de las fundaciones				&		
	Arquitectura y construcción				&		
	Diseño estructural preliminar		&				
	Distribución general y perspectivas		&				
	Planos detallados		&				
	Cantidades aproximadas (vapor, agua, electricidad, etc)					&	
Servicios Auxiliares	Balances térmicos preliminares				&		
	Diagramas de flujo preliminares				&		
	Balances térmicos detallados		&				
	Diagramas de flujo definitivos		&				
	Planos bien detallados		&				
	Diagramas de flujo preliminares y especificaciones					&	
Cañerías y Accesorios	Diagrama de flujo definitivos		&				
	Especificaciones, distribución y programas de instalación		&				
	Especificaciones aproximadas					&	
	Lista preliminar de equipos, cañerías que deben aislarse					&	
	Especificaciones de aislaciones y programa de instalaciones		&				
	Planos bien detallados o especificaciones detallados		&				
Instrumentación	Lista preliminar de los instrumentos					&	
	Lista definitiva y diagramas de flujo		&				

	Planos bien detallados	&				
Instalaciones Eléctricas	Lista preliminar de motores y sus dimensiones aproximadas			&		&
	Lista definitiva y dimensiones	&		&		
	Subestaciones, cantidad y dimensiones, especificaciones	&		&		
	Especificaciones relativas a la distribución	&				
	Especificaciones preliminares de iluminación			&		
	Especificaciones preliminares de conexiones y controles			&		
	Diagramas definitivos de circuitos (de potencia y de iluminación)	&		&		
	Planos bien detallados	&				
	Ingeniería y preparación de planos	&		&		&
	Mano de obra (operarios)	%				
Horas Hombre	Supervisión	%				
	Producto, capacidad, ubicación y condiciones del terreno necesario, requerimiento de servicio y edificaciones auxiliares.					%
	Movimiento y almacenaje de materias primas, productos elaborados y terminados					

Referencias: & Requerido no disponible % Requerido disponible

Índices de costos: La mayor información de costos disponible para su utilización inmediata en una estimación preliminar o previa al diseño se basa en condiciones que fueron válidas en cierto momento anterior. Ya que los precios están sujetos a variaciones, debe utilizarse algún método que permita convertir los costos en cierta fecha anterior a costos equivalentes al momento de su utilización. Esto se logra mediante el empleo de índices de costos.

Un índice de costos es un número válido para cierta fecha que indica el costo actual con respecto al costo para una fecha anterior que se toma como base.

$$\text{Costo Actual: Costo Original.} \frac{\text{Valor índice Actual}}{\text{Valor índice de fecha costo original}}$$

Algunos de estos índices pueden utilizarse para estimar los costos de equipos, otros tienen aplicación para estimar la mano de obra, construcción, materiales, u otros campos especializados. Para realizar la estimación de costos de equipos en este trabajo se utilizaron los índices de Marshall y Swift. Se trata de un índice promedio ponderado de ocho industrias de procesos, que tiene en cuenta el costo de la maquinaria y de los equipos más importantes, los costos de instalación, accesorios, herramientas y otros equipos de menor importancia.

Factores de costos en la inversión de capital: Como se definió previamente la inversión de capital es la cantidad de dinero necesaria para poder disponer de la planta y de los medios e instalaciones para la producción, más la cantidad de dinero necesario para la operación de la misma.

La variación típica de los costos de cada rubro de la inversión puede ser expresada como un porcentaje de las inversiones de capital fijo, ya sea para plantas nuevas o para grandes ampliaciones de plantas existentes.

Estimación del costo de equipos sobre la base del aumento de escala: Frecuentemente es necesario estimar el costo de un equipo sin disponer de datos sobre equipos de la capacidad operacional o de las dimensiones necesarias. En estos casos se pueden obtener buenos resultados utilizando la relación logarítmica conocida como "regla del factor de los seis décimos", válida siempre que el equipo a adquirir sea similar a otro, de capacidad diferente, cuyo costo sea conocido.

$$\text{Costo equipo a : Costo equipo b.} \left(\frac{\text{capacidad equipo a}}{\text{capacidad equipo b}} \right)^{0.6}$$

La ecuación anterior indica que una representación doblemente logarítmica de la capacidad en función del costo del equipo, para cierto tipo de equipo, debe resultar en una recta de pendiente igual a 0,6.

En general, el concepto del costo en relación con la capacidad no debe utilizarse más allá de una capacidad 10 veces mayor, teniendo en cuenta que debe tratarse de equipos similares con respecto al tipo de fabricación, materiales de construcción, e intervalos y límites de temperatura y presiones en que operan.

A los fines de obtener costos de los equipos, en este trabajo se han utilizado:

-Gráficos en bibliografía de capacidad vs. costo de adquisición.

- Costos de equipos de proyectos similares consultados como bibliografía.^{3 4 5}

En ambos casos se corrigieron los valores según índices de Marshall y Swift, considerando el año en que se disponía la información y el año 2022.

8.2. Localización

En este trabajo el estudio de localización está fuera del alcance planteado en el objetivo debido a que es un tema que requiere un tratamiento particular y detallado. El proceso de selección del lugar de adecuado requiere del análisis de distintos factores, de tipo económico, tecnológico, de costos, social, ambiental, logística y de mercado. En un estudio de localización se trabaja con un software que permite realizar un análisis multicriterio y deben participar un grupo multidisciplinario de expertos. Otro de los aspectos relevantes y de gran influencia en el éxito del proyecto es trabajar con un sistema georreferenciado que se vincula con el análisis multicriterio para ir estableciendo capas en el mapa del país, para poner luego de la superposición de las mismas de sitios de emplazamiento potenciales que cumplan con todos los requerimientos.

8.3. Cronograma del proyecto

Se considera el mismo cronograma del proyecto para ambas alternativas a evaluar (AUC y DTQ) debido a que solamente se elimina la Sección 6 - conversión del método DTQ.

A continuación, se describen para los distintos ejercicios los períodos de tiempo de cada uno de los rubros necesarios para que la planta llegue a operar al 100%.

La inversión será realizada en los dos años estipulados para la construcción con un reparto de los gastos 50% en cada ejercicio.

Se espera alcanzar en el primer año de operación el 90% de la capacidad de la planta, en sucesivas etapas intermedias del 30%, 50% y 70% para llegar en el año 2 a un 100% de operación

³ Documentación de Ingeniería Básica de Planta de Tratamiento Hidrometalúrgico Sierra Pintada. Departamento Desarrollo de Procesos. Gerencia de Procesos Químicos. CNEA. Año 1979.

⁴ Documentación Proyecto y Evaluación Económica Planta Piloto AUC. Departamento Desarrollo de Procesos. Gerencia de Procesos Químicos. CNEA. Año 1981.

⁵ Documentación Anteproyecto Planta de Separación Circonio-Hafnio. Evaluación Técnico-Económica. Proyecto Fábrica de Aleaciones Especiales. Departamento Desarrollo de Procesos. Gerencia de Procesos Químicos. CNEA. Año 1980.

RUBRO	EJERCICIO															
	-2				-1				1				2			
	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV
ADJUDICACIÓN DE CRÉDITOS																
COMPRA DE EQUIPOS																
CONSTRUCCIÓN																
MONTAJE																
PRUEBAS Y ENSAYOS DE PUESTA EN MARCHA																
OPERACIÓN AL 30%																
OPERACIÓN AL 50%																
OPERACIÓN AL 70%																
OPERACIÓN AL 90%																
OPERACIÓN AL 100%																

Figura 8.3.1 Cronograma de Proyecto.

8.4. Evaluación económica método AUC

8.4.1. Costos del Proyecto

8.4.1.1. Costo de los equipos

En función de las listas de especificación de equipos y del procedimiento para la estimación del costo de equipos se confeccionaron las respectivas tablas que se presentan en el ANEXO III. A continuación, en la Tabla 8.4.1.1.1 se presenta el detalle por sección.

INVERSIONES EN EQUIPOS	MÉTODO AUC
Sección	(U\$S)
1 - Materiales e Insumos	1.109.400
2 - Disolución	654.700
3 - Purificación	1.015.380
4 - Evaporación	330.300
5 - Precipitación	323.180
6 - Conversión	138.800
7- Homogeneización y envasado	62.600
Total	3.634.360

Tabla 8.4.1.1.1 Resumen de inversiones en equipos de proceso AUC

8.4.1.2. Tabla resumen de Costos

A continuación, se presenta en la tabla 8.4.1.2.1 el resumen de los costos correspondiente al segundo año de vida de la planta para una planta de producción de 150 t/año de UO_2 por el método convencional AUC.

El costo de financiación, correspondiéndole a este ejercicio se integra con los Intereses preoperativos año -1 y los Intereses por inversiones año 2.

Nro.	ITEM	Costos (U\$S/año)		
		Fijos	Variables	Total
COSTO DE PRODUCCIÓN (84,29%)				
1	Mat. prima materiales e insumos		33.525.860	
2	Transp. Mat. prima mater. e insumos		186.000	
3	Servicios auxiliares		4.500.000	
4	Sueldo personal profesional / técnico	2.195.700		
5	Mano de obra directa	304.200		
6	Salarios del pers. de servicios	134.550		
7	Amortiz. Edific. Imputable a produc.	36.200		
8	Amortiz. imputable a producción	356.700		
9	Seguros	121.000		
10	Gastos de laboratorios		56.200	
11	Higiene y seguridad	61.000		
12	Mantenimiento y reparación	725.000		
13	Gastos varios de planta		110.000	
Subtotal		3.934.350	38.378.060	42.312.410
COSTO DE ADMINISTRACIÓN (0,58%)				
1	Sueldos del personal Administrativo	183.300		
2	Gastos administrativos	55.000		
3	Mantenimiento de edificios	33.000		
4	Amortización Rodados	20.000		
5	Amortiz. Edific. imputable a administ.	1.000		
Subtotal		292.300	0	292.300
COSTO DE FINANCIACIÓN (15,13%)		INTERNO	EXTERNO	
1	Intereses preoperativos año -1	3.963.989	63.000	
2	Intereses por inversiones año 2	3.511.220	55.125	
Subtotal		7.475.209	118.125	7.593.334
Total				50.198.044

Tabla 8.4.1.2.1 Resumen de Costos Año 2

Con el valor del costo total y el tamaño de planta resulta un costo de 335 U\$\$/kg.

Se considera una ganancia del 15 % para los cálculos de los indicadores económicos resultando un precio de venta de 385 U\$\$/kg

En la Tabla 8.4.1.2.2 se presenta el resumen de los costos correspondiente al primer año de vida de la planta para una producción al 70% de la capacidad de 150 t/año de UO₂ por el método convencional AUC, en la cual se reducen los costos de producción variables.

Por otra parte se modifica el costo de financiación, correspondiéndole a este ejercicio los Intereses preoperativos año -2 y los Intereses por inversiones año 1.

Nro.	ITEM	Costos (U\$\$/año)		
		Fijos	Variables	Total
COSTO DE PRODUCCIÓN (78,76%)				
1	Mat. prima materiales e insumos		23.468.100	
2	Transp. Mat. prima mater. e insumos		130.200	
3	Servicios auxiliares		3.150.000	
4	Sueldo personal profesional / técnico	2.195.700		
5	Mano de obra directa	304.200		
6	Salarios del pers. de servicios	134.550		
7	Amortiz. Edific. Imputable a produc.	36.200		
8	Amortiz. imputable a producción	356.700		
9	Seguros	121.000		
10	Gastos de laboratorios		39.340	
11	Higiene y seguridad	61.000		
12	Mantenimiento y reparación	725.000		
13	Gastos varios de planta		110.000	
Subtotal		3.934.350	26.897.640	30.831.990
COSTO DE ADMINISTRACIÓN (0,75%)				
1	Sueldos del personal Administrativo	183.300		
2	Gastos administrativos	55.000		
3	Mantenimiento de edificios	65.000		
4	Amortización Rodados	20.000		

5	Amortiz. Edific. imputable a administ.	1.000		
Subtotal		292.300	0	292.300
COSTO DE FINANCIACIÓN (20,49%)		INTERNO	EXTERNO	
1	Intereses preoperativos año -2	4.140.000	63.000	
2	Intereses por inversiones año 1	3.756.927	63.000	
Subtotal		7.896.297	126.000	8.022.297
Total				39.146.587

Tabla 8.4.1.2.2 Resumen de Costos Año 1

Se puede apreciar de la comparación de los porcentajes de participación de cada uno de los 3 rubros de costos, como al bajar el porcentaje del costo de producción por la baja de los costos variables, se incrementan la participación porcentual de administración y de financiación en la formación del costo total.

En la siguiente Tabla 8.4.1.2.3 se presenta el costo total por ejercicio para cada uno de los 30 años de producción evaluados.

Tabla 8.4.1.2.3 Costo Total anual

Año del Proyecto	Costo de Producción	Costo de Administración	Intereses preoperativos	Costo Financiero	Costo Total
	(U\$S/año)				
1	30.831.990	292.300	4.203.000	3.819.297	39.146.587
2	42.312.410	292.300	4.026.989	3.566.345	50.198.044
3	42.312.410	292.300		3.269.279	45.873.989
4	42.312.410	292.300		2.920.158	45.524.868
5	42.312.410	292.300		2.509.613	45.114.323
6	42.312.410	272.300		2.026.588	44.611.298
7	42.312.410	272.300		1.458.036	44.042.746
8	42.312.410	272.300		788.562	43.373.272
9	42.312.410	272.300			42.584.710
10	42.312.410	272.300			42.584.710
11	42.312.410	272.300			42.584.710
12	42.312.410	272.300			42.584.710
13	42.312.410	272.300			42.584.710

14	42.312.410	272.300			42.584.710
15	42.312.410	272.300			42.584.710
16	42.312.410	272.300			42.584.710
17	42.312.410	272.300			42.584.710
18	42.312.410	272.300			42.584.710
19	42.312.410	272.300			42.584.710
20	42.312.410	272.300			42.584.710
21	42.312.410	272.300			42.584.710
22	42.312.410	272.300			42.584.710
23	42.312.410	272.300			42.584.710
24	42.312.410	272.300			42.584.710
25	42.312.410	272.300			42.584.710
26	42.312.410	272.300			42.584.710
27	42.312.410	272.300			42.584.710
28	42.312.410	272.300			42.584.710
29	42.312.410	272.300			42.584.710
30	42.312.410	272.300			42.584.710

8.4.1.3. Detalle de los Costos Totales

Los costos se han dividido en 3 componentes:

- Costos de Producción
- Costos de Administración
- Costos de Financiación

A continuación, se presenta el desglose de los ítems de cada uno de ellos.

1- Costo de Producción

1.1 Materia Prima, materiales e insumos

De acuerdo a las reacciones químicas presentadas en la descripción general del proceso, se realizó un balance masa para obtener las cantidades de consumo anual de cada uno de los reactivos, materiales e insumos para obtener 150 toneladas al año de producto terminado $UO_{2,12}$.

Para el caso de materia prima se partió de U₃O₈ importado, valor CIF (costo-seguro y flete del inglés) puesto en el puerto de Buenos Aires y un valor adicional estimado por transporte y seguro a la localización destino.

El costo del resto de los reactivos, materiales e insumos son valores de mercado puestos en planta.

Se presenta a continuación en la Tabla 8.4.1.3.1 los valores utilizados y los precios de mercado en dólares al valor oficial del BCRA al momento de realizar el trabajo (365 \$/U\$S) de cada uno de ellos, según la descripción.

Ítem	Consumo		Unidad	Costo unitario	Costo Total
	(t/año)	tubos x año			(U\$S/año)
U ₃ O ₈	155		U\$S/t	200.000	31.000.000
Ác. Nítrico al 65%	110		U\$S/t	350	38.500
Kerosene	6,6		U\$S/l	450	2.970
TBP	2,80		U\$S/t	45.000	126.000
Agua Oxigenada	20		U\$S/t	700	14.000
Oxígeno	1,1	44	U\$S/tubo	755	33.220
Hidrógeno	1,1	44	U\$S/tubo	755	33.220
Dióxido de Carbono	73	2920	U\$S/tubo	755	2.204.600
Amoniaco	57		U\$S/t	1.150	65.550
Tierra de Diatomeas	6		U\$S/t	425	2.550
Metanol	14		U\$S/t	375	5.250
Total Materia Prima, materiales e insumos					33.525.860

Tabla 8.4.1.3.1 Costo materia prima, materiales e insumos

1.2 Transporte de Materia Prima, materiales e insumos

Estos costos incluyen el flete y los gastos de transporte que dependen de la forma en que se comprará la materia prima, materiales e insumos que se usaran en la planta. En este estudio los precios consultados de todos ellos corresponden a reactivos, materiales e insumos puestos en planta excepto la materia prima. En este caso como materia prima se partió de U₃O₈ importado, valor CIF (costo-seguro y flete del inglés) puesto en el puerto de Buenos Aires. En base a esta

definición se consideró un valor estimado por transporte y seguro a la localización de destino no definida en el alcance de este estudio (aproximadamente 600 km).

De acuerdo a la bibliografía empleada se estima en:

Ítem	Costo Total (U\$S/año)
Transporte de Materia Prima, materiales e insumos	186.000

Tabla 8.4.1.3.2 Costo de transporte de materia prima, materiales e insumos

1.3 Servicios Auxiliares

Estos costos incluyen la electricidad necesaria para los motores de la planta y los diversos equipos de proceso que necesiten energía eléctrica, el vapor, agua para el proceso y para enfriamiento, aire comprimido, combustibles tales como gas natural y fuel oil. También se incluyen los gastos de la iluminación. Es un costo variable y dependen de la producción.

De acuerdo a la bibliografía empleada se estima para un análisis preliminar:

Ítem	Costo Total (U\$S/año)
Servicios Auxiliares	4.500.000

Tabla 8.4.1.3.3 Costo de Servicios auxiliares

1.4 Sueldo del Personal profesional y técnico

El plantel total de la planta se estimó en 92 personas. De ellos 29 son profesionales (31,5), 24 técnicos (26,1%), y 8 auxiliares (8,7%) representando un total de 61 personas (66,3%)

Para el cálculo se consideró en todos los casos 13 meses al año para incluir los 2 aguinaldos y un porcentaje del 50 % para cubrir las cargas sociales.

Se presentan a continuación los sueldos mensuales de mercado en dólares al valor oficial del BCRA (365 \$/U\$S)

1- Profesional

Se listan las distintas categorías, con un plantel de 29 profesionales requeridos, según la descripción.

Descripción	Categoría	Cantidad por turno	Turnos	Cantidad Total	Sueldos	Total
					(U\$\$/mes)	(U\$\$/año)
Jefe planta	1	1	1	1	5.000	65.000
Jefe turno	2	1	4	4	3.300	171.600
Semi senior	3	2	4	8	2.500	260.000
Junior	4	2	4	8	1.600	166.400
Jefe Laboratorio	5	2	4	8	2.700	280.800
Subtotal						943.800

2 - Técnico

Se presenta a continuación los sueldos mensuales de las distintas categorías, con un plantel de 24 Técnicos y 8 auxiliares de laboratorio requeridos, según la descripción.

Descripción	Categ.	Cantidad por turno	Turnos	Cantidad Total	Sueldos	Total
					(U\$\$/mes)	(U\$\$/año)
Téc. de Laboratorio	1	4	4	16	1.400	291.200
Aux. de Laboratorio	2	2	4	8	800	83.200
Téc. de Planta	3	2	4	8	1.400	145.600
SubTotal						520.000

El ítem correspondiente al costo de producción en relación a sueldos del personal profesional y técnico resulta el indicado en la Tabla 8.4.1.3.4.

Ítem	Costo Total (U\$\$/año)
Personal Profesional	943.800
Personal técnico y Auxiliar de laboratorio	520.000
Cargas sociales	731.900
Total Sueldo del Personal profesional y técnico	2.195.700

Tabla 8.4.1.3.4 Costo Sueldo del Personal profesional y técnico

1.5 Mano de obra directa

Se presenta a continuación en la Tabla 8.4.1.3.5) de las distintas categorías, con un plantel de 16 personas (17,4%) conformado por operarios especializados y operarios Junior requeridos, según la descripción.

Descripción	Categ.	Cantidad por turno	Turnos	Cantidad Total	Sueldos (U\$\$/mes)	Costo Total (U\$\$/año)
Operarios Espec.	1	2	4	8	1.100	114.400
Operarios Junior	2	2	4	8	850	88.400
SubTotal						202.800
Cargas sociales						101.400
Total Mano de obra directa						304.200

Tabla 8.4.1.3.5 Costo Mano de obra directa

1.6 Salarios del personal de servicios

Se presenta a continuación en la Tabla 8.4.1.3.6 los sueldos mensuales de mercado de las distintas categorías, con un plantel de 10 personas (10,9%) conformado por personal limpieza y de seguridad física requeridos, según la descripción.

Descripción	Categ.	Cantidad por turno	Turnos	Cantidad Total	Sueldos (U\$\$/mes)	Total (U\$\$/año)
Personal limpieza	1	2	1	2	450	11.700
Personal Seg. física	2	2	4	8	750	78.000
SubTotal						89.700
Cargas sociales						44.850
Total Salarios de personal de servicios						134.550

Tabla 8.4.1.3.6 Costo Salarios de personal de servicios

1.7 Amortización edificios imputable a producción

Este ítem contempla la vida útil de los edificios imputable a producción que es de 50 años y considerando amortización lineal en ese periodo resulta el siguiente valor.

Ítem	Costo Total (U\$S/año)
Amortización edificios imputable a producción	36.200

Tabla 8.4.1.3.7 Costo Amortización edificios imputable a producción

1.8 Amortización imputable a producción

Este ítem contempla la vida útil del equipamiento de proceso, cañerías, accesorios e instrumentación imputable a producción que es de 30 años y considerando amortización lineal en ese periodo resulta el siguiente valor.

Ítem	Costo Total (U\$S/año)
Amortización imputable a producción	356.700

Tabla 8.4.1.3.8 Costo Amortización imputable a producción

1.9 Seguros

Este costo depende del tipo de proceso que se realiza en la planta y del grado de protección existente. Es un valor que depende fuertemente de la inversión de capital fijo

De acuerdo a la bibliografía empleada se estima en:

Ítem	Costo Total (U\$S/año)
Seguros	121.000

Tabla 8.4.1.3.9 Costo Seguros

1.10 Gastos de laboratorio

En este ítem se incluye el costo de los reactivos e insumos para los ensayos de laboratorio para el control de las operaciones y el control de la calidad del producto terminado.

De acuerdo a la bibliografía empleada se estima en:

Ítem	Costo Total (U\$S/año)
Gastos de laboratorio	56.200

Tabla 8.4.1.3.10 Costo Gastos de laboratorio

1.11 Higiene y seguridad

Son aquellos costos que implican una inversión única, que generalmente suele ser en la fase de proyecto en los que se incluyen Sistemas de seguridad y control de la maquinaria y las instalaciones, previsión de las salidas de emergencia, los materiales y los equipos contra incendios.

Se incluyen aquí los gastos relacionados a servicios médicos y controles periódicos del personal.

Debido a que se debe tener una conducta preventiva creando estrategias, dependen de las necesidades y características de cada planta. Se deben generar condiciones y métodos de trabajo seguros, para evitar daños a los trabajadores, cumplir con la legislación, para evitar multas y sanciones.

De acuerdo a la bibliografía empleada se estima en:

Ítem	Costo Total (U\$\$/año)
Higiene y seguridad	61.000

Tabla 8.4.1.3.11 Costo Higiene y seguridad

1.12 Mantenimiento y reparaciones

Este costo contempla el gasto que se debe hacer para mantener la planta en eficientes condiciones de operación. Estos gastos incluyen solamente los materiales, ya que la mano de obra y la supervisión está incluida en los sueldos del personal. Por otra parte, deben incluirse la mano de obra y materiales de arreglos realizados por terceros.

Son fuertemente dependientes de la inversión fija y del tipo de condiciones de la operación. Si la planta trabaja en condiciones de operación no muy severas o muy severas.

De acuerdo a la bibliografía empleada se estima en:

Ítem	Costo Total (U\$\$/año)
Mantenimiento y reparaciones	725.000

Tabla 8.4.1.3.12 Mantenimiento y reparaciones

1.13 Gastos varios de planta

En este rubro se incluyen los gastos necesarios para mantenimiento de equipos vinculados con la limpieza de edificios, mantenimiento de parques, herramientas, guardias superintendencia entre otros.

De acuerdo a la bibliografía empleada se estima en:

Ítem	Costo Total (U\$\$/año)
Gastos varios de planta	110.000

Tabla 8.4.1.3.13 Costo Salarios de personal de servicios

2- Costo de Administración

2.1. Sueldo del personal administrativo

Se presenta a continuación en la tabla 8.4.1.3.14 los sueldos mensuales de mercado en dólares al valor oficial del BCRA (365 \$/U\$S) de las distintas categorías, con un plantel de 5 personas conformado según la descripción de la tabla.

Descripción	Categ.	Cantidad por turno	Turnos	Cantidad Total	Sueldos	Total
					(U\$S/mes)	(U\$S/año)
Jefe Administración	1	1	1	1	3.300	42.900
Contador	2	1	1	1	2.500	32.500
Secretaria administ.	3	1	1	1	1.400	18.200
administrativos	4	2	1	2	1.100	28.600
SubTotal						122.200
Cargas sociales						61.100
Total Sueldo del personal administrativo						183.300

Tabla 8.4.1.3.14 Costo Salarios de personal administrativo

2.2. Gastos administrativos

Los honorarios del contratista dependen del tamaño de planta. De acuerdo con la bibliografía empleada se estima en:

Ítem	Costo Total (U\$S/año)
Gastos administrativos	55.000

Tabla 8.4.1.3.15 Costo Gastos administrativos

2.3. Mantenimiento de edificios

Este costo incluye las obras y reparaciones que son necesarias para mantener en perfecto estado todos los edificios de la planta, que incluye el costo de mano de obra materiales y suministros relacionados con cañerías, calefacción ventilación y otros servicios análogos, pinturas, reparación de techos, entre otros.

De acuerdo a la bibliografía empleada se estima en:

Ítem	Costo Total (U\$S/año)
Mantenimiento de edificios	33.000

Tabla 8.4.1.3.16 Costo Mantenimiento de edificios

2.4. Amortización de los rodados

Este ítem contempla la vida útil de los 2 rodados adquiridos que es de 5 años y considerando amortización lineal en ese periodo resulta el siguiente valor.

Ítem	Costo Total (U\$S/año)
Amortización de los rodados	20.000

Tabla 8.4.1.3.17 Costo Amortización de los rodados

2.5. Amortización edificios imputable a administración

Este ítem contempla la vida útil de los edificios imputable a administración que es de 50 años y considerando amortización lineal en ese periodo resulta el siguiente valor.

Ítem	Costo Total (U\$S/año)
Amortización edificios imputable a administración	1.000

Tabla 8.4.1.3.18 Costo Amortización edificios imputable a administración

3- Costo de Financiación

Se consideró como criterio una distribución de los montos de las inversiones de un 30% de aporte de capital propio y de un 70 % de capital financiado, A su vez la financiación se dividió en préstamos en el exterior y en el país.

Los intereses preoperativos son considerados también como aporte de capital propio.

A continuación, se presenta en la Tabla 8.4.1.3.19 el detalle de la financiación a realizar en el exterior con un préstamo por un valor de 700.000 U\$S y financiación por el método alemán. Se considera una comisión del 1,5 %. El crédito es a 10 años con un período de gracia de 2 años, con una tasa del 7,5 %.

Este tipo de préstamo contempla que la amortización es constante en todos los años del plazo, siendo variable la anualidad. El valor de la amortización resulta de dividir el monto del préstamo por los años que dura.

Año		Deuda	Amortiz.	Interés	Comisión	Anualidad
Calendario	Proyecto	U\$/año				
-2	1	700.000		52.500	10.500	63.000
-1	2	700.000		52.500	10.500	63.000
1	3	612.500	87.500	52.500	10.500	150.500
2	4	525.000	87.500	45.938	9.188	142.625
3	5	437.500	87.500	39.375	7.875	134.750
4	6	350.000	87.500	32.813	6.563	126.875
5	7	262.500	87.500	26.250	5.250	119.000
6	8	175.000	87.500	19.688	3.938	111.125
7	9	87.500	87.500	13.125	2.625	103.250
8	10	0	87.500	6.563	1.313	95.375

Tabla 8.4.1.3.19 Costo de servicio de préstamo externo

Los intereses preoperativos y la comisión del préstamo representan un total de U\$S 126.000, cuyo valor se incluye en la tabla resumen de Inversiones.

En la tabla 8.4.1.3.20 se presenta el detalle de la financiación a realizar en el país con un préstamo por un valor de U\$S 23.000.000 y financiación por el método francés. El préstamo es a 10 años sin período de gracia, con una tasa del 18,0 %.

Este tipo de préstamo contempla que la amortización es variable en todos los años del plazo, mientras que la anualidad es constante.

El valor de la anualidad se calcula con la siguiente fórmula:

$$\text{Anualidad} = V / (1 - (1/(1+i))^N) / i$$

Donde V: valor del préstamo

N: duración del préstamo

I: tasa de interés

Año		Deuda	Amortiz.	Interés	Anualidad
Calendario	Proyecto	U\$/año			
-2	1	22.022.163	977.837	4.140.000	5.117.837
-1	2	20.868.316	1.153.847	3.963.989	5.117.837
1	3	19.506.776	1.361.540	3.756.297	5.117.837
2	4	17.900.159	1.606.617	3.511.220	5.117.837
3	5	16.004.351	1.895.808	3.222.029	5.117.837
4	6	13.767.297	2.237.054	2.880.783	5.117.837
5	7	11.127.574	2.639.723	2.478.113	5.117.837
6	8	8.012.700	3.114.873	2.002.963	5.117.837
7	9	4.337.150	3.675.551	1.442.286	5.117.837
8	10	0	4.337.150	780.687	5.117.837

Tabla 8.4.1.3.20 Costo de servicio de préstamo interno

3.1. Intereses preoperativos

Con el fin de obtener los intereses para los 2 años en que la planta no está operando, se resumen los intereses preoperativos en la siguiente tabla

Ítem	Año -2 (U\$/año)	Año -1 (U\$/año)	Total (U\$)
Préstamo Externo con comisión	52.500	52.500	105.000
Comisión Préstamo Externo	10.500	10.500	21.000
Préstamo Interno	4.140.000	3.963.989	8.103.989
Total	4.203.000	4.026.989	8.229.989

Tabla 8.4.1.3.21 Costo Intereses preoperativos

Los intereses preoperativos de los 2 préstamos representan un total de U\$ 8.229.989.

3.2. Intereses por inversiones.

Este ítem es variable y depende del año de producción, durante los 10 años que duran los préstamos. En la siguiente tabla se presenta el resumen de ambos préstamos.

Año	Préstamo externo (U\$/año)		Préstamo interno (U\$/año)	Costo Total (U\$/año)
	Interés	Comisión	Interés	
Intereses preoperativos				
-2	52.500	10.500	4.140.000	4.203.000
-1	52.500	10.500	3.963.989	4.026.989
Intereses por inversiones				
1	52.500	10.500	3.756.297	3.819.297
2	45.938	9.188	3.511.220	3.566.345
3	39.375	7.875	3.222.029	3.269.279
4	32.813	6.563	2.880.783	2.920.158
5	26.250	5.250	2.478.113	2.509.613
6	19.688	3.938	2.002.963	2.026.588
7	13.125	2.625	1.442.286	1.458.036
8	6.563	1.313	780.687	788.562
9 a 30	0	0	0	0

Tabla 8.4.1.3.22 Costo Intereses por inversiones

8.4.2. Inversiones del proyecto

8.4.2.1. Tabla Resumen de Inversiones.

A continuación, se presenta en la Tabla 8.4.2.1.1 el resumen de las inversiones a realizar para una planta de producción de 150 t/año de UO₂ por el método convencional AUC. La planta tiene una inversión del orden de U\$S 40 millones.

Nro.	ITEM	Gasto (U\$S)			
		Interno	Externo	Subtotal	Total
INVERSIÓN FIJA (30,49%)					
1	Mejoras del terreno	316.000		316.000	
2	Obras Civiles	948.000		948.000	
3	Equipos de Proceso	3.634.400		3.634.400	
4	Instalación de Serv. Aux.	1.660.000		1.660.000	
5	Equipos y Servicios varios	1.961.000		1.961.000	
6	Rodados	100.000		100.000	
7	Instalación Equipos Adquir.	1.422.000		1.422.000	
8	Instalaciones eléctricas	632.000		632.000	
9	Cañerías y Accesorios	933.000		933.000	
10	Instrumentación y Control	142.500	332.500	475.000	
Subtotal		11.748.900	332.500	12.081.400	12.081.400
DESTINOS ASIMILABLES (14,19%)					
	Ingeniería y supervisión	1.264.000		1.264.000	
	Honorar. del contratista	474.000		474.000	
	Gastos de construcción	1.423.000		1.423.000	
	Gastos de Puesta en Marcha	950.000		950.000	
	Imprevistos	1.422.000		1.422.000	
	Transporte de Equipamiento	91.000		91.000	
Subtotal		5.624.000	0	5.624.000	5.624.000
OTROS ITEMS (29,98%)					
	Intereses Pre Operativos	8.103.989	126.000	8.229.989	
	IVA sobre Inversiones	3.648.309		3.648.309	
Subtotal		11.752.298	126.000	11.878.298	11.878.298

ACTIVO DE TRABAJO (25,33%)					
	Stock M. prima react. y Mater.	653.200	2.600.000	3.253.200	
	Stock combustibles p/ S. Aux.	10.000		10.000	
	Almacén de repuestos	108.000	33.000	141.000	
	Stock producción en proceso	669.700		669.700	
	Stock productos terminados	5.262.500		5.262.500	
	Disponibilidad cajas y bancos	700.000		700.000	
Subtotal		7.403.400	2.633.000	10.036.400	10.036.400
Total					39.620.098

Tabla 8.4.2.1.1 Resumen de Inversiones

8.4.2.2. Detalle de las Inversiones

Las inversiones se han dividido en:

- Inversiones Fijas
- Destinos asimilables
- Capital de trabajo

A continuación, se presenta el desglose de los ítems de cada una de ellas

1- Inversiones Fijas

1.1 Terreno

El costo de los terrenos y los estudios de suelos y honorarios correspondientes, depende de la ubicación de la propiedad.

El costo de la hectárea puede variar entre un 60 a 100 % entre un distrito rural y una zona altamente industrializada.

Una planta de este tipo requiere del orden de 4 hectáreas, 2 para su emplazamiento y 2 para futuras ampliaciones.

Estas superficies son suficientes para los campamentos temporarios necesarios para la etapa de construcción y montaje, que luego puede ser utilizada para espacios verdes.

También es relevante considerar que los terrenos pueden ser propiedad de alguna entidad vinculada al sector nuclear.

Como el valor del terreno en general no disminuye con el tiempo, este costo no debe incluirse en las Inversiones al estimar algunos costos operativos anuales, como por ejemplo la amortización.

Dado que el estudio de la localización esta fuera del alcance de este trabajo y que tampoco aparecen localidades favorables al desarrollo del proyecto, no se ha contemplado

1.2 Mejoras del terreno

Estos costos dependen del estado del terreno, si presenta ciertas características que lleven a realizar una fuerte inversión para nivelar, realizar el desmonte eliminando arbustos o especies de mayor tamaño, limpieza del terreno para realizar el movimiento de tierra para las fundaciones.

También incluye cercos, cortafuegos, caminos internos y accesos a la planta necesarios para el normal desarrollo de las actividades. De acuerdo a la bibliografía empleada se estima esta inversión de gastos internos en:

Ítem	Inversión Total (U\$\$/año)
Mejoras del terreno	316.000

Tabla 8.4.2.2.1 Inversión en Mejoras del terreno

1.3 Obras Civiles

Estos costos incluyendo servicios, comprende los gastos en mano de obra, materiales y suministros para la construcción de todos los edificios relacionados con la planta. Debe incluirse el costo de las cañerías, calefacción, ventilación y otros servicios análogos.

También incluye el sistema de comunicaciones para el normal desarrollo de las actividades.

De acuerdo a la bibliografía empleada se estima esta inversión de gastos internos en:

Ítem	Inversión Total (U\$\$/año)
Obras Civiles	948.000

Tabla 8.4.2.2.2 Inversión en Obras civiles

1.4 Equipos de Proceso

Para evaluar el costo de los equipos de proceso se tuvo en cuenta para el diseño dentro del marco de una ingeniería conceptual realizada.

La estimación de estudio realizada está basada en el conocimiento de los equipos mas importantes; con una exactitud probable de hasta un $\pm 30\%$.

Los tanques, bombas, agitadores, mezcladores-decantadores, precipitador, filtros, reactores de lecho fluidizado entre otros, fueron dimensionados de acuerdo a la capacidad de producción de la planta.

De acuerdo a la estimación de costo de cada uno de los equipos se estima esta inversión de gastos internos en:

Ítem	Inversión Total (U\$S/año)
Equipos de Proceso	3.634.400

Tabla 8.4.2.2.3 Inversión en Equipos de Proceso

1.5 Instalación de Servicios Auxiliares

Estos costos contemplan las instalaciones para proveer vapor, agua, potencia, aire comprimido y combustibles para caldera y equipo diésel de emergencia, separador de nitrógeno del aire, eliminación de efluentes, puentes grúa, entre otros

De acuerdo a la bibliografía empleada se estima esta inversión de gastos internos en:

Ítem	Inversión Total (U\$S/año)
Instalación de Serv. Auxiliares	1.660.000

Tabla 8.4.2.2.4 Inversión en Instalación de Servicios Auxiliares

1.6 Equipos y Servicios varios

Estos costos contemplan las instalaciones para protección contra incendios, talleres, sala de primeros auxilios, equipos e instalaciones de comedores entre otros.

De acuerdo a la bibliografía empleada se estima esta inversión de gastos internos en:

Ítem	Inversión Total (U\$S/año)
Equipos y Servicios varios	1.961.000

Tabla 8.4.2.2.5 Inversión en Equipos y Servicios varios

1.7 Rodados

Este ítem contempla la adquisición de 2 vehículos tipo pick up utilizado en el traslado de personal, materiales e insumos, repuestos necesarios para el normal desarrollo de las actividades.

De acuerdo a los precios de mercado se estima esta inversión de gastos internos en:

Item	Cantidad	Costo unitario (U\$S/año)	Inversión (U\$S/año)
Rodados	2	50.000	100.000

Tabla 8.4.2.2.6 Inversión en Rodados

1.8 Instalación de Equipos Adquiridos

Este ítem contempla la mano de obra que se requiere para la instalación de los equipos adquiridos, fundaciones, soportes, plataformas, gastos de construcción y otros factores directamente relacionados con los mismos.

De acuerdo a la bibliografía empleada se estima esta inversión de gastos internos en:

Ítem	Inversión Total (U\$S/año)
Instalación de Equipos Adquiridos	1.422.000

Tabla 8.4.2.2.7 Inversión en Instalación de Equipos Adquiridos

1.9 Instalaciones eléctricas

Estos costos se forman en primer término con la mano de obra y los materiales necesarios para las instalaciones de potencia e iluminación, transformadores y servicios, y conductores para instrumentos de control.

Se debe tener en cuenta la existencia de una estación transformadora en las cercanías con líneas de alta tensión perteneciente al Sistema Argentino de Interconexión (SADI)

De acuerdo a la bibliografía empleada se estima esta inversión de gastos internos en:

Ítem	Inversión Total (U\$S/año)
Instalaciones eléctricas	632.000

Tabla 8.4.2.2.8 Inversión en Instalación de Equipos Adquiridos

1.10 Cañerías y Accesorios

El costo de las cañerías y accesorios incluye mano de obra, válvulas, trampas de vapor, tubos, soportes y otros rubros directamente relacionados con el tendido de las cañerías utilizadas directamente en el proceso

De acuerdo a la bibliografía empleada se estima esta inversión de gastos internos en:

Ítem	Inversión Total (U\$S/año)
Cañerías y Accesorios	933.000

Tabla 8.4.2.2.9 Inversión en Instalación de Cañerías y Accesorios

1.11 Instrumentación y Control

Este costo contempla los instrumentos, la mano de obra para su instalación y los gastos para los equipos y materiales auxiliares. Se estima en plantas de procesos químicos, que esta inversión se reparte en un 30% como gasto interno y 70% como costo externo.

De acuerdo a la bibliografía empleada se estima esta inversión en:

Ítem	Gasto Interno (U\$S/año)	Gasto externo (U\$S/año)	Inversión (U\$S/año)

Instrumentación y Control	142.500	332.500	475.000
---------------------------	---------	---------	---------

Tabla 8.4.2.2.10 Inversión en Instrumentación y Control

2- Destinos asimilables

Este concepto también se denomina costos indirectos

2.1. Ingeniería y supervisión

Es la inversión para los diseños para la construcción, ingeniería, preparación de planos, compras, contaduría, ingeniería de costos y construcciones, viáticos, gastos de la oficina central incluyendo gastos generales

De acuerdo a la bibliografía empleada se estima esta inversión en:

Ítem	Inversión Total (U\$S/año)
Ingeniería y supervisión	1.264.000

Tabla 8.4.2.2.11 Inversión en Ingeniería y supervisión

2.2. Honorarios del contratista

Los honorarios del contratista dependen del tamaño de planta y la complejidad de la misma. Está relacionada directamente con la inversión de capital fijo

De acuerdo a la bibliografía empleada se estima esta inversión en:

Ítem	Inversión Total (U\$S/año)
Honorarios del contratista	474.000

Tabla 8.4.2.2.12 Inversión en Honorarios del contratista

2.3. Gastos de construcción

Dentro de los costos indirectos de la planta se encuentra este ítem que incluye construcciones y operaciones temporarias, herramientas utilizadas en la construcción y alquileres, traslado del personal de la oficina central a la obra, salarios de los obreros de la construcción, viajes, gastos de alimentación y vivienda, impuestos y seguros y otros gastos generales de la construcción.

De acuerdo a la bibliografía empleada se estima esta inversión en:

Ítem	Inversión Total (U\$S/año)
Gastos de construcción	1.423.000

Tabla 8.4.2.2.13 Inversión en Gastos de construcción

2.4. Gastos de Puesta en Marcha

Una vez completada la construcción de la planta deben efectuarse modificaciones antes de que la planta llegue a operar en las condiciones establecidas en el diseño. Estas modificaciones suponen gastos en materiales y equipos y producen pérdidas de ingresos mientras la planta se encuentra parada o no trabaja a su capacidad máxima. El capital necesario para hacer frente a

estas modificaciones durante la puesta en marcha, deben formar parte de todo cálculo del capital necesario, porque son gastos esenciales para el éxito de la empresa.

De acuerdo a la bibliografía empleada se estima esta inversión en:

Ítem	Inversión Total (U\$S/año)
Gastos de Puesta en Marcha	950.000

Tabla 8.4.2.2.14 Inversión en Gastos de Puesta en Marcha

2.5. Imprevistos

Generalmente se incluye este ítem en la estimación del capital a invertir para contrarrestar los efectos de eventos imprevisibles, como tormentas, inundaciones, huelgas, variaciones de precios, pequeños cambios del diseño y otros gastos no previstos que a experiencia señala como probables. Este factor puede llegar a incluir provisiones por indexaciones

De acuerdo a la bibliografía empleada se estima esta inversión en:

Ítem	Inversión Total (U\$S/año)
Imprevistos	1.422.000

Tabla 8.4.2.2.15 Inversión en Imprevistos

2.6. Transporte de Equipamiento

Incluye la estimación del capital para llevar todo el equipamiento de proceso de origen nacional e importado desde el lugar de compra hasta la planta. En el caso de equipamiento importado como la instrumentación y control en este caso se considera desde el puerto.

En este caso particular al no tener una localización definida se estimó en base al capital fijo.

De acuerdo a la bibliografía empleada se estima esta inversión en:

Ítem	Inversión Total (U\$S/año)
Transporte de Equipamiento	91.000

Tabla 8.4.2.2.16 Inversión en Transporte de Equipamiento

3- Activo de trabajo

El activo de trabajo, también llamado capital de trabajo para una planta industrial está formado por la cantidad total de dinero invertido en abastecimiento de materias primas, insumos y materiales que se mantienen en depósito, productos terminados y semiterminados que se encuentran en proceso de producción, cuentas a cobrar, dinero en efectivo, impuestos y cuentas a pagar.

Los stocks se pueden clasificar de acuerdo al uso en el proceso de fabricación: stocks de materias primas, de materiales, de productos en proceso y de productos terminados.

3.1. Stock Materia prima reactivos y materiales

Con el fin de obtener una producción anual de 150 toneladas de producto terminado $UO_{2,12}$ y de acuerdo al balance masa realizado se obtuvieron las cantidades de consumo anual de cada uno de los reactivos, materiales e insumos. Para ello además se consideraron los siguientes criterios:

- Materia Prima: 1 mes de producción
- Reactivos líquidos: Volumen equivalente a los tanques depósitos llenos
- Materiales sólidos: 1 mes de producción
- Gases en tubos: 3 meses de producción

Se presenta a continuación en la Tabla 8.4.2.2.17 los valores utilizados y los precios de mercado en dólares al valor oficial del BCRA (365 \$/U\$S) de cada uno de ellos, según la descripción.

Ítem	Consumo		Stock	Inversión (U\$S/año)
	(t/año)	Tubos/ año		
U_3O_8	155		12,9 t	2.600.000
Ác. Nítrico al 65%	110		45 m ³	22.000
Kerosene	6,6		45 m ³	16.300
TBP	2,80		16 m ³	576.000
Agua Oxigenada	20		8m ³	5600
Oxígeno	1,1	44	15 tubos	200
Hidrógeno	1,1	44	15 tubos	200
Dióxido de Carbono	73	2920	730 tubos	13800
Amoniaco	57		14,25 t	16400
Tierra de Diatomeas	6		0,5 t	300
Metanol	14		8 m ³	5.250
Total				3.253.200

Tabla 8.4.2.2.17 Inversión en Transporte de Equipamiento

Stock de combustibles para servicios Auxiliares.

Esta inversión contempla el combustible para la caldera y el motor diésel de emergencia. Se estimó un valor reducido por ser una caldera a gas natural y tener como combustible sustituto gas oil. Incluye también lubricantes que usan las maquinarias que no son apreciables en el producto final.

Ítem	Inversión Total (U\$S/año)
Stock combustibles p/ S. Aux.	10.000

Tabla 8.4.2.2.18 Inversión en Stock de combustibles para servicios Auxiliares

3.2. Almacén de repuestos

Este ítem contempla la inversión necesaria para un stock de componentes para bombas, cañerías e instrumentación y control. Teniendo en cuenta el gasto externo en este último concepto.

Ítem	Costo Interno (U\$S/año)	Costo externo (U\$S/año)	Inversión (U\$S/año)
Almacén de repuestos	108.000	33.000	141.000

Tabla 8.4.2.2.19 Inversión en Almacén de repuestos

3.3. Stock producción en proceso

Se consideró el valor del flujo circulante en la planta durante un día de producción

Ítem	Inversión Total (U\$S/año)
Stock producción en proceso	669.700

Tabla 8.4.2.2.20 Inversión en Stock producción en proceso

3.4. Stock productos terminados

Se consideró el costo de venta del producto terminado obtenido por el método convencional, teniendo en cuenta un stock de 1 mes de producción.

Ítem	Inversión Total (U\$S/año)
Stock productos terminados	5.262.500

Tabla 8.4.2.2.21 Inversión en Stock productos terminados

3.5. Disponibilidad cajas y bancos

Este ítem afecta en muchos aspectos de la planta, desde pagar a sus empleados y proveedores hasta mantener las luces encendidas y planificar un crecimiento sostenible a largo plazo. En resumen, es el dinero disponible para cumplir con sus obligaciones a corto plazo. Está compuesto por el efectivo y cuentas por cobrar.

Ítem	Inversión Total (U\$S/año)
Disponibilidad cajas y bancos	700.000

Tabla 8.4.2.2.22 Inversión en Disponibilidad cajas y bancos

8.5. Evaluación Económica Método DTQ.

8.5.1. Costos del Proyecto

8.5.1.1. Costo de los equipos

En función de las listas de especificación de equipos y del procedimiento para la estimación del costo de equipos se confeccionaron las respectivas tablas que se presentan en el ANEXO IV. A continuación en la Tabla 8.4.1.1.1 se presenta el detalle por sección.

INVERSIONES EN EQUIPOS	MÉTODO DTQ
Sección	(U\$S)
1 - Materiales e Insumos	1.107.100
2 - Disolución	654.700
3 - Purificación	1.015.380
4 - Evaporación	330.300
5 - Calcinación	243.300
6 - Conversión	-
7- Homogeneización y envasado	62.600
Total	3.413.380

Tabla 8.5.1.1.1 Resumen de inversiones en equipos de proceso DTQ

8.5.1.2. Tabla resumen de Costos

Con respecto a los valores de la Tabla Resumen de Inversiones por el método de AUC, se mantienen sin variación los correspondientes a:

Costo de Producción

- Transporte de Materia prima materiales e insumos (costo variable)
- Servicios auxiliares (costo variable)
- Sueldo del personal profesional y técnico
- Mano de obra directa
- Salarios del personal de servicios

- Amortización edificios imputable a producción
- Gastos de laboratorios (costo variable)

Costo de Administración

- Sueldos del personal administrativo
- Gastos administrativos
- Mantenimiento de edificios
- Amortización Rodados
- Amortización edificios imputable a administración

A continuación, se presenta en la Tabla 8.5.1.2.1 el resumen de los costos correspondiente al año 2 de vida de la planta para una planta de producción de 150 t/año de UO₂ por el método propuesto DTQ.

El costo de financiación, correspondiéndole a este ejercicio se integra con los Intereses preoperativos año -1 y los Intereses por inversiones año 2

Nro.	ITEM	Costos (U\$S)		
		Fijos	Variables	Total
COSTO DE PRODUCCIÓN (84,16%)				
1	Mat. prima materiales e insumos		31.213.050	
2	Transp. Mat. prima mater. e insumos		186.000	
3	Servicios auxiliares		4.500.000	
4	Sueldo personal profesional/técnico	2.195.700		
5	Mano de obra directa	304.200		
6	Salarios del personal de servicios	134.550		
7	Amortiz. Edific. Imputable a produc.	36.200		
8	Amortizac. imputable a producción	344.000		
9	Seguros	116.400		
10	Gastos de laboratorios		56.200	
11	Higiene y seguridad	61.000		
12	Mantenimiento y reparación	698.200		
13	Gastos varios de planta		110.000	

Subtotal		3.890.250	36.065.250	39.955.500
COSTO DE ADMINISTRACIÓN (0,62%)				
1	Sueldos del personal Administrativo	183.300		
2	Gastos administrativos	55.000		
3	Mantenimiento de edificios	33.000		
4	Amortización Rodados	20.000		
5	Amortiz. Edific. imputable a administ.	1.000		
Subtotal		292.300	0	292.300
COSTO DE FINANCIACIÓN (15,22%)				
		INTERNO	EXTERNO	
1	Intereses preoperativos año -1	3.791.642	40.500	
2	Intereses por inversiones año 2	3.358.558	35.438	
Subtotal		7.750.200	75.938	7.226.137
Total				47.473.937

Tabla 8.5.1.2.1 Resumen de Costos DTQ Año 2

Con el valor del costo total y el tamaño de planta resulta un costo de 316 U\$/kg

Para los cálculos de los indicadores económicos se utiliza el precio de venta de 385 U\$/kg obtenido con el método de AUC.

En la Tabla 8.5.1.2.2 se presenta el resumen de los costos correspondiente al año 1 de vida de la planta para una producción al 70% de la capacidad de 150 t/año de UO₂ por el método DTQ, en la cual se reducen los costos de producción variables.

Por otra parte, se modifica el costo de financiación, correspondiéndole a este ejercicio los Intereses preoperativos año -2 y los Intereses por inversiones año 1.

Nro.	ITEM	Costos (U\$)		
		Fijos	Variables	Total
COSTO DE PRODUCCIÓN (78,63%)				
1	Mat. prima materiales e insumos		21.849.135	
2	Trans. Mat. prima mater. e insumos		130.200	
3	Servicios auxiliares		3.150.000	

4	Sueldo personal profesional/técnico	2.195.700		
5	Mano de obra directa	304.200		
6	Salarios del pers. de servicios	134.550		
7	Amortiz. Edific. Imputable a produc.	36.200		
8	Amortiz. imputable a producción	344.000		
9	Seguros	116.400		
10	Gastos de laboratorios		39.340	
11	Higiene y seguridad	61.000		
12	Mantenimiento y reparación	698.200		
13	Gastos varios de planta		110.000	
Subtotal		3.890.250	25.278.675	29.168.925
COSTO DE ADMINISTRACIÓN (0,79%)				
1	Sueldos del personal Administrativo	183.300		
2	Gastos administrativos	55.000		
3	Mantenimiento de edificios	33.000		
4	Amortización Rodados	20.000		
5	Amortiz. Edific. imputable a administ.	1.000		
Subtotal		292.300	0	324.300
COSTO DE FINANCIACIÓN (20,58%)				
		INTERNO	EXTERNO	
1	Intereses preoperativos año -2	3.960.000	40.500	
2	Intereses por inversiones año 1	3.592.980	40.500	
Subtotal		7.552.980	81.000	7.633.980
Total				37.095.205

Tabla 8.5.1.2.2 Resumen de Costos DTQ Año 1

Se puede apreciar de la comparación de los porcentajes de participación de cada uno de los 3 rubros de costos, como al bajar el porcentaje del costo de producción por la baja de los costos variables, se incrementan la participación de administración y de financiación en el costo total.

En la siguiente tabla se presentan los ítems que componen el costo total discriminado por ítems para los 30 años de producción.

Año del Proyecto	Costo de Producción	Costo de Administración	Intereses preoperativos	Costo Financiero	Costo Total
	(U\$/año)				
1	29.168.925	292.300	3.832.142	3.633.480	36.926.847
2	39.955.500	292.300	3.633.480	3.393.995	47.275.275
3	39.955.500	292.300		3.112.315	43.360.115
4	39.955.500	292.300		2.780.844	43.028.644
5	39.955.500	292.300		2.390.619	42.638.419
6	39.955.500	272.300		1.931.065	42.158.865
7	39.955.500	272.300		1.389.703	41.617.503
8	39.955.500	272.300		751.807	40.979.607
9	39.955.500	272.300			40.227.800
10	39.955.500	272.300			40.227.800
11	39.955.500	272.300			40.227.800
12	39.955.500	272.300			40.227.800
13	39.955.500	272.300			40.227.800
14	39.955.500	272.300			40.227.800
15	39.955.500	272.300			40.227.800
16	39.955.500	272.300			40.227.800
17	39.955.500	272.300			40.227.800
18	39.955.500	272.300			40.227.800
19	39.955.500	272.300			40.227.800
20	39.955.500	272.300			40.227.800
21	39.955.500	272.300			40.227.800
22	39.955.500	272.300			40.227.800
23	39.955.500	272.300			40.227.800
24	39.955.500	272.300			40.227.800
25	39.955.500	272.300			40.227.800

26	39.955.500	272.300			40.227.800
27	39.955.500	272.300			40.227.800
28	39.955.500	272.300			40.227.800
29	39.955.500	272.300			40.227.800
30	39.955.500	272.300			40.227.800

Tabla 8.5.1.2.3 Costo Total anual DTQ

8.5.1.3. Detalle de los Costos Totales

Los costos se han dividido en 3 componentes:

- Costos de Producción
- Costos de Administración
- Costos de Financiación

A continuación, se presenta el desglose de los ítems de cada uno de ellos

1- Costo de Producción

1.1 Materia Prima, materiales e insumos

Este ítem varía debido a que en este método los montos de los gastos en reactivos son distintos.

Con respecto a la sección 1- Materiales e insumos hay una leve variación debido a cambios en los reactivos reemplazando el Metanol y tubos de gases con O₂, N₂, CO₂ y NH₃ por el Poli Acrilo Nitrilo (PAN).

De esta manera el costo de este ítem disminuye también respecto al tradicional vía AUC como producto de las modificaciones en las secciones 5-Precipitación y 6-Conversion. Esta última es eliminada completamente, mientras que la sección 5 cambia sustancialmente debido al reemplazo de la precipitación por la calcinación en la Mufla – Horno.

De acuerdo a la Tesis de la directora de este trabajo final y a su investigación en laboratorio, se calcularon las necesidades de PAN para obtener las cantidades de consumo anual de cada uno de los reactivos, materiales e insumos para obtener 150 toneladas al año de producto terminado UO_{2,12}.

Para el caso de materia prima se partió de U₃O₈ importado, valor CIF (costo-seguro y flete del inglés) puesto en el puerto de Buenos Aires y un valor adicional estimado por transporte y seguro a la localización destino.

El costo del resto de los reactivos, materiales e insumos son valores de mercado puestos en planta. Se presenta a continuación en la Tabla 8.5.1.3.1 los valores utilizados y los precios de mercado en dólares al valor oficial del BCRA (365 \$/U\$S) de cada uno de ellos, según la descripción.

Ítem	Consumo	Costo unitario	Costo Total
	(t/año)	(U\$/t)	(U\$/año)
U ₃ O ₈	155	200.000	31.000.000
Ác. Nítrico al 65% Sección 2	110	350	38.500
Ác. Nítrico al 65% Sección 5	2	350	700
Kerosene	6,6	450	2.970
TBP	2,8	45.000	126.000
Agua Oxigenada	20	700	14.000
Tierra de Diatomeas	6	425	2.550
PAN	28,33	1000	28.330
Total Materia Prima, materiales e insumos			31.213.150

Tabla 8.5.1.3.1 Costos de Materia Prima, materiales e insumos

1.2 Transporte de Materia Prima, materiales e insumos

Por las características de este ítem no presenta variación en el monto respecto al método tradicional ya presentado

De acuerdo a la bibliografía empleada se estima esta inversión de gastos internos en:

Ítem	Costo Total (U\$/año)
Transporte de Materia Prima, materiales e insumos	186.000

Tabla 8.5.1.3.2 Costo de transporte de materia prima, materiales e insumos

1.3 Servicios Auxiliares

Por las características de este ítem no presenta variación en el monto respecto al método tradicional ya presentado

De acuerdo a la bibliografía empleada se estima esta inversión de gastos internos en:

Ítem	Costo Total (U\$/año)
Servicios Auxiliares	4.500.000

Tabla 8.5.1.3.3 Costo de Servicios Auxiliares

1.4 Sueldo del Personal profesional y técnico

Por las características de este ítem no presenta variación en el monto respecto al método tradicional ya presentado, debido a que la cantidad de personal es la misma.

Ítem	Costo Total (U\$\$/año)
Sueldo del Personal profesional y técnico	2.195.700

Tabla 8.5.1.3.4 Costo de Sueldo del Personal profesional y técnico

1.5 Mano de obra directa

Por las características de este ítem no presenta variación en el monto respecto al método tradicional ya presentado, debido a que la cantidad de personal es la misma.

Ítem	Costo Total (U\$\$/año)
Mano de obra directa	304.200

Tabla 8.5.1.3.5 Costo de Mano de obra directa

1.6 Salarios del personal de servicios

Por las características de este ítem no presenta variación en el monto respecto al método tradicional ya presentado, debido a que la cantidad de personal es la misma.

Ítem	Costo Total (U\$\$/año)
Salarios del personal de servicios	134.550

Tabla 8.5.1.3.6 Costo de Salarios del personal de servicios

1.7 Amortización edificios imputable a producción

Este ítem contempla la vida útil de los edificios imputable a producción que es de 50 años y considerando amortización lineal en ese periodo resulta el siguiente valor.

Ítem	Costo Total (U\$\$/año)
Amortización edificios imputable a producción	36.200

Tabla 8.5.1.3.7 Costo de Amortización edificios imputable a producción

1.8 Amortización imputable a producción

Este ítem contempla la vida útil del equipamiento de proceso, cañerías, accesorios e instrumentación imputable a producción que es de 30 años. Al variar la inversión de la planta en este método resulta un valor menor, y considerando amortización lineal en ese periodo resulta el siguiente valor.

Ítem	Costo Total (U\$\$/año)
Amortización imputable a producción	344.000

Tabla 8.5.1.3.8 Costo de Amortización imputable a producción

1.9 Seguros

Este costo depende del tipo de proceso que se realiza en la planta y del grado de protección existente. Es un valor que depende fuertemente de la inversión de capital fijo. Al igual que en el ítem anterior resulta un valor menor.

De acuerdo a la bibliografía empleada se estima esta inversión de gastos internos en:

Ítem	Costo Total (U\$S/año)
Seguros	116.400

Tabla 8.5.1.3.9 Costo de Seguros

1.10 Gastos de laboratorio

Por las características de este ítem no presenta variación en el monto respecto al método tradicional ya presentado, debido a que la cantidad de análisis debe ser similar. De acuerdo a la bibliografía empleada se estima esta inversión de gastos internos en:

Ítem	Costo Total (U\$S/año)
Gastos de laboratorio	56.200

Tabla 8.5.1.3.10 Costo de Gastos de laboratorio

1.11 Higiene y seguridad

Por las características de este ítem no presenta variación en el monto respecto al método tradicional ya presentado, debido a que la seguridad de la planta y controles periódicos del personal deben ser idénticos.

De acuerdo con la bibliografía empleada se estima esta inversión en:

Ítem	Costo Total (U\$S/año)
Higiene y seguridad	61.000

Tabla 8.5.1.3.11 Costo de Higiene y seguridad

1.12 Mantenimiento y reparaciones

Por las características de este ítem presenta variación en el monto debido a la menor cantidad de equipamiento en general y de bombas en particular en la sección 5 y sección 6 respecto al método tradicional ya presentado

De acuerdo con la bibliografía empleada se estima esta inversión en:

Ítem	Costo Total (U\$S/año)
Mantenimiento y reparaciones	698.200

Tabla 8.5.1.3.12 Costo de Mantenimiento y reparaciones

1.13 Gastos varios de planta

Por las características de este ítem no presenta variación en el monto respecto al método tradicional ya presentado respecto a la limpieza de edificios, mantenimiento de parques, herramientas, guardias superintendencia entre otros. De acuerdo con la bibliografía empleada se estima esta inversión en:

Ítem	Costo Total (U\$S/año)
Gastos varios de planta	110.000

Tabla 8.5.1.3.13 Costo de Gastos varios de planta

2- Costo de Administración

2.1. Sueldo del personal administrativo

Por las características de este ítem no presenta variación en el monto respecto al método tradicional ya presentado, debido a que la cantidad de personal es la misma.

Ítem	Costo Total (U\$S/año)
Sueldo del personal administrativo	183.300

Tabla 8.5.1.3.14 Costo de Sueldo del personal administrativo

2.2. Gastos administrativos

Por las características de este ítem no presenta variación en el monto respecto al método tradicional ya presentado, debido a que la cantidad de personal es la misma.

Ítem	Costo Total (U\$S/año)
Gastos administrativos	55.000

Tabla 8.5.1.3.15 Costo de Gastos administrativos

2.3. Mantenimiento de edificios

Por las características de este ítem no presenta variación en el monto respecto al método tradicional ya presentado, debido a que los espacios ocupados no cambian, como así también el personal. De acuerdo a la bibliografía empleada se estima esta inversión en:

Ítem	Costo Total (U\$S/año)
Mantenimiento de edificios	33.000

Tabla 8.5.1.3.16 Costo de Mantenimiento de edificios

2.4. Amortización de los rodados

Por las características de este ítem no presenta variación en el monto respecto al método tradicional ya presentado.

Ítem	Costo Total (U\$S/año)
Amortización de los rodados	20.000

Tabla 8.5.1.3.17 Costo de Amortización de los rodados

2.5. Amortización edificios imputable a administración

Por las características de este ítem no presenta variación en el monto respecto al método tradicional ya presentado, debido a que los espacios para el sector administrativo no cambian.

Ítem	Costo Total (U\$S/año)
Amortización edificios imputable a administración	1.000

Tabla 8.5.1.3.18 Costo de Amortización edificios imputable a administración

3- Costo de Financiación

Se consideró como criterio una distribución de los montos de las inversiones de un 30% de aporte de capital propio y del 70 % de capital financiado, A su vez la financiación se dividió en préstamo en el exterior y en el país. Los intereses preoperativos son considerados también como aporte de capital propio.

A continuación, se presenta en la Tabla 8.5.1.3.19 el detalle de la financiación a realizar en el exterior con un préstamo por un valor de 450.000 U\$S y financiación por el método alemán. Se considera una comisión del 1,5 %. El crédito es a 10 años con un período de gracia de 2 años, con una tasa del 7,5 %.

Este tipo de préstamo contempla que la amortización es constante en todos los años del plazo, siendo variable la anualidad, como se indicó en el método de AUC.

Año		Deuda	Amortiz.	Interés	Comisión	Anualidad
Calendario	Proyecto	(U\$S/año)				
-2	1	450.000		33.750	6.750	40.500
-1	2	450.000		33.750	6.750	40.500
1	3	393.750	56.250	33.750	6.750	96.750
2	4	337.500	56.250	29.531	5.906	91.688
3	5	281.250	56.250	25.313	5.063	86.625
4	6	225.000	56.250	21.094	4.219	81.563
5	7	168.750	56.250	16.875	3.375	76.500
6	8	112.500	56.250	12.656	2.531	71.438
7	9	56.250	56.250	8.438	1.688	66.375
8	10	-	56.250	4.219	844	61.313

Tabla 8.5.1.3.19 Costo de servicio de préstamo externo

Los intereses preoperativos y la comisión del préstamo representan un total de 81.000 U\$\$, cuyo valor se incluye en la tabla resumen de Inversiones.

En la Tabla 8.5.1.3.20 se presenta el detalle de la financiación a realizar en el país con un préstamo por un valor de 22.000.000 U\$\$ y financiación por el método francés. El préstamo es a 10 años sin período de gracia, con una tasa del 18,0 %.

Este tipo de préstamo contempla que la amortización es variable en todos los años del plazo, mientras que la anualidad es constante y se calcula con la siguiente fórmula.

$$\text{Anualidad} = V / (1 - (1/(1+i))^N) / i$$

Donde V: valor del préstamo

N: duración del préstamo

i: tasa de interés

Año		Deuda	Amortiz.	Interés	Anualidad
Calendario	Proyecto	(U\$\$/año)			
-2	1	21.064.678	935.322	3.960.000	4.895.322
-1	2	19.960.998	1.103.680	3.791.642	4.895.322
1	3	18.658.655	1.302.343	3.592.980	4.895.322
2	4	17.121.891	1.536.764	3.358.558	4.895.322
3	5	15.308.509	1.813.382	3.081.940	4.895.322
4	6	13.168.719	2.139.790	2.755.532	4.895.322
5	7	10.643.766	2.524.953	2.370.369	4.895.322
6	8	7.664.322	2.979.444	1.915.878	4.895.322
7	9	4.148.578	3.515.744	1.379.578	4.895.322
8	10	0	4.148.578	746.744	4.895.322

Tabla 8.5.1.3.20 Costo de servicio de préstamo interno

9.1. Intereses preoperativos

Con el fin de obtener los intereses para los 2 años en que la planta no está operando, se resumen los intereses preoperativos en la siguiente tabla

Ítem	Año -2 (U\$S)	Año -1 (U\$S)	Total (U\$S)
Préstamo Externo con comisión	33.750	33.750	67.500
Comisión Préstamo Externo	6.750	6.750	13.500
Préstamo Interno	3.960.000	3.791.642	7.751.642
Total	4.000.500	3.832.142	7.832.642

Tabla 8.5.1.3.21 Costo de intereses preoperativos DTQ

Los intereses preoperativos de los 2 préstamos representan un total de 7.832.642 U\$S.

9.2. Intereses por inversiones.

Este ítem es variable y depende del año de producción, durante los 10 años que duran los préstamos. En la siguiente tabla se presenta el resumen de ambos préstamos.

Año	Préstamo externo (U\$S/año)		Préstamo interno (U\$S/año)	Costo Total (U\$S/año)
	Interés	Comisión	Interés	
Intereses preoperativos				
-2	33.750	6.750	3.960.000	4.000.500
-1	33.750	6.750	3.791.642	3.832.142
Intereses por inversiones				
1	33.750	6.750	3.592.980	3.633.480
2	29.531	5.906	3.358.558	3.393.995
3	25.313	5.063	3.081.940	3.112.315
4	21.094	4.219	2.755.532	2.780.844
5	16.875	3.375	2.370.369	2.390.619
6	12.656	2.531	1.915.878	1.931.065
7	8.438	1.688	1.379.578	1.389.703
8	4.219	844	746.744	751.807

9 a 30	0	0	0	0
--------	---	---	---	---

Tabla 8.5.1.3.22 Costo de Interés por Inversiones

8.5.2. Inversiones del proyecto

8.5.2.1. Tabla Resumen de Inversiones

Con respecto a los valores de la Tabla Resumen de Inversiones por el método de DTQ, se mantienen sin variación frente a los valores del método vía AUC, los correspondientes a:

Inversión Fija

- Mejoras del terreno
- Obras Civiles
- Equipos y servicios varios

Destinos Asimilables

- Ingeniería y supervisión
- Honorarios del contratista

Activo de Trabajo

- Stock de materia prima de origen externo
- Stock de combustibles
- Almacén de repuestos de origen externo
- Stock de producción en proceso
- Stock de productos terminados
- Disponibilidad en cajas y bancos

A continuación, se presenta en la Tabla 8.5.2.1.1 el resumen de las inversiones a realizar para una planta de producción de 150 t/año de UO₂ por el método a evaluar DTQ. La planta tiene una inversión del orden de 38.500.000 millones de U\$S.

Nro.	ITEM	Gasto (U\$S)			
		Interno	Externo	Subtotal	Total
INVERSIÓN FIJA (30,26%)					
1	Mejoras del terreno	316.000		316.000	
2	Obras Civiles	948.000		948.000	
3	Equipos de Proceso	3.413.400		3.413.400	
4	Instalación de Serv. Aux.	1.660.000		1.660.000	
5	Equipos y Servicios varios	1.961.000		1.961.000	

6	Rodados	100.000		100.000	
7	Instalación de Equipos Adq.	1.384.000		1.384.000	
8	Instalaciones eléctricas	594.000		594.000	
9	Cañerías y Accesorios	875.600		875.600	
10	Instrumentación y Control	115.500	269.500	385.000	
Subtotal		11.367.500	269.500	11.637.000	11.637.000
DESTINOS ASIMILABLES (14,20%)					
	Ingeniería y supervisión	1.230.000		1.230.000	
	Honorar. del contratista	474.000		474.000	
	Gastos de construcción	1.423.000		1.423.000	
	Gastos de Puesta en Marcha	910.000		910.000	
	Imprevistos	1.336.000		1.336.000	
	Transporte de Equipamiento	88.000		88.000	
Subtotal		5.461.000		5.461.000	5.461.000
OTROS ITEMS (29,56%)					
	Intereses Pre Operativos	7.751.642	81.000	7.832.642	
	IVA sobre Inversiones	3.533.985		3.533.985	
Subtotal		11.285.627	81.000	11.366.627	11.366.627
ACTIVO DE TRABAJO (25,98%)					
	Stock M. prima react. y Mater.	620.200	2.600.000	3.220.200	
	Stock combustibles p/ S. Aux.	10.000		10.000	
	Almacén de repuestos	99.000	27.000	126.000	
	Stock producción en proceso	669.400		669.400	
	Stock productos terminados	5.262.500		5.262.500	
	Disponibilidad cajas y bancos	700.000		700.000	
Subtotal		7.361.100	2.627.000	9.988.100	9.988.100

Total				38.452.727
--------------	--	--	--	-------------------

Tabla 8.5.2.1.1 Tabla resumen de inversiones DTQ

8.5.2.2. Detalle de las Inversiones

Las inversiones se han dividido en:

- Inversiones Fijas
- Destinos asimilables
- Capital de trabajo

Dado que las consideraciones correspondientes a cada ítem aplican a ambos métodos de obtención de UO₂, a los fines de resumir, solo se indicará en este caso si los valores permanecen constantes o si varían

A continuación, se presenta el desglose de los ítems de cada una de ellas

1- Inversiones Fijas

1.1 Terreno

Dado que el estudio de la localización esta fuera del alcance de este trabajo y que tampoco aparecen localidades favorables al desarrollo del proyecto, no se ha contemplado.

1.2 Mejoras del terreno

Por las características de este ítem no presenta variación en el monto respecto al método tradicional ya presentado.

Ítem	Inversión Total (U\$S/año)
Mejoras del terreno	316.000

Tabla 8.5.2.2.1 Inversión en Mejoras del terreno

1.3 Obras Civiles

Por las características de este ítem no presenta variación en el monto respecto al método tradicional ya presentado.

Ítem	Inversión Total (U\$S/año)
Obras Civiles	948.000

Tabla 8.5.2.2.2 Inversión en Obras civiles

1.4 Equipos de Proceso

Este ítem varía debido a que en este método el monto de las inversiones disminuye respecto al tradicional vía AUC como producto de las modificaciones en las secciones 5-Precipitación y 6- Conversión. Esta última es eliminada completamente, mientras que la sección cambia sustancialmente debido al reemplazo de la precipitación por la calcinación en la Mufla –Horno.

Con respecto a la sección 1- Materiales e insumos hay una leve variación debido a cambios en los reactivos reemplazando el Metanol y tubos de gases por el Poliacrilonitrilo.

De acuerdo a la estimación de costo de cada uno de los equipos se estima esta inversión de gastos internos en:

Ítem	Inversión Total (U\$\$/año)
Equipos de Proceso	3.413.400

Tabla 8.5.2.2.3 Inversión en Equipos de Proceso

1.5 Instalación de Servicios Auxiliares

Este valor disminuye debido a que no es necesario el separador de nitrógeno del aire, el cual se empleaba en la sección 6-conversion en el reactor de lecho fluidizado y además se necesita una menor cantidad de bombas que recogían el condensado de retorno a caldera. De acuerdo a la bibliografía empleada se estima esta inversión de gastos internos en:

Ítem	Inversión Total (U\$\$/año)
Instalación de Serv. Auxiliares	1.660.000

Tabla 8.5.2.2.4 Inversión en Instalación de Servicios Auxiliares

1.6 Equipos y Servicios varios

Por las características de este ítem no presenta variación en el monto respecto al método tradicional ya presentado.

Ítem	Inversión Total (U\$\$/año)
Equipos y Servicios varios	1.961.000

Tabla 8.5.2.2.5 Inversión en Equipos y Servicios varios

1.7 Rodados

Por las características de este ítem no presenta variación en el monto respecto al método tradicional ya presentado.

Ítem	Cantidad	Costo unitario (U\$\$/año)	Inversión (U\$\$/año)
Rodados	2	50.000	100.000

Tabla 8.5.2.2.6 Inversión en Rodados

1.8 Instalación de Equipos Adquiridos

Por lo precedentemente mencionado en el ítem Equipos de Proceso disminuye respecto al tradicional vía AUC. De acuerdo a la bibliografía empleada se estima esta inversión de gastos internos en:

Ítem	Inversión Total (U\$\$/año)
Instalación de Equipos Adquiridos	1.384.000

Tabla 8.5.2.2.7 Inversión en Instalación de Equipos Adquiridos

1.9 Instalaciones eléctricas

Por lo precedentemente mencionado en el ítem Equipos de Proceso disminuye respecto al tradicional vía AUC. De acuerdo a la bibliografía empleada se estima esta inversión de gastos internos en:

Ítem	Inversión Total (U\$S/año)
Instalaciones eléctricas	594.000

Tabla 8.5.2.2.8 Inversión en Instalaciones eléctricas

1.10 Cañerías y Accesorios

Por lo precedentemente mencionado en el ítem Equipos de Proceso disminuye respecto al tradicional vía AUC. De acuerdo a la bibliografía empleada se estima esta inversión de gastos internos en:

Ítem	Inversión Total (U\$S/año)
Cañerías y Accesorios	875.000

Tabla 8.5.2.2.9 Inversión en Cañerías y Accesorios

1.11 Instrumentación y Control

En este caso, la instrumentación de las 4 primeras secciones es idéntica. Dado que la sección 5-DTQ tiene una mufla-Horno con una termocupla y un sistema de extracción de gases y la sección 6-Conversion fue eliminada la inversión disminuye en una tercera parte aproximadamente.

De acuerdo a la bibliografía empleada se estima esta inversión en:

Ítem	Gasto Interno (U\$S/año)	Gasto externo (U\$S/año)	Inversión (U\$S/año)
Instrumentación y Control	115.500	269.500	385.000

Tabla 8.5.2.2.10 Inversión en Instrumentación y Control

2- Destinos asimilables

Este concepto también es denominado costos indirectos

2.1. Ingeniería y supervisión

Por las características de este ítem no presenta variación en el monto respecto al método tradicional ya presentado. De acuerdo a la bibliografía empleada se estima esta inversión en:

Ítem	Inversión Total (U\$S/año)
------	----------------------------

Ingeniería y supervisión	1.230.000
--------------------------	-----------

Tabla 8.5.2.2.11 Inversión en Ingeniería y supervisión

2.2. Honorarios del contratista

Por las características de este ítem no presenta variación en el monto respecto al método tradicional ya presentado. De acuerdo a la bibliografía empleada se estima esta inversión en:

Ítem	Inversión Total (U\$S/año)
Honorarios del contratista	474.000

Tabla 8.5.2.2.12 Inversión en Honorarios del contratista

2.3. Gastos de construcción

Por las características de este ítem no presenta variación en el monto respecto al método tradicional ya presentado. De acuerdo a la bibliografía empleada se estima esta inversión en:

Ítem	Inversión Total (U\$S/año)
Gastos de construcción	1.423.000

Tabla 8.5.2.2.13 Inversión en Gastos de construcción

2.4. Gastos de Puesta en Marcha

Como este ítem depende de la cantidad de secciones y en DTQ las mismas disminuyen, su valor es inferior. De acuerdo a la bibliografía empleada se estima esta inversión en:

Ítem	Inversión Total (U\$S/año)
Gastos de Puesta en Marcha	910.000

Tabla 8.5.2.2.14 Inversión en Gastos de Puesta en Marcha

2.5. Imprevistos

Como este ítem depende de la cantidad de secciones y en DTQ las mismas disminuyen, su valor es inferior. De acuerdo a la bibliografía empleada se estima esta inversión en:

Ítem	Inversión Total (U\$S/año)
Imprevistos	1.336.000

Tabla 8.5.2.2.15 Inversión en Imprevistos

2.6. Transporte de Equipamiento

Como este ítem depende de la cantidad de secciones y en DTQ las mismas disminuyen, su valor es inferior. De acuerdo a la bibliografía empleada se estima esta inversión en:

Ítem	Inversión Total (U\$S/año)
Transporte de Equipamiento	88.000

Tabla 8.5.2.2.16 Inversión en Transporte de Equipamiento

3- Activo de trabajo

3.1. Stock Materia prima reactivos y materiales

Con el fin de obtener una producción anual de 150 toneladas de producto terminado $UO_{2,12}$ y de acuerdo al balance masa realizado se obtuvieron las cantidades de consumo anual de cada uno de los reactivos, materiales e insumos. Para ello además se consideraron los siguientes criterios:

- Materia Prima: 1 mes de producción
- Reactivos líquidos: Volumen equivalente a los tanques depósitos llenos
- Materiales sólidos: 1 mes de producción

Se presenta a continuación en la Tabla 8.5.2.2.17 los valores utilizados y los precios de mercado en dólares al valor oficial del BCRA (365 \$/U\$S) de cada uno de ellos, según la descripción.

Item	Consumo		Stock	Inversión
	(t/año)	Tubos/año		(U\$S)
U_3O_8	155		12,9 t	2.600.000
Ác. Nítrico al 65%	110		45 m ³	22.000
Kerosene	6,6		45 m ³	16.300
TBP	2,80		16 m ³	576.000
Agua Oxigenada	20		8m ³	5600
Tierra de Diatomeas	6		0,5 t	300
PAN	28,3		2,4	2.400
Total				3.222.600

Tabla 8.5.2.2.17 Inversión en Stock Materia prima reactivos y materiales

3.2. Stock de combustibles para servicios Auxiliares.

Por las características de este ítem no presenta variación en el monto respecto al método tradicional ya presentado.

Ítem	Inversión Total (U\$S/año)
Stock combustibles p/ S. Aux.	10.000

Tabla 8.5.2.2.18 Inversión en Stock de combustibles para servicios Auxiliares

3.3. Almacén de repuestos

En este caso, el equipamiento de las 4 primeras secciones es similar. Dado que la sección 5-DTQ tiene una mufla-Horno con una termocupla y un sistema de extracción de gases y la sección 6-Conversion fue eliminada la inversión disminuye levemente. De acuerdo con la bibliografía empleada se estima esta inversión en:

Ítem	Costo Interno (U\$S/año)	Costo externo (U\$S/año)	Inversión (U\$S/año)
Almacén de repuestos	99.000	27.000	126.000

Tabla 8.5.2.2.19 Inversión en Almacén de repuestos

3.4. Stock producción en proceso

Como este ítem depende de la cantidad de secciones y en DTQ las mismas disminuyen levemente, su valor es inferior

Ítem	Inversión Total (U\$S/año)
Stock producción en proceso	669.400

Tabla 8.5.2.2.20 Inversión en Stock producción en proceso

3.5. Stock productos terminados

Se consideró el costo de venta del producto terminado obtenido por el método convencional, teniendo en cuenta un stock de 1 mes de producción, al igual que en el método tradicional AUC.

Ítem	Inversión Total (U\$S/año)
Stock productos terminados	5.262.500

Tabla 8.5.2.2.21 Inversión en Stock productos terminados

3.6. Disponibilidad cajas y bancos

Por las características de este ítem no presenta variación en el monto respecto al método tradicional ya presentado.

Ítem	Inversión Total (U\$S/año)
Disponibilidad cajas y bancos	700.000

Tabla 8.5.2.2.22 Inversión en Disponibilidad cajas y bancos

9. INDICADORES ECONÓMICOS

9.1. Método vía AUC

A los efectos de poder analizar del presente trabajo final los principales indicadores económicos correspondientes al método tradicional vía AUC, para obtener 150 toneladas al año de producto terminado $UO_{2,12}$, se realizaron los cálculos para evaluar:

- Punto de equilibrio
- Relación deuda-capital propio
- Costo nivelado de producción
- Tasa interna de rentabilidad
- Periodo de recuperación del capital

9.1.1. Diagrama de Equilibrio

Para hallar el punto de equilibrio se tuvieron las siguientes variables

- Costo total de producción del año 2: 335 U\$/kg
- Precio de venta: 385 U\$/kg
- Capacidad de la planta: 150 t/año

De los valores precedentes se obtiene el siguiente diagrama de punto de equilibrio obteniendo un valor de 91,2 t/año.

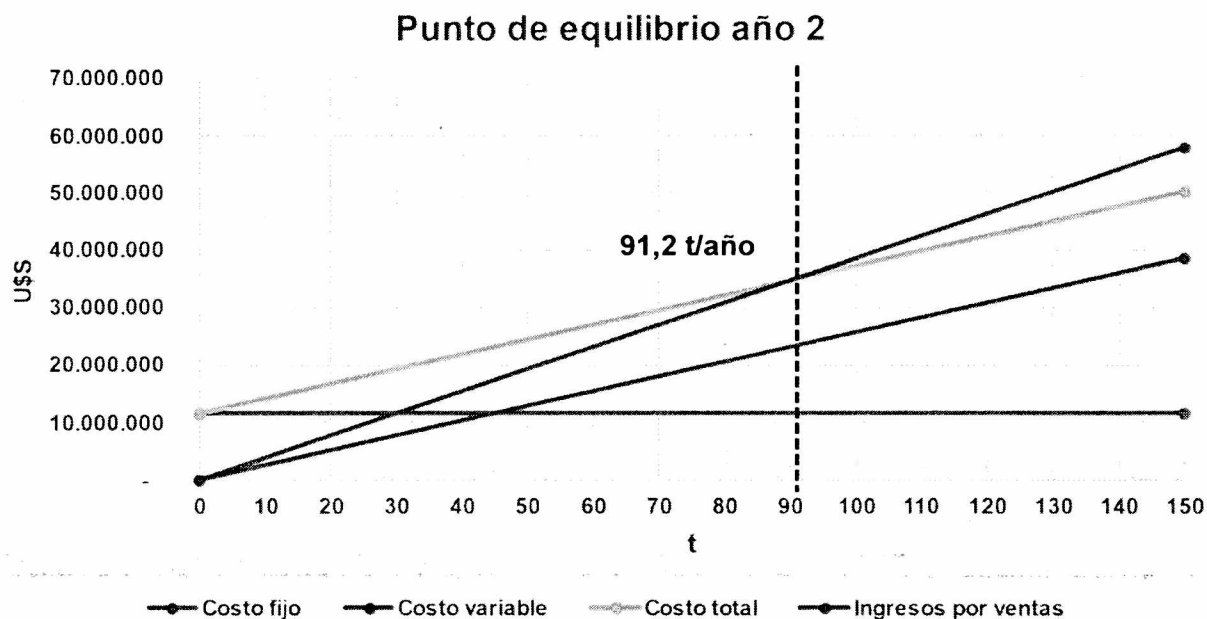


Figura 9.1.1.1 Diagrama de Equilibrio método tradicional AUC.

9.1.2. Relación deuda-capital propio

Se presentan a continuación las tablas para calcular el indicador financiero.

Prestamos	U\$\$
Externo	700.000
Interno	23.000.000
Total	23.700.000

Inversiones	U\$\$
Fija	12.081.400
Destinos Asimilables	5.624.000
Iva sobre inversiones	3.648.309
Activo de trabajo	10.036.400
Total	31.390.109

Tabla 9.1.2.1 Cálculo para relación deuda-capital propio AUC

Habiendo partido de la premisa de obtener una relación de deuda-capital propio del orden del 70-30%, al final de la evaluación económica se obtuvo una relación de 75,5-24,5%.

9.1.3. Costo Nivelado de Producción

Para hallar el Costo Nivelado de Producción se tuvieron las siguientes variables

- Se dividió la Inversión Fija y los Destinos Asimilables en los 2 años de construcción en partes iguales 50% cada año.
- Se puso en el año 1 de operación la conformación de la inversión en Activo de trabajo.
- Se incluyen los costos de producción, costo de administración y de financiación para los 30 años de producción.
- Precio de venta: 385 U\$\$/kg.
- Capacidad de la planta: 150 t/año.
- Tasa de descuento: 8%.

De los valores precedentes se obtiene el Costo Nivelado de Producción obteniendo un valor de 318 U\$\$/kg. En la siguiente tabla se presenta el cálculo.

Cal.	Año		Inversión	Costo Producción	Costo de Administ (U\$S)	Costo de Financiación	Total	FSA	Total Actualizado	Producción (toneladas)	Producción Actualizada
	Fin.	Proy.									
1	0	- 2	10.676.855	0	0	4.203.000	14.879.855	1,00	14.879.855	0	0
2	1	- 1	10.676.855	0	0	4.026.989	14.703.844	0,92	13.614.670	0	0
3	2	1	10.036.400	30.831.990	292.300	3.819.297	44.979.987	0,85	38.563.089	105	90,0
4	3	2		42.312.410	292.300	3.566.345	46.171.055	0,79	36.652.072	150	119,1
5	4	3		42.312.410	292.300	3.269.279	45.873.989	0,73	33.718.751	150	110,3
6	5	4		42.312.410	292.300	2.920.158	45.524.868	0,68	30.983.460	150	102,1
7	6	5		42.312.410	292.300	2.509.613	45.114.323	0,63	28.429.676	150	94,5
8	7	6		42.312.410	272.300	2.026.588	44.611.298	0,58	26.030.264	150	87,5
9	8	7		42.312.410	272.300	1.458.036	44.042.746	0,54	23.794.925	150	81,0
10	9	8		42.312.410	272.300	788.562	43.373.272	0,50	21.697.435	150	75,0
11	10	9		42.312.410	272.300		42.584.710	0,46	19.724.960	150	69,5
12	11	10		42.312.410	272.300		42.584.710	0,42	18.263.852	150	64,3
13	12	11		42.312.410	272.300		42.584.710	0,39	16.910.974	150	59,6
14	13	12		42.312.410	272.300		42.584.710	0,36	15.658.309	150	55,2
15	14	13		42.312.410	272.300		42.584.710	0,34	14.498.435	150	51,1
16	15	14		42.312.410	272.300		42.584.710	0,31	13.424.477	150	47,3
17	16	15		42.312.410	272.300		42.584.710	0,29	12.430.071	150	43,8
18	17	16		42.312.410	272.300		42.584.710	0,27	11.509.325	150	40,5
19	18	17		42.312.410	272.300		42.584.710	0,25	10.656.782	150	37,5
20	19	18		42.312.410	272.300		42.584.710	0,23	9.867.391	150	34,8
21	20	19		42.312.410	272.300		42.584.710	0,21	9.136.473	150	32,2
22	21	20		42.312.410	272.300		42.584.710	0,19	8.459.697	150	29,8
23	22	21		42.312.410	272.300		42.584.710	0,18	7.833.053	150	27,6
24	23	22		42.312.410	272.300		42.584.710	0,17	7.252.827	150	25,5
25	24	23		42.312.410	272.300		42.584.710	0,15	6.715.581	150	23,7
26	25	24		42.312.410	272.300		42.584.710	0,14	6.218.130	150	21,9
27	26	25		42.312.410	272.300		42.584.710	0,13	5.757.528	150	20,3
28	27	26		42.312.410	272.300		42.584.710	0,12	5.331.044	150	18,8
29	28	27		42.312.410	272.300		42.584.710	0,11	4.936.152	150	17,4
30	29	28		42.312.410	272.300		42.584.710	0,10	4.570.511	150	16,1
31	30	29		42.312.410	272.300		42.584.710	0,09	4.231.955	150	14,9
32	31	30		42.312.410	272.300		42.584.710	0,09	3.918.477	150	13,8
Sumatoria											
										485.670.203	1525
Costo Nivelado de Producción (U\$S/kg)											
318											

Tabla 9.1.3.1 Costo Nivelado de Producción método tradicional AUC

9.1.4. Tasa Interna de Rentabilidad

Para hallar la Tasa interna de rentabilidad se tuvieron las siguientes variables

- Se dividió la Inversión Fija y los Destinos Asimilables en los 2 años de construcción en partes iguales 50% cada año
- Se puso en el año 1 de operación la conformación de la inversión en Activo de trabajo.
- Se incluyen los costos de producción, costo de administración y de financiación para los 30 años de producción.
- Precio de venta: 385 U\$/kg
- Capacidad de la planta: 150 t/año

De los valores precedentes se obtiene la Tasa interna de rentabilidad para un Valor actualizado neto (VAN) de 0, obteniendo un valor de 27,2%. En la siguiente tabla se presenta el cálculo.

Año		Inversión	Costo Producción	Costo de Administ	Costo de Financiación	Total Egresos	FSA	Ingreso por ventas	Diferencia Ingresos - Egresos	Beneficio Actualizado
Cal.	Fin. Proy.	(U\$S/año)								
1	0	10.676.855	0	0	4.203.000	14.879.855	1,00	0	-14.879.855	-14.879.855
2	1	10.676.855	0	0	4.026.989	14.703.844	0,79	0	-14.703.844	-11.558.768
3	2	10.036.400	30.831.990	292.300	3.819.297	44.979.987	0,62	40.425.000	-4.554.987	-2.814.806
4	3		42.312.410	292.300	3.566.345	46.171.055	0,49	57.750.000	11.578.945	5.624.850
5	4		42.312.410	292.300	3.269.279	45.873.989	0,38	57.750.000	11.876.011	4.535.166
6	5		42.312.410	292.300	2.920.158	45.524.868	0,30	57.750.000	12.225.132	3.669.922
7	6		42.312.410	292.300	2.509.613	45.114.323	0,24	57.750.000	12.635.677	2.981.827
8	7		42.312.410	272.300	2.026.588	44.611.298	0,19	57.750.000	13.138.702	2.437.345
9	8		42.312.410	272.300	1.458.036	44.042.746	0,15	57.750.000	13.707.254	1.998.921
10	9		42.312.410	272.300	788.562	43.373.272	0,11	57.750.000	14.376.728	1.648.109
11	10		42.312.410	272.300		42.584.710	0,09	57.750.000	15.165.290	1.366.650
12	11		42.312.410	272.300		42.584.710	0,07	57.750.000	15.165.290	1.074.330
13	12		42.312.410	272.300		42.584.710	0,06	57.750.000	15.165.290	844.537
14	13		42.312.410	272.300		42.584.710	0,04	57.750.000	15.165.290	663.895
15	14		42.312.410	272.300		42.584.710	0,03	57.750.000	15.165.290	521.891
16	15		42.312.410	272.300		42.584.710	0,03	57.750.000	15.165.290	410.261
17	16		42.312.410	272.300		42.584.710	0,02	57.750.000	15.165.290	322.508
18	17		42.312.410	272.300		42.584.710	0,02	57.750.000	15.165.290	253.526
19	18		42.312.410	272.300		42.584.710	0,01	57.750.000	15.165.290	199.298
20	19		42.312.410	272.300		42.584.710	0,01	57.750.000	15.165.290	156.669
21	20		42.312.410	272.300		42.584.710	0,01	57.750.000	15.165.290	123.158
22	21		42.312.410	272.300		42.584.710	0,01	57.750.000	15.165.290	96.815
23	22		42.312.410	272.300		42.584.710	0,01	57.750.000	15.165.290	76.107
24	23		42.312.410	272.300		42.584.710	0,00	57.750.000	15.165.290	59.828
25	24		42.312.410	272.300		42.584.710	0,00	57.750.000	15.165.290	47.031
26	25		42.312.410	272.300		42.584.710	0,00	57.750.000	15.165.290	36.971
27	26		42.312.410	272.300		42.584.710	0,00	57.750.000	15.165.290	29.063
28	27		42.312.410	272.300		42.584.710	0,00	57.750.000	15.165.290	22.847
29	28		42.312.410	272.300		42.584.710	0,00	57.750.000	15.165.290	17.960
30	29		42.312.410	272.300		42.584.710	0,00	57.750.000	15.165.290	14.119
31	30		42.312.410	272.300		42.584.710	0,00	57.750.000	15.165.290	11.099
32	31		42.312.410	272.300		42.584.710	0,00	57.750.000	15.165.290	8.725
Sumatoria VAN										
										0
Tasa Interna de rentabilidad										27,2%

Tabla 9.1.4.1 Tasa Interna de rentabilidad método tradicional AUC

9.1.5. Período de Recuperación de Capital

Para hallar el Período de Recuperación de Capital se tuvieron las siguientes variables

- Se dividió la Inversión Fija y los Destinos Asimilables en los 2 años de construcción en partes iguales 50% cada año.
- Se puso en el año 1 de operación la conformación de la inversión en Activo de trabajo.
- Se incluyen los costos de producción, costo de administración y de financiación para los 30 años de producción.
- Precio de venta: 385 U\$/kg
- Capacidad de la planta: 150 t/año
- Tasa de descuento: 8%

De los valores precedentes se obtiene el periodo de recuperación de capital obteniendo un valor de 9,1 años. En la siguiente tabla se presenta el cálculo, con la consideración de que la columna Beneficio Actualizado está representando la siguiente fórmula.

$$\text{Beneficio Actualizado} = (\text{Diferencia Ingresos} - \text{Egresos}) * \text{FSA}$$

Cal.	Año		Inversión	Costo Producción	Costo de Administ	Costo de Financiación	Total Egresos (U\$/año)	FSA	Ingreso por ventas	Beneficio Actualizado	Flujo de Fondos
	Fin.	Proy.									
1	0	-2	10.676.855	0	0	4.203.000	14.879.855	1,00	0	-14.879.855	-14.879.855
2	1	-1	10.676.855	0	0	4.026.989	14.703.844	0,92	0	-13.614.670	-28.494.525
3	2	1	10.036.400	30.831.990	292.300	3.819.297	44.979.987	0,85	40.425.000	-3.905.167	-32.399.692
4	3	2		42.312.410	292.300	3.566.345	46.171.055	0,79	57.750.000	9.191.740	-23.207.952
5	4	3		42.312.410	292.300	3.269.279	45.873.989	0,73	57.750.000	8.729.223	-14.478.729
6	5	4		42.312.410	292.300	2.920.158	45.524.868	0,68	57.750.000	8.320.219	-6.158.509
7	6	5		42.312.410	292.300	2.509.613	45.114.323	0,63	57.750.000	7.962.620	1.804.110
8	7	6		42.312.410	272.300	2.026.588	44.611.298	0,58	57.750.000	7.666.306	9.470.416
9	8	7		42.312.410	272.300	1.458.036	44.042.746	0,54	57.750.000	7.405.603	16.876.019
10	9	8		42.312.410	272.300	788.562	43.373.272	0,50	57.750.000	7.191.943	24.067.962
11	10	9		42.312.410	272.300		42.584.710	0,46	57.750.000	7.024.464	31.092.426
12	11	10		42.312.410	272.300		42.584.710	0,42	57.750.000	6.504.133	37.596.559
13	12	11		42.312.410	272.300		42.584.710	0,39	57.750.000	6.022.345	
14	13	12		42.312.410	272.300		42.584.710	0,36	57.750.000	5.576.246	
15	14	13		42.312.410	272.300		42.584.710	0,34	57.750.000	5.163.190	
16	15	14		42.312.410	272.300		42.584.710	0,31	57.750.000	4.780.732	
17	16	15		42.312.410	272.300		42.584.710	0,29	57.750.000	4.426.604	
18	17	16		42.312.410	272.300		42.584.710	0,27	57.750.000	4.098.707	
19	18	17		42.312.410	272.300		42.584.710	0,25	57.750.000	3.795.099	
20	19	18		42.312.410	272.300		42.584.710	0,23	57.750.000	3.513.981	
21	20	19		42.312.410	272.300		42.584.710	0,21	57.750.000	3.253.686	
22	21	20		42.312.410	272.300		42.584.710	0,19	57.750.000	3.012.672	
23	22	21		42.312.410	272.300		42.584.710	0,18	57.750.000	2.789.511	
24	23	22		42.312.410	272.300		42.584.710	0,17	57.750.000	2.582.881	
25	24	23		42.312.410	272.300		42.584.710	0,15	57.750.000	2.391.556	
26	25	24		42.312.410	272.300		42.584.710	0,14	57.750.000	2.214.404	
27	26	25		42.312.410	272.300		42.584.710	0,13	57.750.000	2.050.374	
28	27	26		42.312.410	272.300		42.584.710	0,12	57.750.000	1.898.494	
29	28	27		42.312.410	272.300		42.584.710	0,11	57.750.000	1.757.865	
30	29	28		42.312.410	272.300		42.584.710	0,10	57.750.000	1.627.653	
31	30	29		42.312.410	272.300		42.584.710	0,09	57.750.000	1.507.086	
32	31	30		42.312.410	272.300		42.584.710	0,09	57.750.000	1.395.450	
Inversión											31.390.109
Periodo de recuperación de capital											9,1 años

Tabla 9.1.5.1 Periodo de recuperación de capital método tradicional AUC

9.2. Método vía DTQ

A los efectos de poder analizar del presente trabajo final los principales indicadores económicos correspondientes al método tradicional vía AUC, para obtener 150 toneladas al año de producto terminado UO2,12, se realizaron los cálculos para evaluar:

- Punto de equilibrio
- Relación deuda-capital
- Costo nivelado de producción
- Tasa interna de rentabilidad
- Periodo de recuperación del capital

9.2.1. Diagrama de Equilibrio

Para hallar el punto de equilibrio se tuvieron las siguientes variables

- Costo de total de producción del año 2: 316 U\$S/kg
- Precio de venta: 385 U\$S/kg
- Capacidad de la planta: 150t/año

De los valores precedentes se obtiene el siguiente diagrama de punto de equilibrio obteniendo un valor de 78,7 t/año.

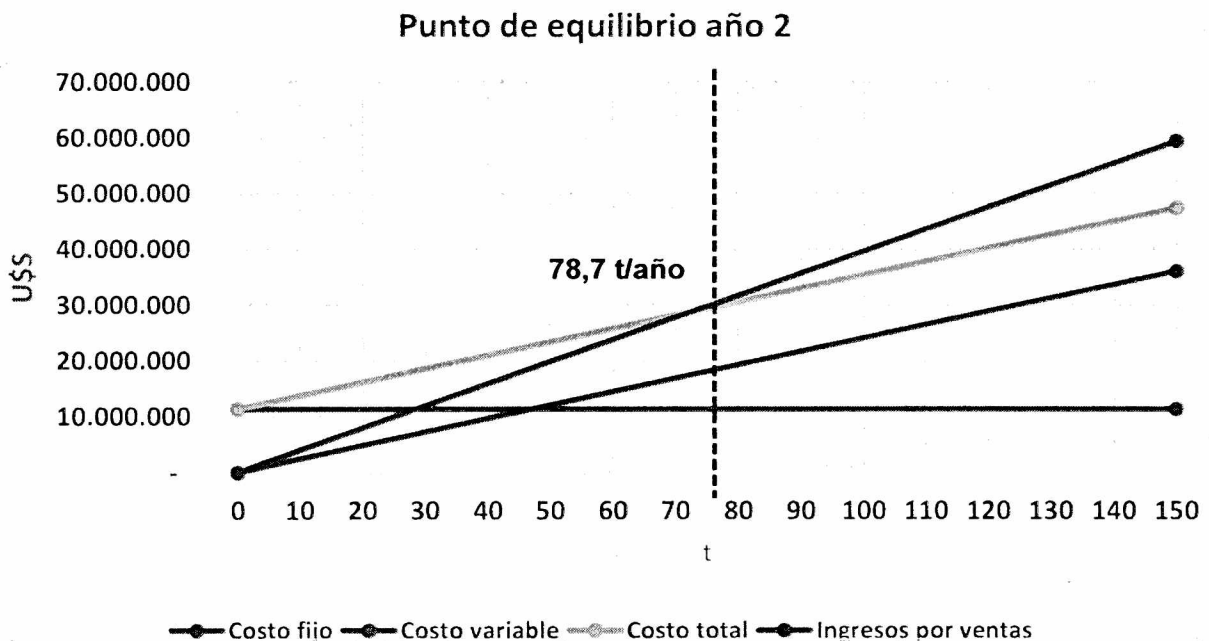


Figura 9.2.1.1 Diagrama de Equilibrio método tradicional DTQ.

9.2.2. Relación deuda-capital propio

Se presentan a continuación las tablas para calcular el indicador financiero.

Prestamos	U\$\$
Externo	450.000
Interno	22.000.000
Total	22.450.000

Inversiones	U\$\$
Fija	11.637.000
Destinos Asimilables	5.461.000
Iva sobre inversiones	3.533.985
Activo de trabajo	9.988.100
Total	30.620.085

Tabla 9.2.2.1 Cálculo para relación deuda-capital propio DTQ

Habiendo partido de la premisa de obtener una relación de deuda-capital propio del orden del 70-30%, al final de la evaluación económica se obtuvo una relación de 73,3-26,7%.

9.2.3. Costo Nivelado de Producción

Para hallar el Costo Nivelado de Producción se tuvieron las siguientes variables

- Se dividió la Inversión Fija y los Destinos Asimilables en los 2 años de construcción en partes iguales 50% cada año.
- Se puso en el año 1 de operación la conformación de la inversión en Activo de trabajo.
- Se incluyen los costos de producción, costo de administración y de financiación para los 30 años de producción.
- Precio de venta: 385 U\$\$/kg.
- Capacidad de la planta: 150 t/año.
- Tasa de descuento: 8%.

De los valores precedentes se obtiene el Costo Nivelado de Producción obteniendo un valor de 302 U\$\$/kg. En la siguiente tabla se presenta el cálculo.

Cal.	Año		Inversión	Costo de Producción	Costo de Administ (U\$S)	Costo de Financiación	Total	FSA	Total Actualizado	Producción (toneladas)	Producción Actualizada	
	Fin.	Proy.										
1	0	-2	10.315.993	-	0	4.000.500	14.316.493	1,00	14.316.493	0	0	
2	1	-1	10.315.993	-	0	3.832.142	14.148.135	0,92	13.100.125	0	0	
3	2	1	9.988.100	29.168.925	292.300	3.633.480	43.082.805	0,85	36.936.561	105	90,0	
4	3	2		39.955.500	292.300	3.393.995	43.641.795	0,79	34.644.264	150	119,1	
5	4	3		39.955.500	292.300	3.112.315	43.360.115	0,73	31.870.979	150	110,3	
6	5	4		39.955.500	292.300	2.780.844	43.028.644	0,68	29.284.572	150	102,1	
7	6	5		39.955.500	292.300	2.390.619	42.638.419	0,63	26.869.437	150	94,5	
8	7	6		39.955.500	272.300	1.931.065	42.158.865	0,58	24.599.293	150	87,5	
9	8	7		39.955.500	272.300	1.389.703	41.617.503	0,54	22.484.642	150	81,0	
10	9	8		39.955.500	272.300	751.807	40.979.607	0,50	20.500.006	150	75,0	
11	10	9		39.955.500	272.300		40.227.800	0,46	18.633.255	150	69,5	
12	11	10		39.955.500	272.300		40.227.800	0,42	17.253.014	150	64,3	
13	12	11		39.955.500	272.300		40.227.800	0,39	15.975.013	150	59,6	
14	13	12		39.955.500	272.300		40.227.800	0,36	14.791.679	150	55,2	
15	14	13		39.955.500	272.300		40.227.800	0,34	13.695.999	150	51,1	
16	15	14		39.955.500	272.300		40.227.800	0,31	12.681.480	150	47,3	
17	16	15		39.955.500	272.300		40.227.800	0,29	11.742.111	150	43,8	
18	17	16		39.955.500	272.300		40.227.800	0,27	10.872.325	150	40,5	
19	18	17		39.955.500	272.300		40.227.800	0,25	10.066.968	150	37,5	
20	19	18		39.955.500	272.300		40.227.800	0,23	9.321.267	150	34,8	
21	20	19		39.955.500	272.300		40.227.800	0,21	8.630.802	150	32,2	
22	21	20		39.955.500	272.300		40.227.800	0,19	7.991.484	150	29,8	
23	22	21		39.955.500	272.300		40.227.800	0,18	7.399.522	150	27,6	
24	23	22		39.955.500	272.300		40.227.800	0,17	6.851.409	150	25,5	
25	24	23		39.955.500	272.300		40.227.800	0,15	6.343.897	150	23,7	
26	25	24		39.955.500	272.300		40.227.800	0,14	5.873.979	150	21,9	
27	26	25		39.955.500	272.300		40.227.800	0,13	5.438.870	150	20,3	
28	27	26		39.955.500	272.300		40.227.800	0,12	5.035.990	150	18,8	
29	28	27		39.955.500	272.300		40.227.800	0,11	4.662.954	150	17,4	
30	29	28		39.955.500	272.300		40.227.800	0,10	4.317.550	150	16,1	
31	30	29		39.955.500	272.300		40.227.800	0,09	3.997.731	150	14,9	
32	31	30		39.955.500	272.300		40.227.800	0,09	3.701.603	150	13,8	
							Sumatoria		459.885.274	Sumatoria	1525	
							Costo Nivelado de Producción					302

Tabla 9.2.3.1 Costo Nivelado de Producción método DTQ

9.2.4. Tasa Interna de Rentabilidad

Para hallar la Tasa interna de rentabilidad se tuvieron las siguientes variables

- Se dividió la Inversión Fija y los Destinos Asimilables en los 2 años de construcción en partes iguales 50% cada año
- Se puso en el año 1 de operación la conformación de la inversión en Activo de trabajo.
- Se incluyen los costos de producción, costo de administración y de financiación para los 30 años de producción.
- Precio de venta: 385 U\$/kg
- Capacidad de la planta: 150 t/año

De los valores precedentes se obtiene la Tasa interna de rentabilidad para un Valor actualizado neto (VAN) de 0, obteniendo un valor de 32,6%. En la siguiente tabla se presenta el cálculo.

Año		Inversión	Costo Producción	Costo de Administ	Costo de Financiación	Total Egresos	FSA	Ingreso por ventas	Diferencia Ingresos - Egresos	Beneficio Actualizado
Cal.	Fin. Proy.									
1	0	10.315.993	-	0	4.000.500	14.316.493	1,00	0	-14.316.492	-14.316.493
2	1	10.315.993	-	0	3.832.142	14.148.135	0,75	0	-14.148.134	-10.670.763
3	2	9.988.100	29.168.925	292.300	3.633.480	43.082.805	0,57	40.425.000	-2.657.805	-1.511.874
4	3		39.955.500	292.300	3.393.995	43.641.795	0,43	57.750.000	14.108.205	6.052.860
5	4		39.955.500	292.300	3.112.315	43.360.115	0,32	57.750.000	14.389.885	4.656.316
6	5		39.955.500	292.300	2.780.844	43.028.644	0,24	57.750.000	14.721.356	3.592.769
7	6		39.955.500	292.300	2.390.619	42.638.419	0,18	57.750.000	15.111.581	2.781.555
8	7		39.955.500	272.300	1.931.065	42.158.865	0,14	57.750.000	15.591.135	2.164.471
9	8		39.955.500	272.300	1.389.703	41.617.503	0,10	57.750.000	16.132.497	1.689.164
10	9		39.955.500	272.300	751.807	40.979.607	0,08	57.750.000	16.770.393	1.324.372
11	10		39.955.500	272.300		40.227.800	0,06	57.750.000	17.522.200	1.043.642
12	11		39.955.500	272.300		40.227.800	0,04	57.750.000	17.522.200	787.132
13	12		39.955.500	272.300		40.227.800	0,03	57.750.000	17.522.200	593.669
14	13		39.955.500	272.300		40.227.800	0,03	57.750.000	17.522.200	447.755
15	14		39.955.500	272.300		40.227.800	0,02	57.750.000	17.522.200	337.704
16	15		39.955.500	272.300		40.227.800	0,01	57.750.000	17.522.200	254.702
17	16		39.955.500	272.300		40.227.800	0,01	57.750.000	17.522.200	192.101
18	17		39.955.500	272.300		40.227.800	0,01	57.750.000	17.522.200	144.886
19	18		39.955.500	272.300		40.227.800	0,01	57.750.000	17.522.200	109.275
20	19		39.955.500	272.300		40.227.800	0,00	57.750.000	17.522.200	82.417
21	20		39.955.500	272.300		40.227.800	0,00	57.750.000	17.522.200	62.160
22	21		39.955.500	272.300		40.227.800	0,00	57.750.000	17.522.200	46.882
23	22		39.955.500	272.300		40.227.800	0,00	57.750.000	17.522.200	35.360
24	23		39.955.500	272.300		40.227.800	0,00	57.750.000	17.522.200	26.669
25	24		39.955.500	272.300		40.227.800	0,00	57.750.000	17.522.200	20.114
26	25		39.955.500	272.300		40.227.800	0,00	57.750.000	17.522.200	15.170
27	26		39.955.500	272.300		40.227.800	0,00	57.750.000	17.522.200	11.442
28	27		39.955.500	272.300		40.227.800	0,00	57.750.000	17.522.200	8.630
29	28		39.955.500	272.300		40.227.800	0,00	57.750.000	17.522.200	6.509
30	29		39.955.500	272.300		40.227.800	0,00	57.750.000	17.522.200	4.909
31	30		39.955.500	272.300		40.227.800	0,00	57.750.000	17.522.200	3.702
32	31		39.955.500	272.300		40.227.800	0,00	57.750.000	17.522.200	2.792
Sumatoria VAN										0
Tasa interna de rentabilidad										32,6%

Tabla 9.2.4.1 Tasa interna de rentabilidad método DTQ

9.2.5. Período de Recuperación de Capital

Para hallar el Período de Recuperación de Capital se tuvieron las siguientes variables

- Se dividió la Inversión Fija y los Destinos Asimilables en los 2 años de construcción en partes iguales 50% cada año
- Se puso en el año 1 de operación la conformación de la inversión en Activo de trabajo.
- Se incluyen los costos de producción, costo de administración y de financiación para los 30 años de producción.
- Precio de venta: 385 U\$/kg
- Capacidad de la planta: 150 t/año
- Tasa de descuento: 8%

De los valores precedentes se obtiene el Costo nivelado de producción obteniendo un valor de 7,3 años. En la siguiente tabla se presenta el cálculo, con la consideración de que la columna Beneficio Actualizado está representando la siguiente fórmula.

$$\text{Beneficio Actualizado} = (\text{Diferencia Ingresos} - \text{Egresos}) * \text{FSA}$$

Cal.	Año		Inversión	Costo de Producción	Costo de Administ	Costo de Financiación	Total Egresos (U\$S/año)	FSA	Ingreso por ventas	Beneficio Actualizado	Flujo de Fondos
	Fin.	Proy.									
1	0	-2	10.315.993	-	0	4.000.500	14.316.493	1,00	0	-14.316.493	-14.316.493
2	1	-1	10.315.993	-	0	3.832.142	14.148.135	0,92	0	-13.100.125	-27.416.617
3	2	1	9.988.100	29.168.925	292.300	3.633.480	43.082.805	0,85	40.425.000	-2.278.639	-29.695.256
4	3	2		39.955.500	292.300	3.393.995	43.641.795	0,79	57.750.000	11.199.548	-18.495.708
5	4	3		39.955.500	292.300	3.112.315	43.360.115	0,73	57.750.000	10.576.995	-7.918.714
6	5	4		39.955.500	292.300	2.780.844	43.028.644	0,68	57.750.000	10.019.107	2.100.394
7	6	5		39.955.500	292.300	2.390.619	42.638.419	0,63	57.750.000	9.522.859	11.623.253
8	7	6		39.955.500	272.300	1.931.065	42.158.865	0,58	57.750.000	9.097.277	20.720.530
9	8	7		39.955.500	272.300	1.389.703	41.617.503	0,54	57.750.000	8.715.886	29.436.416
10	9	8		39.955.500	272.300	751.807	40.979.607	0,50	57.750.000	8.389.372	37.825.788
11	10	9		39.955.500	272.300		40.227.800	0,46	57.750.000	8.116.169	
12	11	10		39.955.500	272.300		40.227.800	0,42	57.750.000	7.514.971	
13	12	11		39.955.500	272.300		40.227.800	0,39	57.750.000	6.958.307	
14	13	12		39.955.500	272.300		40.227.800	0,36	57.750.000	6.442.877	
15	14	13		39.955.500	272.300		40.227.800	0,34	57.750.000	5.965.626	
16	15	14		39.955.500	272.300		40.227.800	0,31	57.750.000	5.523.728	
17	16	15		39.955.500	272.300		40.227.800	0,29	57.750.000	5.114.563	
18	17	16		39.955.500	272.300		40.227.800	0,27	57.750.000	4.735.707	
19	18	17		39.955.500	272.300		40.227.800	0,25	57.750.000	4.384.914	
20	19	18		39.955.500	272.300		40.227.800	0,23	57.750.000	4.060.105	
21	20	19		39.955.500	272.300		40.227.800	0,21	57.750.000	3.759.357	
22	21	20		39.955.500	272.300		40.227.800	0,19	57.750.000	3.480.886	
23	22	21		39.955.500	272.300		40.227.800	0,18	57.750.000	3.223.042	
24	23	22		39.955.500	272.300		40.227.800	0,17	57.750.000	2.984.298	
25	24	23		39.955.500	272.300		40.227.800	0,15	57.750.000	2.763.239	
26	25	24		39.955.500	272.300		40.227.800	0,14	57.750.000	2.558.555	
27	26	25		39.955.500	272.300		40.227.800	0,13	57.750.000	2.369.032	
28	27	26		39.955.500	272.300		40.227.800	0,12	57.750.000	2.193.548	
29	28	27		39.955.500	272.300		40.227.800	0,11	57.750.000	2.031.063	
30	29	28		39.955.500	272.300		40.227.800	0,10	57.750.000	1.880.614	
31	30	29		39.955.500	272.300		40.227.800	0,09	57.750.000	1.741.309	
32	31	30		39.955.500	272.300		40.227.800	0,09	57.750.000	1.612.324	
Inversión											30.620.085
Periodo de recuperación de capital											7,3 años

Tabla 9.2.5.1 Periodo de recuperación de capital método DTQ

10. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Inversiones

De la comparación de inversiones resulta:

INVERSIONES ITEM	MÉTODO		ANÁLISIS DE RESULTADOS	
	AUC (U\$S)	DTQ (U\$S)	Diferencia (U\$S)	Beneficio (%)
Inversión Fija	12.081.400	11.637.000	444.400	3,7
Destinos Asimilables	5.624.000	5.461.000	163.000	2,9
Intereses Preoperativos	8229.989	7.832.642	397.347	4,8
IVA sobre Inversiones	3.648.309	3.533.985	114.324	3,1
Activo de Trabajo	10.036.400	9.988.100	48.300	0,5
Total	39.620.098	38.452.727	1.167.371	2,9

Inversiones en equipos

De la comparación de inversiones resulta:

INVERSIONES EN EQUIPOS Sección	MÉTODO		ANÁLISIS DE RESULTADOS	
	AUC (U\$S)	DTQ (U\$S)	Diferencia (U\$S)	Beneficio (%)
1 - Materiales e Insumos	1.109.400	1.107.100	2.300	0,2
2 - Disolución	654.700	654.700	0	0,0
3 - Purificación	1.015.380	1.015.380	0	0,0
4 - Evaporación	330.300	330.300	0	0,0
5 - Precipitación(AUC)/Calcinación(DTQ)	323.180	243.300	79.880	24,7
6 - Conversión	138.800	-	138.800	100,0
7- Homogeneización y envasado	62.600	62.600	0	0,0
Total	3.634.360	3.413.380	220.980	6,1

Costos

De la comparación de los costos para el año 2 resulta:

COSTOS	MÉTODO		ANÁLISIS DE RESULTADOS	
	ITEM	AUC (U\$/año)	DTQ (U\$/año)	Diferencia (U\$/año)
De producción	42.312.410	39.955.500	2.356.910	5,6
De administración	292.300	292.300	0	0,0
De Financiación	7.593.334	7.226.137	367.197	4,8
Total	50.198.044	47.473.937	2.724.107	5,4

Costos anuales

De la comparación de los costos totales para los 30 años resulta:

COSTO TOTAL	MÉTODO		ANÁLISIS DE RESULTADOS	
	Año	AUC (U\$/año)	DTQ (U\$/año)	Diferencia (U\$/año)
1	39.146.587	36.926.847	2.219.740	5,7
2	50.198.044	47.275.275	2.922.769	5,8
3	45.873.989	43.360.115	2.513.874	5,5
4	45.524.868	43.028.644	2.496.224	5,5
5	45.114.323	42.638.419	2.475.904	5,5
6	44.611.298	42.158.865	2.452.433	5,5
7	44.042.746	41.617.503	2.425.243	5,5
8	43.373.272	40.979.607	2.393.665	5,5
9 al 30	42.584.710	40.227.800	2.356.910	5,5

Costo del producto terminado año 2 AUC: 335 U\$/kg

Costo del producto terminado año 2 DTQ: 316 U\$/kg

Indicadores

De la comparación de los indicadores resulta para un precio de venta de 385 U\$/kg.

INDICADOR	MÉTODO		ANÁLISIS DE RESULTADOS	
	ITEM	AUC	DTQ	Diferencia
Punto de equilibrio año 2	91,2	78,7	13	13,7
Relación deuda-capital propio	75,5-24,5%	73,3-26,7%	-	-
Costo Nivelado de Producción	318(U\$/kg)	302(U\$/kg)	16(U\$/kg)	5%
Tasa Interna de Rentabilidad	27,2 %	32,6 %	5,4%	-
Periodo de Recuperación del Capital	9,1 años	7,3 años	1,8 años	-

11. CONCLUSIONES

A continuación se presentan las conclusiones del trabajo agrupadas en seis categorías según los temas tratados.

1- Objetivo del trabajo final de carrera:

Se logró el objetivo principal del trabajo final de carrera logrando cuantificar los beneficios de la metodología evaluada para obtener $UO_{2,12}$ a partir de U_3O_8 con el método DTQ. Además, se lograron objetivos secundarios como ser aprender el procedimiento para cambios de escala, valorización de equipos mediante los mecanismos para realizar una evaluación económica y formulación de índices económicos.

2- Beneficios vía método DTQ versus tradicional AUC:

Del análisis de los resultados obtenidos se permite concluir que se lograrían importantes beneficios tales como:

- Reducción en las inversiones en equipos de procesos del orden de 6,1%.
- Disminución en la cantidad de las cañerías, instrumentación y control, servicios auxiliares e instalaciones eléctricas.
- Reducción en las inversiones fijas del orden del 3,7%.
- Reducción en el costo de producción, por la menor cantidad de reactivos, materiales e insumos consumidos del orden del 5,6%.
- Reducción del costo total del año 2 del orden de U\$S 2.930.000 equivalente a un 5,8%.
- Reducción del costo total una vez finalizados los prestamos es del orden U\$S 2.356.910 equivalente al 5,5%.
- Disminución del costo total del producto terminado del orden del 5,4%.

3- Indicadores económicos

Dado que el análisis financiero estaba fuera del alcance de esta tesis, se adoptaron líneas crediticias en el ámbito local y extranjero con el solo fin de desarrollar una metodología consistente para realizar la comparación económica, empleando porcentajes de intereses empleados en el ámbito internacional y local.

Además, se podría realizar un análisis financiero específico empleando el modelo de OIEA para este tipo de estudios denominado FINPLAN, el cual da el flujo de fondos anual del proyecto y los índices como grado de endeudamiento, relación capital propio-toma de deuda, reparto de dividendos entre otros.

A futuro cuando se logre un desarrollo en planta piloto, donde se ajusten las variables de proceso, esto permitiría pasar a la realización de una ingeniería básica. Esto conlleva a que se trabajaría con cotizaciones de proveedores para disponer de índices económico-financieros, con mayor grado de fiabilidad.

4- Contribución al sector nuclear argentino:

Este método evaluado permite una reducción del costo del producto terminado entregado a CONUAR, el cual es trasladado a las pastillas que se introducen en las vainas del elemento combustible para las centrales nucleares argentinas.

El avance tecnológico y la investigación han permitido disponer de una nueva metodología que debería ser considerada y evaluada en profundidad, ya que al bajar los costos del Front End, la energía nuclear se vuelve más competitiva permitiendo así una mayor posibilidad de penetración del sector nuclear, en el sector energético, para generación de electricidad.

Por otra parte, aumentando la cantidad de hornos pueden reducirse aún más los costos, con un aumento en la capacidad de producción por año, modificando el cronograma de producción.

5- Beneficios en Innovación tecnológica:

Esta evaluación económica comparativa realizada en este trabajo, valida la oportunidad de pasar a otras 2 etapas de laboratorio, con los cambios de escala mencionados, para validar las variables y posteriormente desarrollar 2 cambios de escala en planta piloto.

En estas últimas etapas de planta piloto se deberán evaluar cómo reacciona el nitrato de uranio con 400 gU/l de U con el poliacrilonitrilo (PAN) en medio ácido dentro de la bandeja, la cual tiene una configuración geométrica diferente a la usada en escala laboratorio. Esto se debe a que la solución durante el proceso de calentamiento se espuma, haciendo crecer su volumen. De esta forma se pueden validar las dimensiones de las bandejas para la producción industrial.

En este punto es donde debe realizarse nuevamente la evaluación económica tal como la realizada en este trabajo para actualizar los beneficios.

6- Ingeniería Básica del método DTQ:

Como recomendación, en esta etapa debe realizarse el diseño de la planta y en particular de la sección 5 – DTQ, para pasar a otra evaluación económica con un margen de error del orden del 10 al 20% según la Tabla de Estimaciones.

12. BIBLIOGRAFÍA

- Fernández Zuvich. Tesis Carrera de Doctorado en Ciencias de la Ingeniería, Instituto Balseiro - Universidad Nacional de Cuyo -Comisión Nacional de Energía Atómica, Argentina. Año 2023.
- Plant Design and Economics for Chemical Engineers. Max S. Peters, Klaus D. Timmerhaus. Año 1991.
- Diseño de Plantas y su evaluación Económica para Ingenieros Químicos. Max S. Peters, Klaus D. Timmerhaus. Año 1968.
- Preparación Técnica, Evaluación Económica y Presentación de Proyectos. Nolberto J. Munier. Año 1979.
- Temario para la presentación de Estudios de Factibilidad de Proyectos Industriales, Banco Nacional de Desarrollo. Septiembre 1978.
- Informe Preliminar Estudio de Localización para una nueva Planta de UO_2 . Dioxitek S.A, UTN-Facultad Regional Córdoba. Año 2008.
- Documentación Proyecto y Evaluación Económica Planta Piloto AUC. Departamento Desarrollo de Procesos. Gerencia de Procesos Químicos. CNEA. Año 1981.
- Documentación de Ingeniería Básica de Planta de Tratamiento Hidrometalúrgico Sierra Pintada. Departamento Desarrollo de Procesos. Gerencia de Procesos Químicos. CNEA. Año 1979.
- Documentación Anteproyecto Planta de Separación Circonio-Hafnio. Evaluación Técnico-Económica. Proyecto Fábrica de Aleaciones Especiales. Departamento Desarrollo de Procesos. Gerencia de Procesos Químicos. CNEA. Año 1980.
- International Atomic Energy Agency. Database on Nuclear Power Reactors <https://pris.iaea.org/pris/>
- International Atomic Energy Agency. Reactores Nucleares Refrigerados por Agua <https://www.iaea.org/es/temas/reactores-refrigerados-por-agua>
- Empresa Nacional de Hornos para la Industria. <https://www.indef.com.ar/>
- Tasas de créditos de exportación para pymes y grandes empresas <https://www.bice.com.ar/novedad/bice-bajo-las-tasas-de-sus-creditos-de-exportacion-para-pymes-y-grandes-empresas/>

13. ANEXO I Especificación de equipos método tradicional AUC

A continuación, se presenta la especificación de equipos para cada una de las secciones en las que se dividió el trabajo. Las tablas se realizaron con el objetivo de determinar las variables principales de los equipos para hacer una estimación de costos con el menor error posible en la medida de la información con la que se dispone.

Sección 1 - Materiales e Insumos									
Código	Descripción	Cantidad	Medio	Vol. (m ³)	Diám. (m)	Altura /Longitud (m)	Material	Motor (RPM/HP)	Observaciones
1T1/2	Tanque de almacenamiento de ácido nítrico comercial	2	Ácido nítrico	22,6	2	6	Ac. Inox. AISI 316		L/D = 3 Casquete toriesferico Horizontal
1T3	Tanque de almacenamiento de agua tratada	1	Agua tratada	8	1,5	3,75	Ac. Inox.		L/D = 2,5 Casquete toriesferico Horizontal
1T4/5	Tanque depósito para TBP	2	TBP	8	1,5	3,75	Ac. Inox.		L/D = 2,5 Casquete toriesferico Horizontal
1T6/7	Tanque depósito para Kerosene	2	Kerosene	22,6	2	6	Ac. Inox. AISI 316		L/D = 3 Casquete toriesferico Horizontal
1T8	Tanque preparación para solución de TBP y kerosene	1	TBP- Kerosene (30/70)	9	1	2	Ac. Inox.		L/D = 2 Fondo Cónico Vertical
1T9	Tanque depósito para agua oxigenada	1	H2O2	8	1,5	3,75	Ac. Inox.		L/D = 2,5 Casquete toriesferico Horizontal
1T10	Tanque depósito para Metanol	1	Metanol	8	1,5	3,75	Ac. Inox.		L/D = 2,5 Casquete toriesferico Horizontal
1BC1/2	Bomba centrífuga de alimentación de ácido nítrico a 2T1/2	2	Ácido nítrico	10 m ³ /h			ASTM A296 CF3M	6 HP	HP

1BC3/4	Bomba centrífuga de alimentación de agua tratada a 2T1/2	2	Agua tratada	1 m ³ /h				1 HP	
1BC5/6	Bomba centrífuga de alimentación de TBP a 1T8	2	TBP	6 m ³ /h				4 HP	
1B7/8	Bomba centrífuga de alimentación de kerosene a 1T8	2	Kerosene	12 m ³ /h				6 HP	
1BC9/10	Bomba centrífuga de alimentación de solución TBP kerosene (70/30) a 3T3	2	TBP-Kerosene (30/70)	20 m ³ /h				10 HP	
1BD11/12	Bombas dosificadoras de agua oxigenada para alimentar 2T1/2	2	H2O2	4 m ³ /h					
1BD13/14	Bomba dosificadora de alimentación de metanol a 5F1/2	2	Metanol						
1B15/16	Bombas dosificadoras de agua tratada para alimentar 3F1	2	Agua						
1AG1	Electro-agitador para tanque 1T8	1	TBP-Kerosene (30/70)			1,6			Rpm 1400 tipo hélice motor 2HP
1CA1	Caldera de vapor	1	Vapor de agua neutro						Acero al carbono
1S1	Separador de N ₂ del aire	1	Aire/N ₂						Acero al carbono
									Capacidad de tratamiento. Floxal Air Liquid

Sección 3 Purificación

Código	Descripción	Cantidad	Medio	Vol. (m ³)	Diám. (m)	Altura /Longitud (m)	Material	Motor (RPM/HP)	Observaciones
3T1	Tanque de almacenamiento de nitrato de uranio filtrado	1	Solución nítrica con Uranio	6,4	1,5	3	Ac. Inox. AISI 316	-----	L/D= 2 Tapa plana Fondo Cónico
3T2	Tanque de almacenamiento de solución acuosa de nitrato de uranio proveniente de 3MD1	1	Ácido	5	1,4	2,8	Ac. Inox. AISI 316	-----	L/D= 2 Tapa plana Fondo Cónico
3T3	Tanque de almacenamiento de solución orgánica y acuosa de TBP-Kerosene (70/30) para proceso de extracción en 3MD1	1	Ácido	9	1	2	Ac. Inox.		L/D = 2 Fondo Cónico Vertical
3T4	Tanque de almacenamiento de solución en fase orgánica de nitrato de uranio para proceso de re-extracción en 3MD3	1	Ácido	5	1,4	2,8	Ac. Inox. AISI 316	-----	L/D =2 Con camisa de calefacción (60°C) y agitador
3T5	Tanque de almacenamiento de solución acuosa de nitrato de uranio a re-extracción en 3MD3	1	Ácido	5	1,4	2,8	Ac. Inox. AISI 316	-----	L/D=2 Con camisa de calefacción (60°C) y agitador
3T6	Tanque de preparación de precapa filtrante de tierra de diatomeas	1	Neutro	2,5	1,2	1,8	Ac. Inox. AISI 316	-----	L/D=1,5 Con camisa de calefacción

										(60°C) y agitador
3BC1	Bomba centrífuga a 3F1	1	Ácido	2 m ³ /h				Ac. Inox. AISI 316	1 HP	
3BC2/3	Bomba centrífuga de alimentación de solución acuosa a 3MD1	2	Ácido	10 m ³ /h				Ac. Inox. AISI 316	6 HP	
3BC4/5	Bomba centrífuga de alimentación de solución de 3T2 a 3T3	2	Ácido	5 m ³ /h				Ac. Inox. AISI 316	2 HP	
3BD6/7	Bomba dosificadora que alimenta solución orgánica a 3MD1	2	Ácido	2 m ³ /h				Ac. Inox. AISI 316		A pistón ASTM A296 CF 3M.
3BD8/9	Bomba dosificadora que alimenta solución acuosa a 3MD2	2	Ácido	2 m ³ /h				Ac. Inox. AISI 316		
3BC10/11	Bomba centrífuga a sección 4 evaporación con solución concentrada de 100 gr U/I a 4EV1/3	2	Ácido	10 m ³ /h				Ac. Inox. AISI 316	6 HP	
3BD12/13	Bomba dosificadora que alimenta solución acuosa a re-extracción en 3MD3	2	Ácido	2 m ³ /h				Ac. Inox. AISI 316		
3BD14/15	Bomba dosificadora de alimentación de solución orgánica de nitrato de uranilo para re-extracción en 3MD3	2	Ácido					Ac. Inox. AISI 316		
3BC16/17	Bomba centrífuga con solución orgánica a 3T3	2	Ácido	2 m ³ /h				Ac. Inox. AISI 316	1 HP	
3BC18/19	Bomba centrífuga con solución orgánica a 3T3		Ácido	4 m ³ /h				Ac. Inox. AISI 316	2 HP	
3BC20/21	Bomba centrífuga con solución orgánica a 3T3	2	Ácido	2 m ³ /h				Ac. Inox. AISI 316	1 HP	

3F1	Filtro rotatorio a vacío	1	Ácido					Ac. Inox. AISI 316		Usa tierra de diatomeas
3MD1	Mezclador decantador para extracción con solvente		Ácido	24 m ³				Ac. Inox. AISI 316	-----	8 celdas (cada una de 3 metros X 1 m x 1 m) con electro agitador de 1 m de largo 1 HP
3MD2	Mezclador decantador para lavado		Ácido	3 m ³				Ac. Inox. AISI 316	-----	1 celdas (cada una de 3 metros X 1 m x 1 m) con electroagitador de 1 m de largo 1 HP Con serpentín de enfriamiento con 1 etapa
3MD3	Mezclador decantador para re-extracción de fase orgánica acuosa		Ácido	18 m ³				Ac. Inox. AISI 316	-----	6 celdas (cada una de 3 metros X 1 m x 1 m) con electroagitador de 1 m de largo de 1 HP
3D1	Decantador para separación de fase líquido orgánico	1	Ácido	1,6	1	1,5		Ac. Inox. AISI 316	-----	L/D = 1,5 Casquete torisferico Horizontal con 2 baffles
3D2	Decantador para separación de fase líquido orgánico	1	Ácido	1,6	1	1,5		Ac. Inox. AISI 316	-----	L/D = 1,5 Casquete torisferico Horizontal con 2 baffles
3FC1	Filtro canasto en línea	1	Ácido					Ac. Inox.		Filtro tipo

	de seguridad para bomba dosificadora 3B6/7							AISI 316	-----	cartucho marca GORA UNIPACK SR200
3FC2	Filtro canasto de seguridad para bomba dosificadora 3B89	1	Ácido					Ac. Inox. AISI 316	-----	Filtro tipo cartucho marca GORA UNIPACK SR200
3FC3	Filtro canasto de seguridad para bomba dosificadora 3B12/13	1	Ácido					Ac. Inox. AISI 316	-----	Filtro tipo cartucho marca GORA UNIPACK SR200
3FC4	Filtro canasto de seguridad para bomba dosificadora 3B14/15	1	Ácido					Ac. Inox. AISI 316	-----	Filtro tipo cartucho marca GORA UNIPACK SR200
3FC5	Filtro canasto de seguridad para el 4EV1/3	1	Ácido					Ac. Inox. AISI 316	-----	Filtro tipo cartucho marca GORA UNIPACK SR200
3BJ1/4	Bandeja para recepción de residuos de tierra de diatomeas proveniente de 3F1	4	Ácido	0,05		1x0,5x0,1		Ac. Inox. AISI 316	-----	Con silice y trazas de uranio
3AG1	Electro-agitador para tanque 3T4	1	Ácido			2				Rpm 1400 tipo hélice motor 2HP
3AG2	Electro-agitador para tanque 3T5	1	Ácido			2				Rpm 1400 tipo hélice motor 2HP
3AG3	Electro-agitador para tanque 3T6	1	Ácido			1,5				Rpm 1400 tipo hélice motor

Sección 4 - Evaporación

Código	Descripción	Cantidad	Medio	Vol. (m ³)	Diám. (m)	Altura /Longitud (m)	Material	Motor (RPM/HP)	Observaciones
4EV1/3	Evaporador para concentrar la solución de nitrato de uranio a 400 gU/l	3	Vapores nítricos	1,5	0,8	2,4	Acero inoxidable	-----	L/D=3 Casquete toriesférico
4C1/3	Condensador de vapores para recuperación de ácido nítrico y agua	3	Ácido		1,5	2		-----	30 tubos Q=
4T1	Tanque de recuperación de agua de calentamiento	1	Neutro	2,1	0,9	2,7	Ac. Inox. AISI 316	-----	L/D = 3 Con serpentín de enfriamiento Fondo Cónico
4T2	Tanque de acumulación para recuperación de ácido nítrico y agua	1	Ácido	1,6	1	1,5	Ac. Inox. AISI 316	-----	L/D=1,5
4T3/4	Tanque de nitrato de uranio a 400 gU/l	2	Ácido	6,5	1,5	3	Ac. Inox. AISI 316	-----	L/D=2 Casquete toriesférico
4BC1/6	Bomba centrífuga que alimenta solución de nitrato de uranio 400 gU/l al precipitador 5P1	6	Ácido	4 m ³ /h				2 HP	
4BC7/8	Bomba centrífuga que alimenta agua de condensación que va a la caldera de vapor	2	Ácido	4 m ³ /h				2 HP	
4BC9/10	Bomba centrífuga que alimenta ácido nítrico y agua a separación	2	Ácido	2 m ³ /h				1 HP	
4BC11/12	Bomba centrífuga que	2	Ácido	10				6 HP	

	alimenta nitrato de uranilo 400 gU/l a precipitación				m ³ /h							
4AG1	Electro-agitador para tanque 4T1	1	Neutro Vapor de agua			2,5	Ac. Inox. AISI 316		Rpm 1400 tipo hélice motor 1HP			
4AG2/3	Electro-agitador para tanque 4T3/4	2	Ácido			2,5	Ac. Inox. AISI 316		Rpm 1400 tipo hélice motor 2HP			

Sección 5 - Precipitación									
Código	Descripción	Cantidad	Medio	Vol. (m ³)	Diám. (m)	Altura /Longitud (m)	Material	Motor (RPM/HP)	Observaciones
5T1/2	Tanque de alinacenamiento de AUC	2	Ácido	5	1,4	2,8	Ac. Inox. AISI 316	-----	L/D = 2 Con agitador
5T3	Tanque horizontal que almacena nitrato de amonio para comercialización	1	Alcalino	8	1,5	3,75	Ac. Inox.		L/D = 2,5 Casquete toriesferico Horizontal
5BCE1/2	Bomba centrífuga engomada que lleva AUC al 5TV1	2	Ácido	10 m ³ /h				20 HP	Para pulpas carcasa de acero al carbono engomada
5BCE3/4	Bomba centrífuga engomada que lleva AUC al 5F1/2	2	Ácido	10 m ³ /h				20 HP	Para pulpas carcasa de acero al carbono engomada
5BCE5/6	Bomba centrífuga engomada que lleva AUC a sección 6 conversión	2	Ácido	10 m ³ /h				20 HP	Para pulpas carcasa de acero al carbono engomada
5BC7/8	Bomba centrífuga para nitrato de amonio para comercialización	2	Ácido	4 m ³ /h				2 HP	
5BC9	Bomba centrífuga para nitrato de amonio para comercialización	1	Ácido	2 m ³ /h				1 HP	

5TV1	Tolva de alimentación de AUC a 5T1/2	1	Ácido	1	0,85	1,36	Ac. Inox. AISI 316L	-----	L/D = 1,6
5PR1	Precipitador de Yellow Cake	1	Ácido/Alcalino	4	2	1	Ac. Inox. AISI 316L	-----	L/D=0,5
5F1/2	Filtro de vacío horizontal rotatorio	2	Ácido						
5BJ1/4	Bandeja para recepción de residuos de tierra de diatomeas proveniente de 3F1	4	Ácido	0,05		1x0,5x0,1	Ac. Inox. AISI 316	-----	Tierra de diatomeas con sílice y trazas de uranio
5AG1/2	Agitador engomado	2				2,5			Engomado 10 HP

Sección 6 - Conversión									
Código	Descripción	Cantidad	Medio	Vol. (m ³)	Diám. (m)	Altura /Longitud (m)	Material	Motor (RPM/HP)	Observaciones

6RLF1	Reactor de lecho fluidizado para reducir a UO_3	1	Reductor	2	0,8	3,2	Ac. Inox.	-----	A 600 °C Con Resistencia eléctrica
6RLF2	Reactor de lecho fluidizado para oxidación controlada de $UO_{2,12}$	1	Oxidante	2	0,8	3,2	AISI 316L	-----	L/D=4A 80 °C Con Resistencia eléctrica
6TV1	Tolva que alimenta 6RLF1	1	Alcalino	3 m ³		1,45	Ac. Inox. AISI 316L	-----	1,45 m x 1,45 m x 1,45 m
6TV2	Tolva que alimenta UO_3 a 6BT1	1	Ácido	3 m ³		1,45	Ac. Inox. AISI 316L	-----	1,45 m x 1,45 m x 1,45 m
6TV3	Tolva que alimenta 6RLF2	1	Alcalino	3 m ³		1,45	Ac. Inox. AISI 316L	-----	1,45 m x 1,45 m x 1,45 m
6TV4	Tolva que alimenta UO_2 a 6BT2	1	Ácido	3 m ³		1,45	Ac. Inox. AISI 316L	-----	1,45 m x 1,45 m x 1,45 m
6TV5	Tolva que alimenta UO_2 estabilizado a tambores	1	Ácido	3 m ³		1,45	Ac. Inox. AISI 316L	-----	1,45 m x 1,45 m x 1,45 m
6BT1/2	Bomba tornillo engomada que alimenta a 6RLF2	2	Ácido	1 m ³ /h				1 HP	
6BT3/4	Bomba tornillo engomada que alimenta $UO_{2,12}$ estabilizado a 7H1	2	Ácido	1 m ³ /h				1 HP	
6MR1	Molino a rodillo que alimenta a 6TV1	1	Ácido					-----	0,6 t/d
6MR2	Molino a rodillo que alimenta a 6TV2	1	Ácido					-----	0,6 t/d
6RE1	Resistencia eléctrica para calefacción de 6RLF1	1	Reductor					-----	Vaina de Inoxidable 316 Potencia 100 kW
6RE2	Resistencia eléctrica para	1	Oxidante					-----	Vaina de

Sección 7 Homogenización y envasado

Código	Descripción	Cantidad	Medio	Vol. (m ³)	Diám. (m)	Altura /Longitud (m)	Material	Motor (RPM/HP)	Observaciones
7H1	Homogeneizador	1	UO ₂ polvo					-----	
7TV1	Tolva para carga de tambores para alimentar a 7H1	1	UO ₂ polvo	3 m ³					9 tambores equivale a una carga del homogeneizador
7TV2	Tolva para carga de lote	1	UO ₂ polvo	0.5 m ³					
7CT1	Cinta transportadora de tambores	1	UO ₂ polvo					-----	
7CT2	Cinta transportadora de lotes	1	UO ₂ polvo						
7W1	Báscula	1	UO ₂ polvo					-----	Capacidad 400 kg

14. ANEXO II Especificación de equipos método DTQ

A continuación, se presenta la especificación de equipos para las secciones 1 y 5 modificadas para DTQ. Las tablas se realizaron con el objetivo de determinar las variables principales de los equipos para hacer una estimación de costos con el menor error posible en la medida de la información con la que se dispone.

Sección 1 – Materiales e Insumos DTQ									
Código	Descripción	Cantidad	Medio	Vol. (m ³)	Diám. (m)	Altura /Longitud (m)	Material	Motor (RPM/HP)	Observaciones
1T1/2	Tanque de almacenamiento de ácido nítrico comercial	2	Ácido nítrico	22,6	2	6	Ac. Inox. AISI 316		L/D = 3 Casquete toriesferico Horizontal
1T3	Tanque de almacenamiento de agua tratada	1	Agua tratada	8	1,5	3,75	Ac. Inox.		L/D = 2,5 Casquete toriesferico Horizontal
1T4/5	Tanque depósito para TBP	2	TBP	8	1,5	3,75	Ac. Inox.		L/D = 2,5 Casquete toriesferico Horizontal
1T6/7	Tanque depósito para Kerosene	2	Kerosene	22,6	2	6	Ac. Inox. AISI 316		L/D = 3 Casquete toriesferico Horizontal
1T8	Tanque preparación para solución de TBP y kerosene	1	TBP- Kerosene (30/70)	9	1	2	Ac. Inox.		L/D = 2 Fondo Cónico Vertical
1T9	Tanque depósito para agua oxigenada	1	H2O2	8	1,5	3,75	Ac. Inox.		L/D = 2,5 Casquete toriesferico Horizontal
1T11	Tanque mezcla PAN con ácido nítrico	1	Ácido	8	1	2	Ac. Inox.		L/D = 2,5 Casquete toriesferico Horizontal
1BC1/2	Bomba centrífuga de alimentación de ácido nítrico a 2T1/2	2	Ácido nítrico	10 m ³ /h			ASTM A296 CF3M	6 HP	HP

1BC3/4	Bomba centrífuga de alimentación de agua tratada a 2T1/2	2	Agua tratada	1 m ³ /h				1 HP	
1BC5/6	Bomba centrífuga de alimentación de TBP a 1T8	2	TBP	6 m ³ /h				4 HP	
1B7/8	Bomba centrífuga de alimentación de kerosene a 1T8	2	Kerosene	12 m ³ /h				6 HP	
1BC9/10	Bomba centrífuga de alimentación de solución TBP kerosene (70/30) a 3T3	2	TBP-Kerosene (30/70)	20 m ³ /h				10 HP	
1BD11/12	Bombas dosificadoras de agua oxigenada para alimentar 2T1/2	2	H2O2						
1BC17/18	Bombas centrífuga para alimentar 1T11	2	Ácido nítrico						
1BC19/20	Bombas centrífuga para alimentar a sección 5 DTQ	2	Ácido nítrico	10 m ³ /h					
1BC21/22	Bombas centrífuga para alimentar a sc. de PAN sección 5 DTQ	2	PAN en Ácido nítrico	20 m ³ /h					
1AG1	Electro-agitador para tanque 1T8	1	TBP-Kerosene (30/70)		1,6				Rpm 1400 tipo hélice motor 2HP
1AG2	Electro-agitador para tanque 1T11	1	PAN Ácido Nítrico		1,6				Rpm 1400 tipo hélice motor 2HP
1CA1	Caldera de vapor	1	Vapor de agua neutro						Acero al carbono

1TV1	Tolva para descarga de PAN																		
------	----------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Sección 5 - Calcinación DTQ										
Código	Descripción	Cantidad	Medio	Vol.	Diám.	Altura	Material	Motor	Observaciones	

				(m ³)	(m)	/Longitud (m)		(RPM/HP)	
5T4	Tanque de mezclado de solución de Pan y nitrato de uranilo 400 gU/l	1	Ácido				Ac. Inox. AISI 316	-----	L/D = 2 Con agitador
5T5	Tanque de acumulación UO ₂ ,12 sistema de vacío	1	Polvo				Ac. Inox.		L/D = 2,5 Casquete toriesferico Horizontal
5BD10/11	Bomba dosificadora que envían solución de nitrato de uranilo +PAN a horno	2	Ácido	m ³ /h				3 HP	
5BT1/2	Bomba de vacío	2		10 m ³ /h				20 HP	Para pulpas carcasa de acero al carbono engomada
5BT14/15	Bomba tornillo que lleva UO ₂ ,12	2	Ácido	10 m ³ /h				20 HP	Para pulpas carcasa de acero al carbono engomada
5TV2	Tolva de alimentación de a 5BT1	1	Polvo	1	0,85	1,36	Ac. Inox. AISI 316L	-----	L/D = 1,6
5TV3	Tolva de alimentación de tambores	1	Polvo	1	0,85	1,36	Ac. Inox. AISI 316L	-----	L/D = 1,6
5F3	Protección de la bomba de vacío	1	Polvo						
5F4	Filtro de aire	1	Polvo						
5F5/6	Filtro secundario de	1	Polvo						

15. ANEXO III Costo de los equipos método tradicional AUC

A continuación se presentan las tablas con los costos de los equipos para cada una de las secciones en las que se dividió el trabajo.

DESCRIPCIÓN DE EQUIPOS MÉTODO AUC

Código	Descripción	Cant.	Costo Unitario Redondeado (U\$S)	Costo Total (U\$S)
1T1/2	Tanque	2	130.200	260.400
1BC1/2	Bomba centrífuga de alimentación de ácido nítrico a 2T1/2	2	3.100	6.200
1BD17/18	Bomba Dosificadora	2	19.000	38.000
1T3	Tanque	1	67.000	67.000
1BC3/4	Bomba centrífuga de alimentación de agua tratada a 2T1/2	2	3.100	6.200
1BD15/16	Bomba Dosificadora	2	19.000	38.000
1T4/5	Tanque	2	67.000	134.000
1BC5/6	Bomba centrífuga de alimentación de TBP a 1T8	2	3.100	6.200
1T6/7	Tanque	2	130.200	260.400
1BC7/8	Bomba centrífuga de alimentación de kerosene a 1T8	2	3.100	6.200
1T8	Tanque	1	70.700	70.700
1AG1	Agitador	1	8.900	8.900
1BC9/10	Bomba centrífuga de alim. de solución TBP kerosene (70/30) a 3T3	2	3.100	6.200
1T9	Tanque	1	67.000	67.000
1BD11/12	Bomba Dosificadora	2	19.000	38.000
1T10	Tanque	1	67.000	67.000
1BD13/14	Bomba Dosificadora	2	9.500	19.000
1S1	FloxaI/ Air Liquid	1	10.000	10.000
SUBTOTAL			1.109.400	
2TV1/2	Tolva	2	5.400	10.800
2T1/2	Tanque Disolución	2	58.000	116.000
camisa	incorporada al 2T1/2	2	46.400	92.800
2AG1/2	Agitador	2	8.900	17.800
2BC1/4	Bomba centrífuga de alimentación de nitrato de uranilo a 2T3/5	4	3.100	12.400
2T3/5	Tanque Maduración de Solidos	3	58.000	174.000

camisa	incorporada al 2T3/5		3	46.400	139.200
2AG3/5	Agitador		3	8.900	26.700
2BC5/10	Bomba centrífuga de alimentación de nitrato de uranio a 3F1		6	3.100	18.600
2T6	Tanque colector de condensado de vapor de agua		1	33.500	33.500
S2T6	Serpentín incorporado al 2T6		1	1.900	1.900
2BC11/12	Bomba Centrífuga		2	3.100	6.200
2AG6	Agitador		1	4.800	4.800
SUBTOTAL					654.700
3AG1	Agitador		1	8.900	8.900
3AG2	Agitador		1	8.900	8.900
3AG3	Agitador		1	4.800	4.800
3AG4	Agitador		1	4.800	4.800
3BC1	Bomba Centrífuga		1	3.100	3.100
3F1	Filtro		1	13.100	13.100
3BJ1/4	Bandeja		4	120	480
3T1	Tanque de almacenamiento de nitrato de uranio filtrado		1	58.000	58.000
3BC2/3	Bomba Centrífuga		2	3.100	6.200
3BC4/5	Bomba Centrífuga		2	3.100	6.200
3BD6/7	Bomba Dosificadora		2	19.000	38.000
3BD8/9	Bomba Dosificadora		2	19.000	38.000
3BC10/11	Bomba Centrífuga		2	3.100	6.200
3BD12/13	Bomba Dosificadora		2	19.000	38.000
3BD14/15	Bomba Dosificadora		2	19.000	38.000
3BC16/17	Bomba Centrífuga		2	3.100	6.200
3BC18/19	Bomba Centrífuga		2	3.100	6.200
3BC20/21	Bomba Centrífuga		2	3.100	6.200
3MD1	Mezclador-Decantador 8 CELDAS DE 3m3		1	143.200	143.200
AG 3MD1	Incorporado a 3MD1		8	4.800	38.400
3MD2	Mezclador-Decantador 1 CELDA DE 3m3		1	45.000	45.000
AG 3MD2	Incorporado a 3MD2		1	4.800	4.800

S3MD2	Incorporado a 3MD2	1	1.900	1.900
3MD3	Mezclador-Decantador 6 CELDAS DE 3m3	1	123.000	123.000
AG 3MD3	Incorporado a 3MD3	6	4.800	28.800
3T2	Tanque de alm. de sol. ac. de nitrato de uranilo proveniente de 3MD1	1	52.000	52.000
3T3	Tanque de almacenamiento de solución orgánica y acuosa de TBP-Kerosene (70/30) para proceso de extracción en 3MD1	1	70.700	70.700
3T4	Tanque de almacenamiento de solución acuosa de nitrato de uranilo proveniente de 3MD1	1	52.000	52.000
3T5	Tanque de alm. de sol. ac. de nitrato de uranilo proveniente de 3MD2	1	52.000	52.000
3T6	Tanque de preparación de precapa filtrante de tierra de diatomeas	1	39.200	39.200
3D1	Decantadores	1	29.800	29.800
3D2	Decantadores	1	29.800	29.800
3FC1	Filtro Canasto	1	2.700	2.700
3FC2	Filtro Canasto	1	2.700	2.700
3FC3	Filtro Canasto	1	2.700	2.700
3FC4	Filtro Canasto	1	2.700	2.700
3FC5	Filtro Canasto	1	2.700	2.700
SUBTOTAL				1.015.380
4EV1/3	Evaporador para concentrar la solución de nitrato de uranilo a 400 gU/l	3	29.400	88.200
4T1	Tanque de recuperación de agua de calentamiento	1	33.500	33.500
4T2	Tanque de acumulación para recuperación de ácido nítrico y agua	1	29.800	29.800
4T3/4	Tanque de nitrato de uranilo a 400 gU/l	2	59.500	119.000
4BC1/6	Bomba Centrífuga	6	3.100	18.600
4BC7/8	Bomba Centrífuga	2	3.100	6.200
4BC9/10	Bomba Centrífuga	2	3.100	6.200
4BC11/12	Bomba Centrífuga	2	3.100	6.200
4AG1	Electro-agitador para tanque 4T1	1	4.800	4.800
4AG2/3	Electro-agitador para tanque 4T3/4	2	8.900	17.800
SUBTOTAL				330.300
5T1/2	Tanque de AUC	2	52.000	104.000

5T3	Tanque horizontal que almac. nitrato de amonio para comercialización	1	67.000	67.000	67.000
5AG1/2	Agitador engomado	2	24.200	48.400	48.400
5BCE1/2	Bomba centrífuga engomada que lleva AUC al 5TV1 (factor eng. 1,36)	2	4.300	8.600	8.600
5BCE3/4	Bomba centrífuga engomada que lleva AUC al 5F1/2 (factor eng. 1,36)	2	4.300	8.600	8.600
5BCE5/6	Bomba centrífuga engomada que lleva AUC al 5F1/2 (factor eng. 1,36)	2	4.300	8.600	8.600
5BC7/8	Bomba centrífuga para nitrato de amonio para comercialización	2	3.100	6.200	6.200
5BC9	Bomba centrífuga para nitrato de amonio para comercialización	1	3.100	3.100	3.100
5TV1	Tolva de alimentación de AUC a 5T1/2	1	7.200	7.200	7.200
5PR1	Precipitador	1	4.000	26.200	26.200
AG5PR1	De Paletas (incluido en 5PR1)	1	8.600	8.600	8.600
5F1/2	Filtro de vacío horizontal rotatorio	2	13.100	26.200	26.200
5BJ1/4	Bandeja recep. de residuos de tierra de diatomeas proveniente de 3F1	4	120	480	480
SUBTOTAL					323.180
6RLF1	Reactor de lecho fluidizado para reducir a UO ₃	1	32.700	32.700	32.700
6RLF2	Reactor de lecho fluidizado para oxidación controlada de UO _{2,12}	1	32.700	32.700	32.700
6TV1	Tolva que alimenta 6RLF1	1	7.200	7.200	7.200
6TV2	Tolva que alimenta UO ₃ a 6BT1	1	7.200	7.200	7.200
6TV3	Tolva que alimenta 6RLF2	1	7.200	7.200	7.200
6TV4	Tolva que alimenta UO ₂ a 6BT2	1	7.200	7.200	7.200
6TV5	Tolva que alimenta UO ₂ estabilizado a tambores	1	7.200	7.200	7.200
6BT1/2	Bomba tornillo engomada que alimenta a 6RLF2	2	2.500	5.000	5.000
6BT3/4	Bomba tornillo engomada que alimenta a 6RLF2	2	2.500	5.000	5.000
6MR1	Molino a rodillos que alimenta a 6TV1	1	13.400	13.400	13.400
6MR2	Molino a rodillos que alimenta a 6TV2	1	13.400	13.400	13.400
6RE1	Resistencia eléctrica para calefacción de 6RLF1	1	400	400	400
6RE2	Resistencia eléctrica para calefacción de 6RLF2	1	200	200	200
SUBTOTAL					138.800
7H1	Homogeneizador	1	18.500	18.500	18.500
Motor	Motor Homogeneizador - Corriente Alterna - incorporado 7H1	1	8.300	8.300	8.300

7TV1	Tolva para carga de tambores para alimentar a 7H1	1	7.200	7.200
7TV2	Tolva para carga de lote	1	2.500	2.500
7CT1	Cinta transportadora para 1 lote (9 tambores chicos)	1	9.200	9.200
7CT2	Cinta transportadora de tambores UO2	1	4.700	4.700
7CT3	Cinta transportadora de lotes	1	4.700	4.700
7W1	Báscula	1	7.500	7.500
SUBTOTAL				62.600
TOTAL				3.634.360

16. ANEXO III Costo de los equipos método DTQ

A continuación se presentan las tablas con los costos de los equipos para cada una de las secciones en las que se dividió el trabajo.

DESCRIPCIÓN DE EQUIPOS MÉTODO DTQ

Código	Descripción	Cant.	Costo Unitario Redondeado (U\$S)	Costo Total (U\$S)
1T1/2	Tanque	2	130.200	260.400
1BC1/2	Bomba centrífuga de alimentación de ácido nítrico a 2T1/2	2	3.100	6.200
1BD17/18	Bomba Dosificadora	2	19.000	38.000
1T3	Tanque	1	67.000	67.000
1BC3/4	Bomba centrífuga de alimentación de agua tratada a 2T1/2	2	3.100	6.200
1BD15/16	Bomba Dosificadora	2	19.000	38.000
1T4/5	Tanque	2	67.000	134.000
1BC5/6	Bomba centrífuga de alimentación de TBP a 1T8	2	3.100	6.200
1T6/7	Tanque	2	130.200	260.400
1BC7/8	Bomba centrífuga de alimentación de kerosene a 1T8	2	3.100	6.200
1T8	Tanque	1	70.700	70.700
1AG1	Agitador	1	8.900	8.900
1BC9/10	Bomba centrífuga de aliment. de solución TBP kerosene (70/30) a 3T3	2	3.100	6.200
1T9	Tanque	1	67.000	67.000
1BD11/12	Bomba Dosificadora	2	19.000	38.000
1BC19/20	Bomba Centrífuga	2	3.100	6.200
1TV1	Tolva para bolsas de PAN	1	5.400	5.400
1T11	Tanque Solución PAN + NH ₃	1	67.000	67.000
1AG2	Agitador de 1T11	1	8.900	8.900
1BC21/22	Bomba solución PAN en HNO ₃ a sección 5 DTQ	2	3.100	6.200
SUBTOTAL			1.107.100	
5T4	Tanque de mezclado de solución de Pan y nitrato de uranilo 400 gU/l	1	67.000	67.000
5T5	Tanque de acumulación UO _{2,12} sistema de vacío	1	39.200	39.200
5BD10/11	Bomba dosificadora solución de nitrato uranilo + PAN a horno	2	19.000	38.000

5BT1/2	Bomba de vacío	2	3.000	6.000
5BT14/15	Bomba tornillo engomada que alimenta a 6RLF2	2	2.500	5.000
5TV2	Tolva de alimentación de a 5BT14/15	1	5.400	5.400
5TV3	Tolva de alimentación de tambores	1	5.400	5.400
5F3	Filtro de aire (incluido en 5T5)	1		-
5F4	Protección de la bomba de vacío	1	220	220
5AG3	Agitador de 5T4	1	8.900	8.900
5RS1	Recipiente para operación de sólidos aspirados	1	3.900	3.900
5AS1	Campana aspiradora de UO2.12	1	760	760
5H1/3	Mufla - Horno para DTQ	3	12.120	36.360
SUBTOTAL				243.300

FIN DE TESIS