

Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE-L

Departamento de Energía y Mecánica
Carrera de Petroquímica

Evaluación Económica y Financiera de la Planta de Producción de Carragenina.

Unidad de Integración Curricular, previo a la obtención del Título de Petroquímico

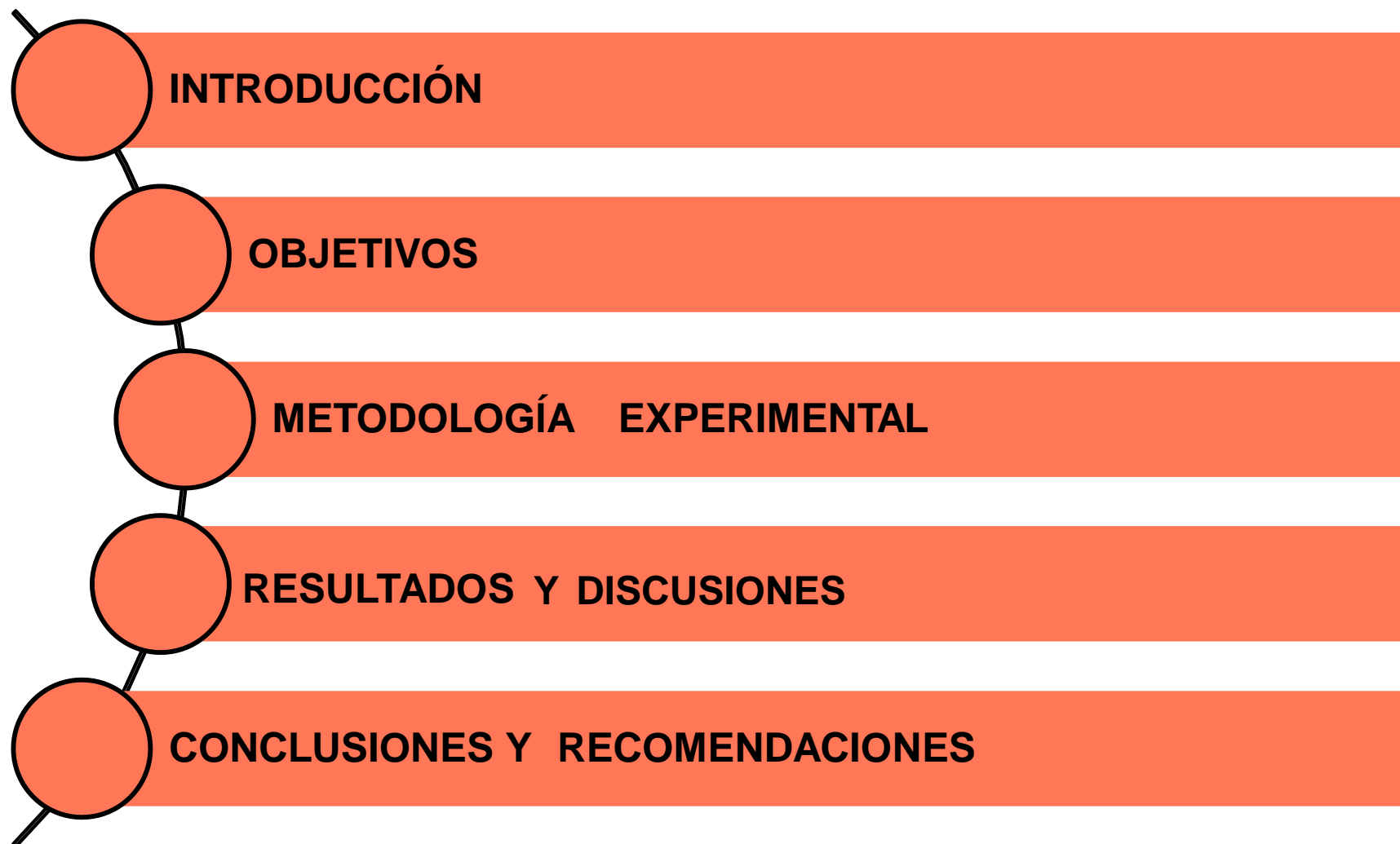
Autores:

Garzón Villacis, Alex David

Sarabia Canchignia, Jessica Alexandra

Directora: Ing. López Ortega, Jessenia Estefanía







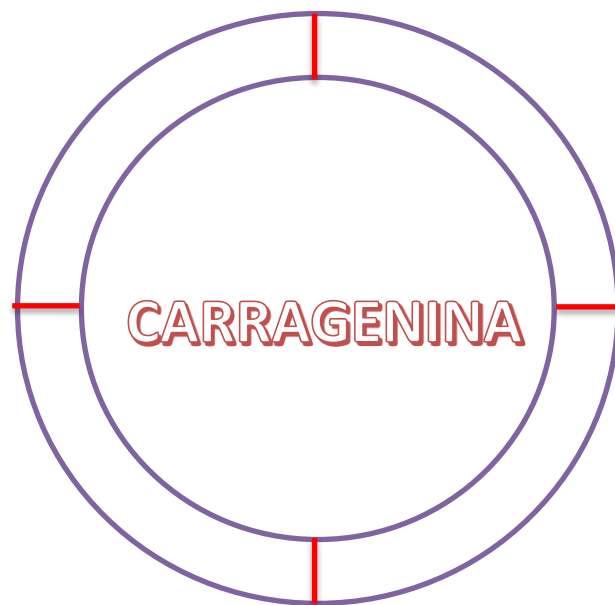
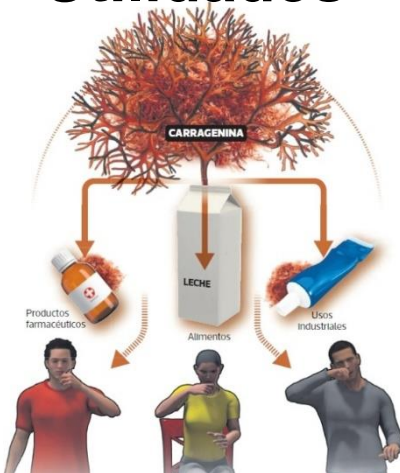
Definición



Obtención



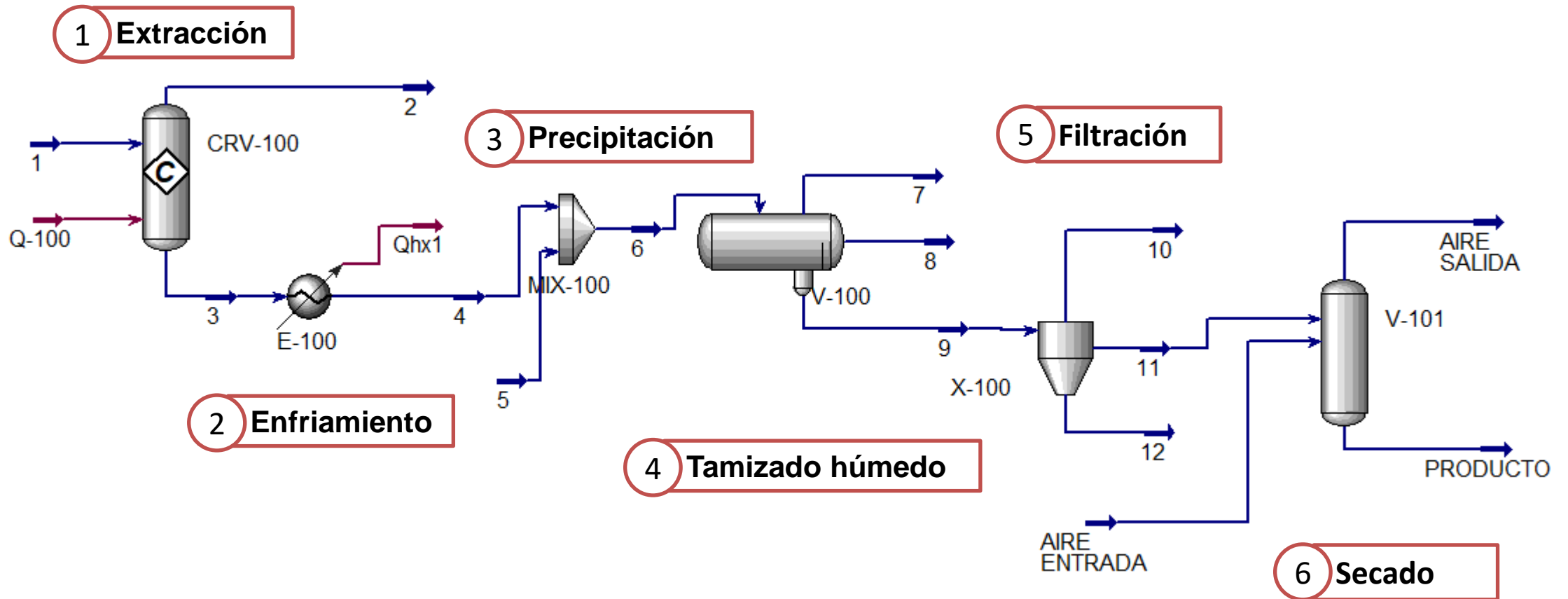
Utilidades



Tipos



Proceso Gel-Press, para la obtención de carragenina



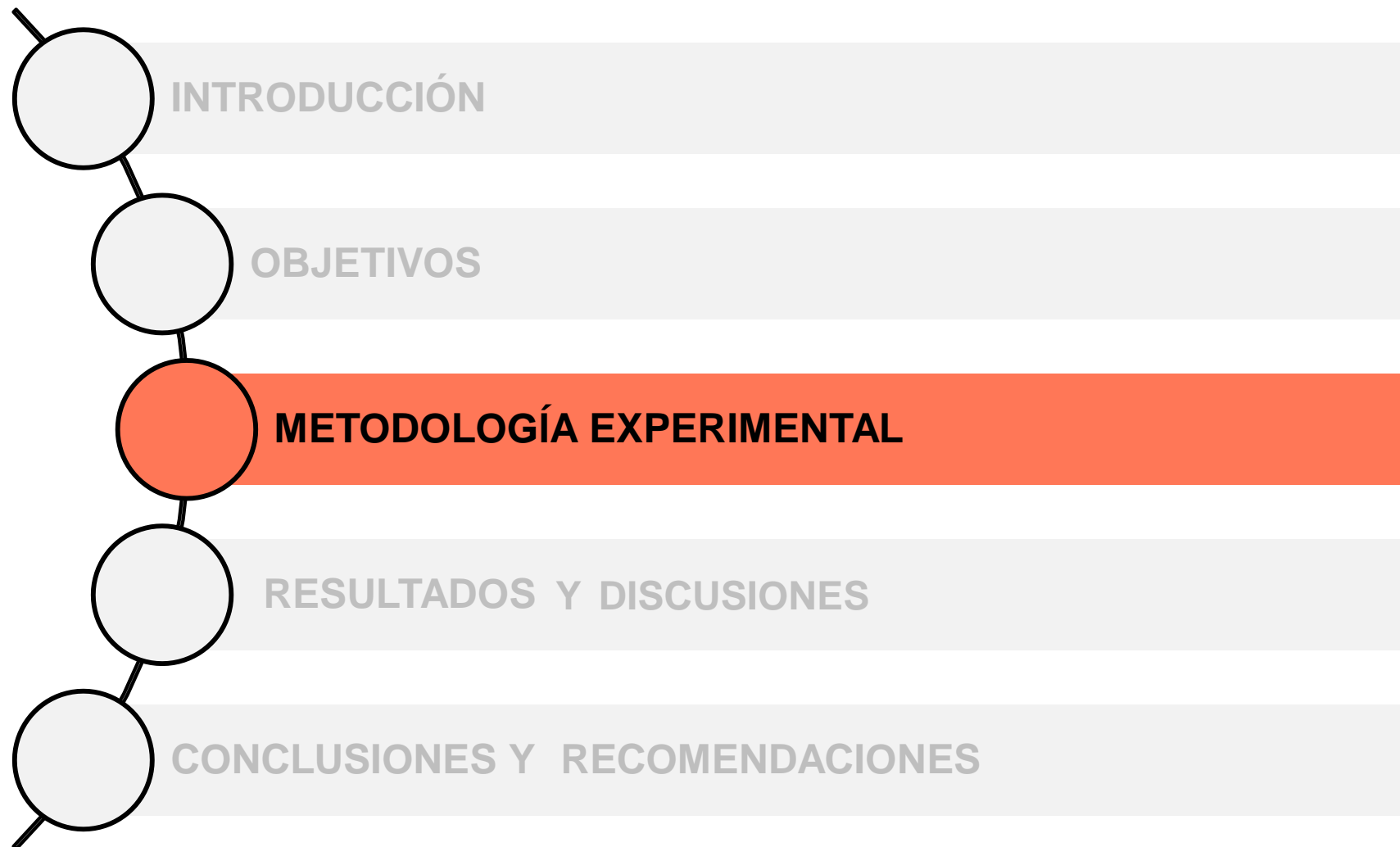


Objetivo general

- Evaluar la parte económica y financiera de la planta de producción de carragenina, por medio del uso de Excel, para determinar si el proyecto planteado es factible.

Objetivos específicos

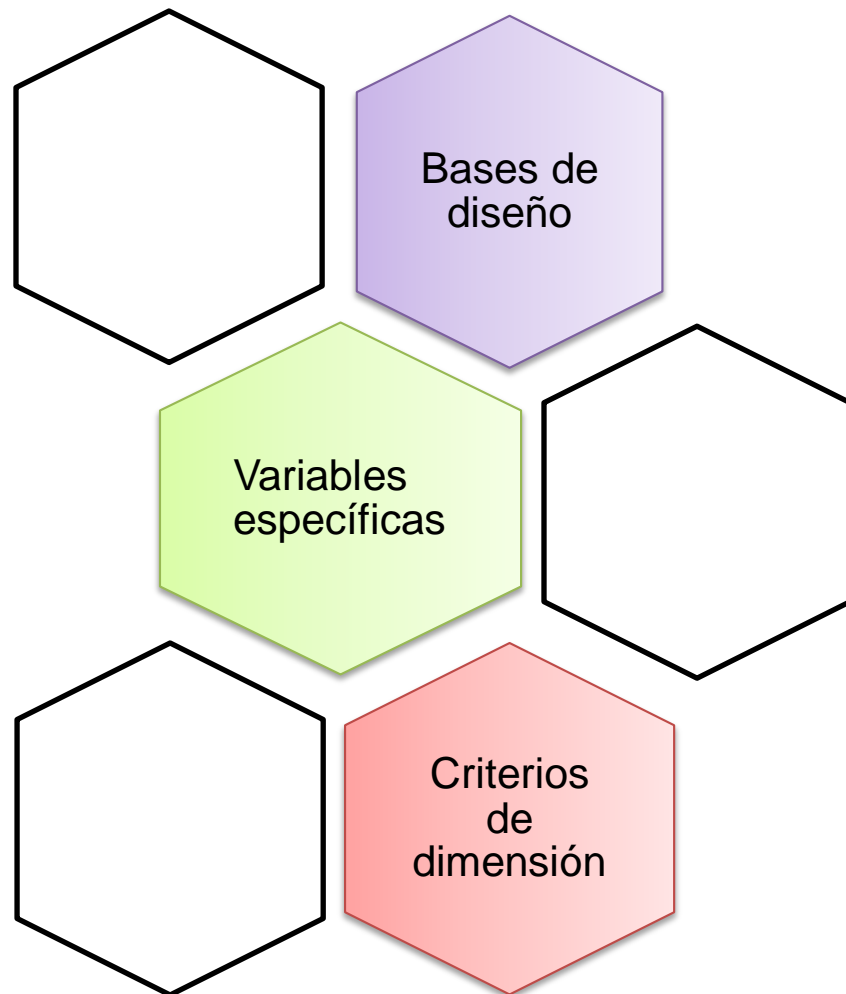
- Dimensionar los equipos utilizados en la simulación de la producción de carragenina.
- Estimar y proyectar la inversión total, capital, beneficio anual del proyecto y gastos administrativos de las operaciones.
- Calcular los indicadores financieros: Valor actual neto (VAN), Tasa interna de rendimiento (TIR), Tasa mínima aceptable de rendimiento (TMAR), razón B/C y punto de equilibrio.
- Realizar una proyección de flujo de efectivo estimado para 5 años.
- Realizar el análisis de sensibilidad del proyecto.





DIMENSIONAMIENTO DE EQUIPOS

Dimensionamiento de equipos

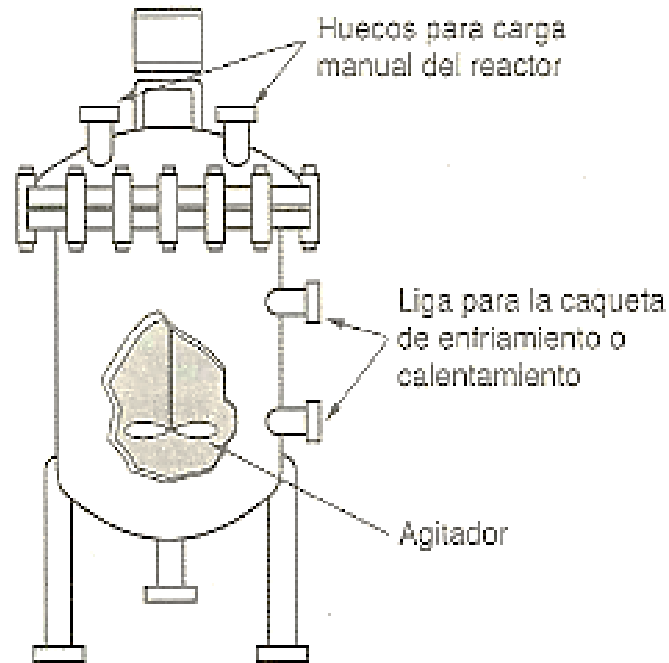


Material de fabricación

Para el diseño de todos los equipos se empleó acero inoxidable AISI 304.



Dimensionamiento del reactor con agitación



Fuente. Recuperado de (Fogler, 2008).

Diseño del estanque

$$\alpha = \frac{H_E}{D_E}$$

$$D_E = \left(\frac{4 * V}{\pi * \alpha} \right)^{1/3}$$

donde

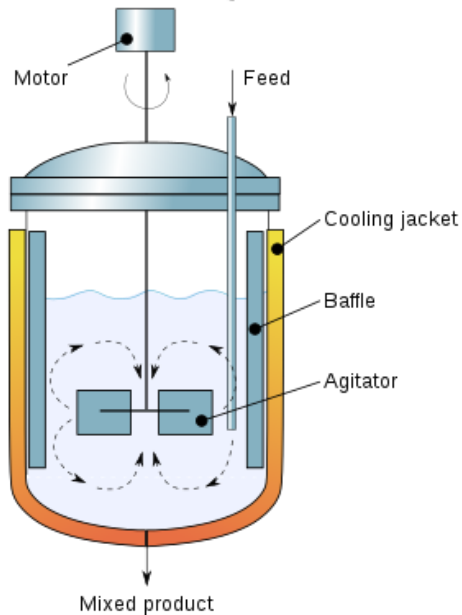
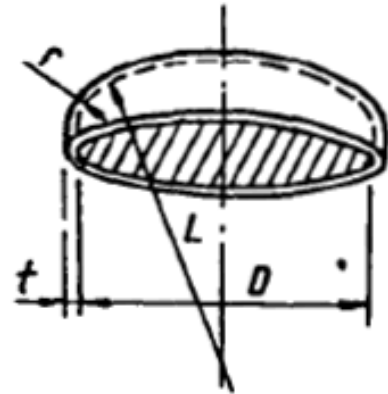
α =relación entre altura y el diámetro del estanque

H_E =altura del estanque, m

D_E =diámetro interno del estanque, m

V =Volumen real del estanque, m^3 .

Dimensionamiento del reactor con agitación



Diseño del cabezal

$$V_{cabezal} = D_E^3 * 0.0809$$

$$H_{cabezal} = \frac{D_E}{2} * \tan(30)$$

donde

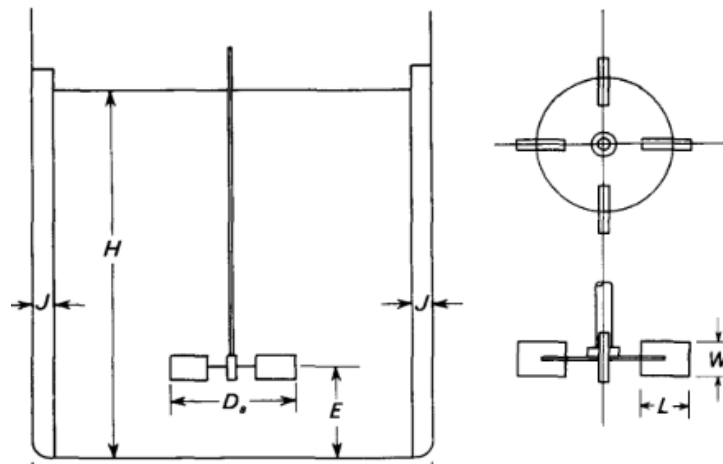
D_E =diámetro interno del estanque, m

$V_{cabezal}$ =volumen del cabezal, m^3

$H_{cabezal}$ =altura del cabezal, m .

Dimensionamiento del reactor con agitación

Diseño del sistema de agitación



$$\frac{D_a}{D_E} = S_1 \quad \frac{E}{D_a} = S_2 \quad \frac{L}{D_a} = S_3 \quad \frac{W}{D_a} = S_4 \quad \frac{J}{D_E} = S_5 \quad \frac{H}{D_E} = S_6$$

donde:

D_a = diámetro del rodete, m

D_E = diámetro del tanque, m

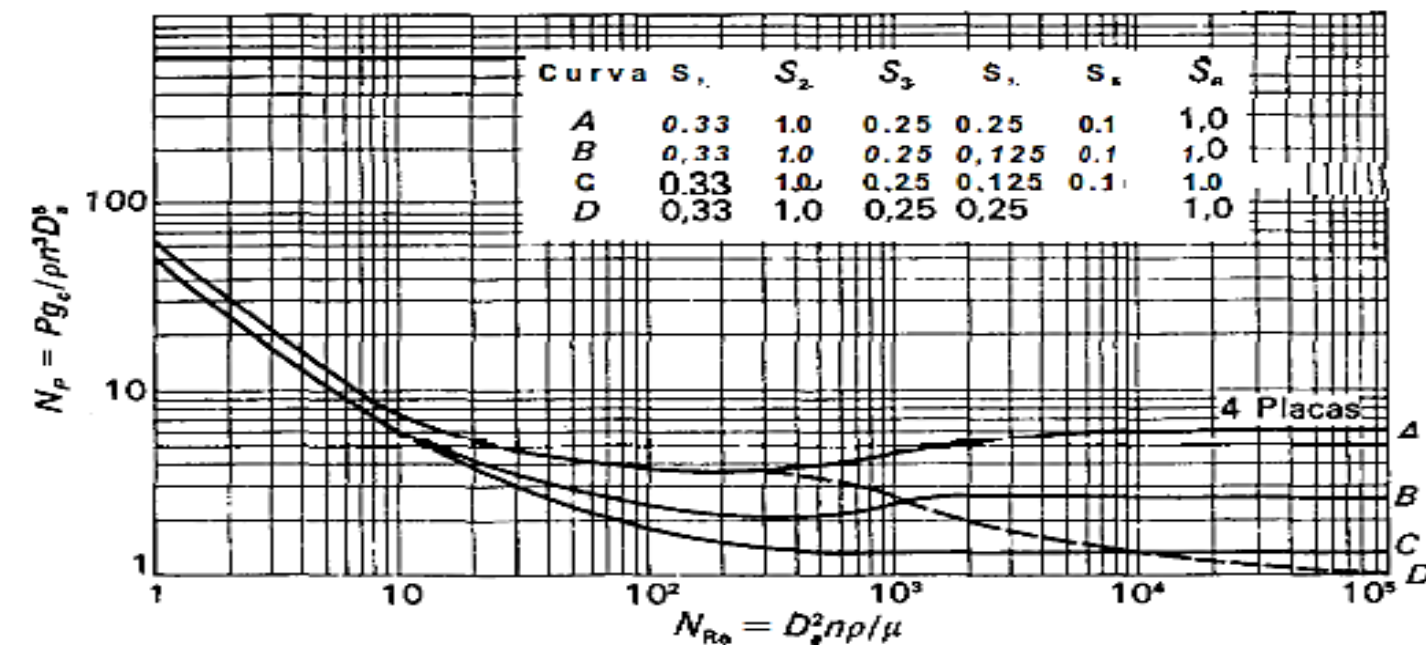
E = altura del rodete sobre el fondo del tanque, m

H = altura del líquido en el tanque, m

W = anchura del rodete, m

J = anchura de las placas deflectoras, m

L = ancho de paleta, m .



Fuente. Recuperado de (McCabe et al., 1991).

Dimensionamiento del reactor con agitación

Espesor de carcasa

$$t_r = \frac{P_o * R}{S * E - 0.6P_o} + E_C$$

donde

t_r = espesor de carcasa, *pulg*

P_o = presión de operación, *lb_f/pulg²*

R = radio interno de la carcasa, *pulg*

S = esfuerzo máximo permisible, $\frac{lb_f}{pulg^2}$

E = eficiencia de soldadura

E_C = espesor de corrosión, *pulg*.

Potencia del motor de agitación

$$P = \frac{\rho * n^3 * D_A^2 * N_p}{gc}$$

donde:

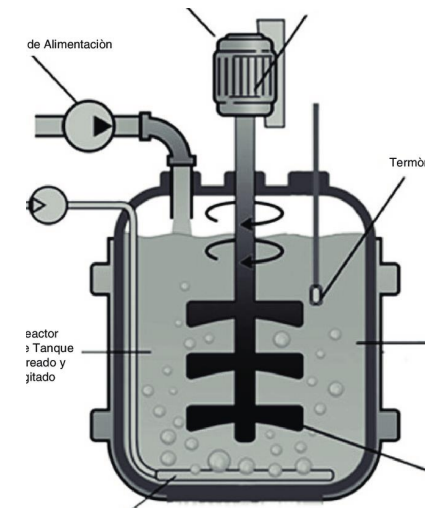
P = potencia del motor de agitación, *W*

N_p = número de potencia

gc = factor de conversión gravitacional, *Kg * m/N * s²*

n = velocidad de rotación, *r.p.s*

ρ = densidad de la mezcla, *Kg/m³*.



Velocidades de flujo

$$P_1 * \dot{V}_1 + \frac{\dot{m}_1 * \vartheta_1^2}{2} + P_2 * \dot{V}_2 + \frac{\dot{m}_2 * \vartheta_2^2}{2} = P_3 * \dot{V}_3 + \frac{\dot{m}_3 * \vartheta_3^2}{2}$$

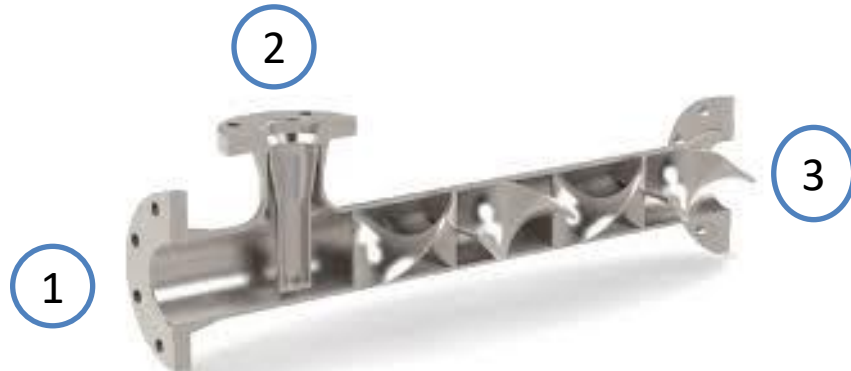
donde

P = presión del flujo, $Pa * s$

\dot{V} = flujo volumétrico, m^3/s

\dot{m} = flujo másico, Kg/s

ϑ = velocidad del flujo, m/s .



Diámetro de cañerías

$$D = \sqrt{\frac{4 * Q}{\vartheta * \pi}}$$

donde

Q = caudal del fluido, $\frac{m^3}{s}$

D = diámetro de la cañería, m

ϑ = velocidad del flujo, $\frac{m}{s}$

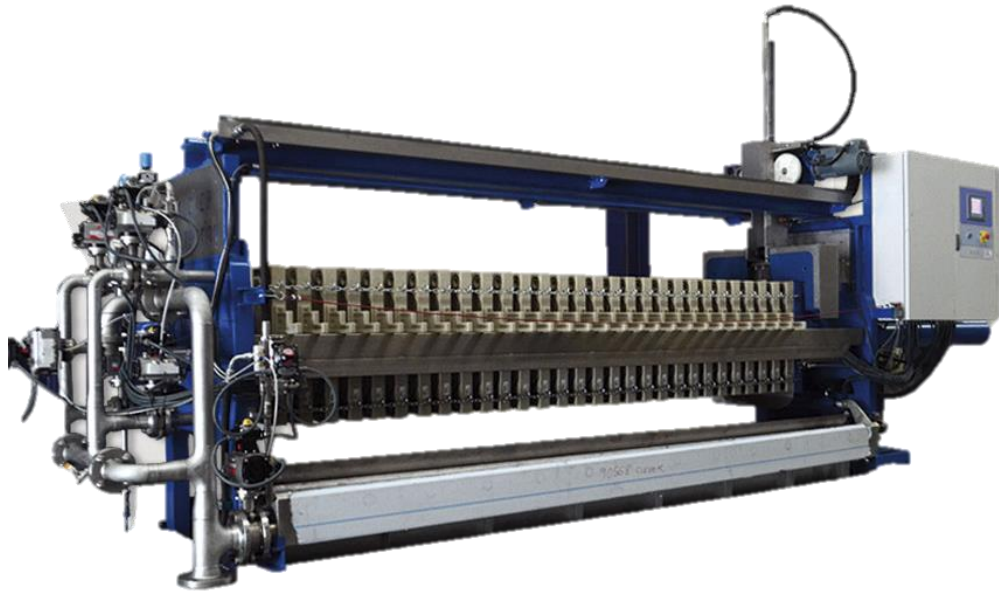
μ = viscosidad del fluido, $Pa * s$

ρ = Densidad del fluido, Kg/m^3 .

$$Re = \frac{D * \vartheta * \rho}{\mu}$$



Dimensionamiento del filtro prensa



Capacidad del equipo

$$C_{ciclo} = \frac{V * x_{sólidos} * m_c}{\rho_{sólido}}$$

donde:

C_{ciclo} = capacidad del equipo por ciclo, m^3

V = volumen de alimentación por ciclo, m^3

$x_{sólidos}$ = Fracción de sólidos

m_c = Masa de la torta por volumen de filtrado, $\frac{kg}{m^3}$

$\rho_{sólido}$ = densidad de los sólidos, $\frac{kg}{m^3}$.

Dimensionamiento del filtro prensa

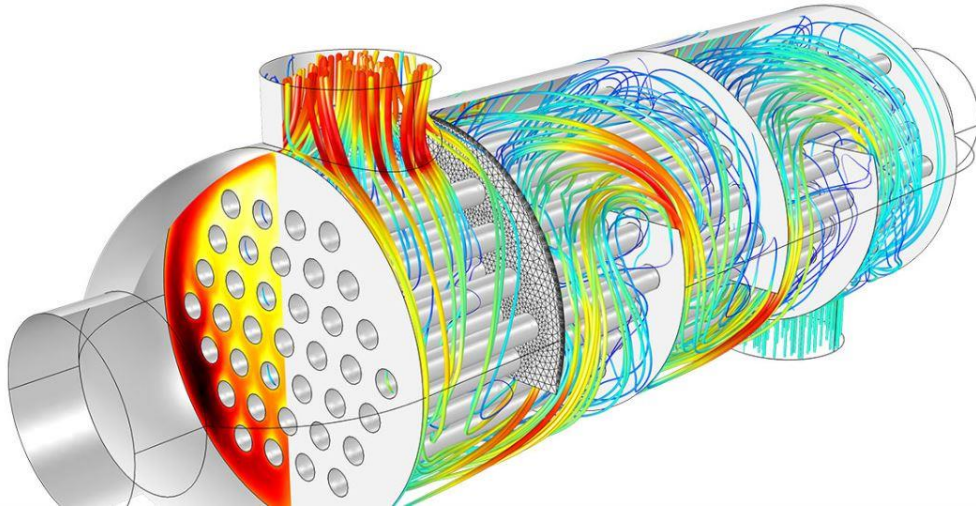
Una vez determinado la capacidad de la planta, se puede obtener el área de filtrado, número de cámaras y la longitud del filtro.

Capacidad del filtro 5,78 ft³

		Capacidad Nominal ft ³	0.3	0.5	0.6	1	1.5	2	3	4	5	6	8	10	12	15	20	25	30	40	50	60	80	100	150	200								
AA	27" W	Área ft ³	7	10	14	21	35	42	67	88	Las prensas AA son solamente manuales.										Estándar		C=30	H=50										
	18.5"x18.5"	Cámaras	2	3	4	6	9	13	19	25	Peso vacío 720 + 20 # / Cámara										Descarga de Tambor		C=42	H=61										
	470 mm	Longitud	48	50	52	59	68	74	89	104											Portable		C=12	H=36										
A	34"W	Área ft ³				19	32	44	64	89	108	128	178	223	240											Estándar		C=30	H=50					
	18.5"x18.5"	Cámaras				3	5	7	10	14	17	21	28	35	40											Descarga de Tambor		C=42	H=72					
	630 mm	Longitud				81	85	90	97	106	113	120	129	155	168											Peso vacío 1610 + 30# / Cámara								
B	41"W	Área ft ³							40	60	80	100	120	160	200	240	300	400	500											Estándar		C=30	H=50	
	18.5" x18.5"	Cámaras							4	6	8	11	13	17	21	26	32	43	54											Descarga de Tambor		C=42	H=72	
	800 mm	Longitud							89	94	99	104	109	119	129	139	154	180	205											Peso Vacío 3150 + 50# /Cámara				

Fuente. Recuperado de (ACS Medio Ambiente, 2021).

Dimensionamiento del intercambiador de calor



- Códigos y estándares de los intercambiadores de calor.
- Factores de ensuciamiento.

- Nomenclatura de tubos y carcasas, m:n
- Método de Kern.

Dimensionamiento del intercambiador de calor

Calor transferido

$$Q = UA\Delta T_m$$

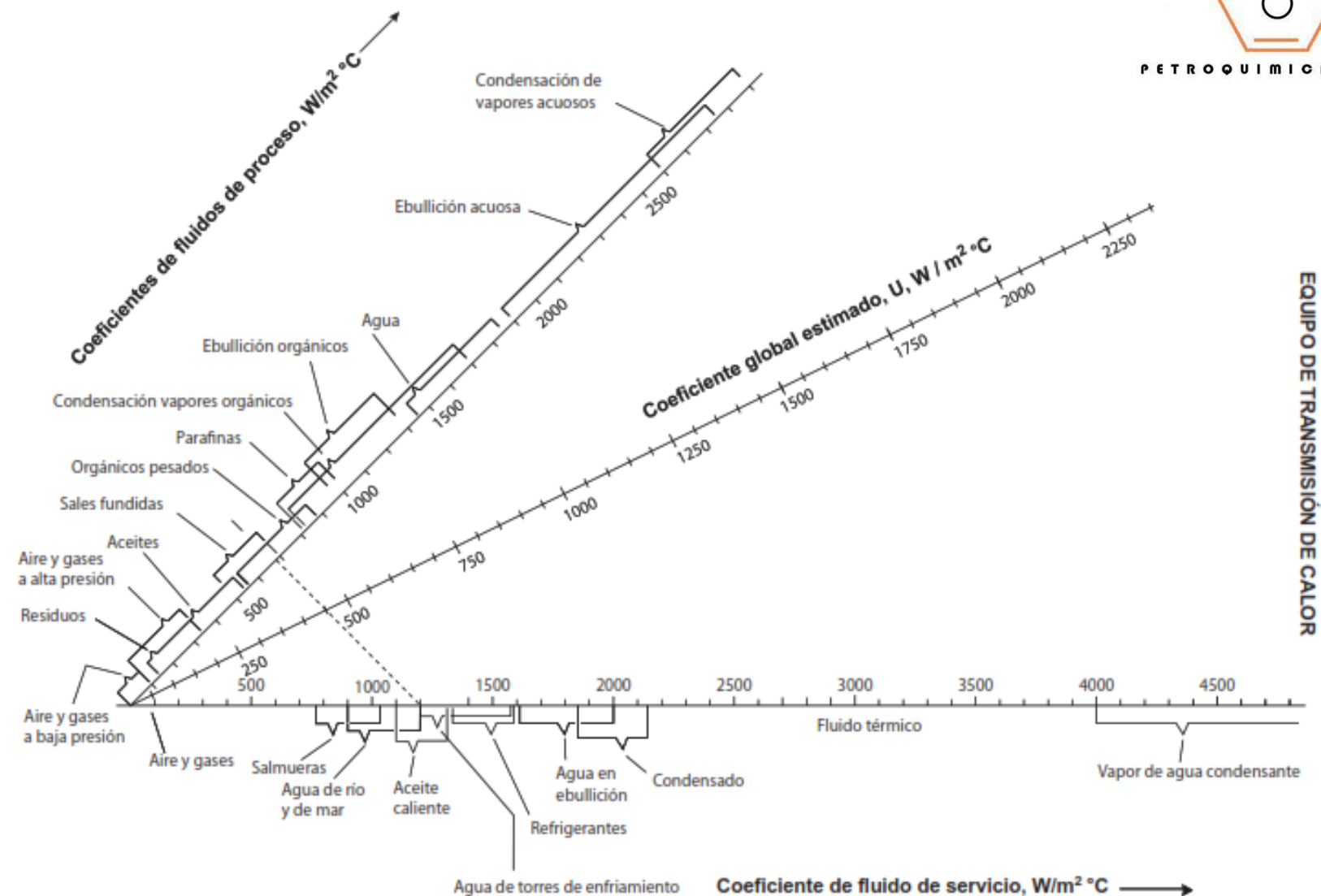
Potencial calorífico

$$Q = \dot{m}\Delta T C_p$$

Coefficiente global de transferencia de calor

$$\frac{1}{U_o} = \frac{1}{h_o} + \frac{1}{h_o d} + \frac{d_o \ln\left(\frac{d_o}{d_i}\right)}{2k_w} + \frac{d_o}{d_i} * \frac{1}{h_i} + \frac{d_o}{d_i} * \frac{1}{h_i}$$

Coefficiente global



Fuente. Recuperado de (Sinnott & Towler, 2012).

Dimensionamiento del intercambiador de calor

Tubos

Dimensiones: 20 De y 16mm Di

Disposición de los tubos: Triangulo equilátero

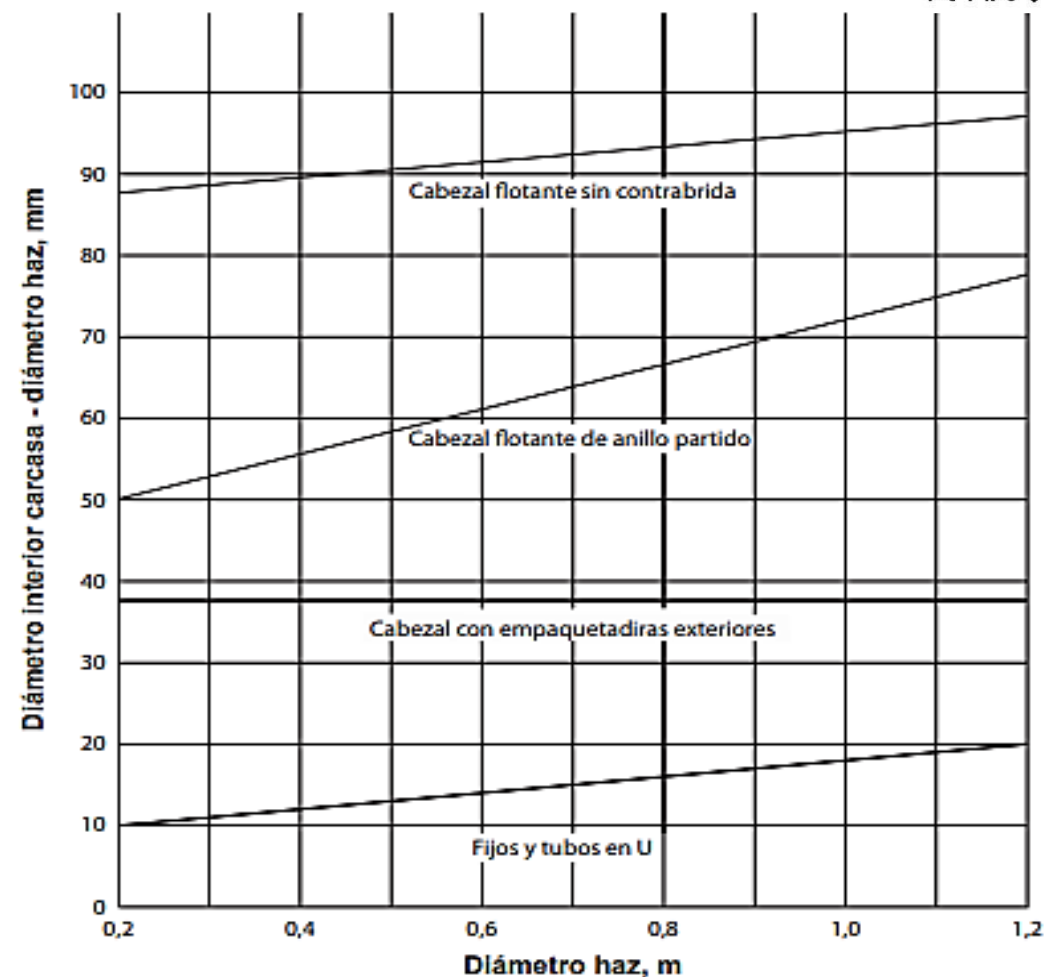
La distancia entre centros del tubo recomendado es 1,25 veces el diámetro exterior del tubo

Carcasa

Se seleccionará cabezal flotante de anillo partido.

Diseño de paneles de tubos

$$N_t = K_1 \left(\frac{D_b}{d_o} \right)^{n_1}$$
$$D_b = d_o \left(\frac{N_t}{K_1} \right)^{1/n_1}$$



Fuente. Recuperado de (Sinnott & Towler, 2012).

Dimensionamiento del intercambiador de calor

Diferencia de temperatura promedio

$$\Delta T_{lm} = \frac{(T_1 - T_2) - (T_2 - t_1)}{\ln \frac{(T_1 - t_2)}{(T_2 - t_1)}}$$



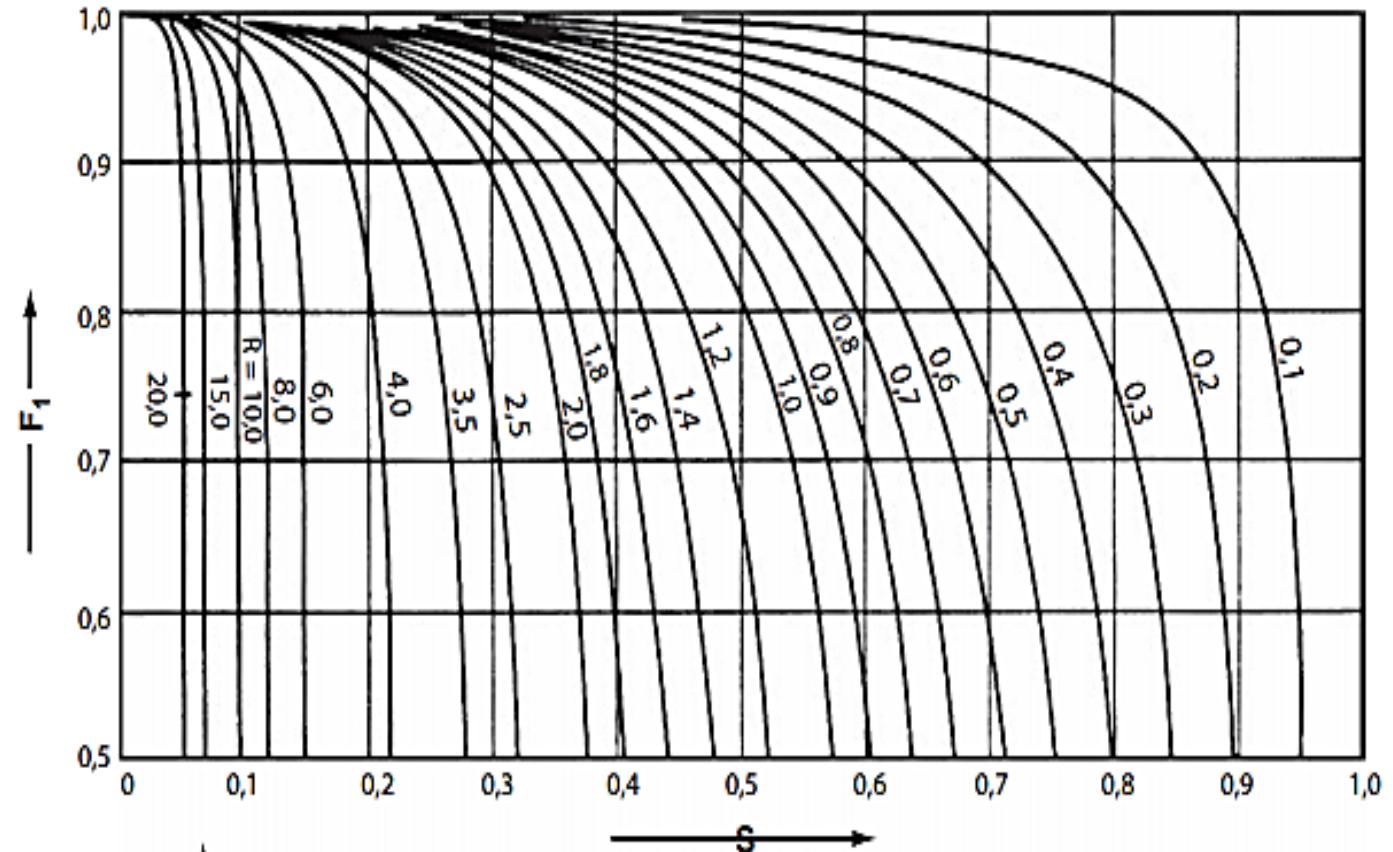
Factor de corrección de la temperatura

$$R = \frac{(T_1 - T_2)}{(t_2 - t_1)}$$

$$S = \frac{(t_2 - t_1)}{(T_1 - t_1)}$$



Conductividad de los metales



Fuente. Recuperado de (Sinnott & Towler, 2012).

Dimensionamiento del intercambiador de calor

Diámetro equivalente de lado de la carcasa

$$d_e = \frac{1,1}{d_o} (p_t^2 - 0,917d_o^2)$$



Coeficientes para el agua

$$h_i = \frac{4200(1,35 + 0,02t)u_t^{0,8}}{d_i^{0,2}}$$



Factor de transferencia calor, j_h

Flujo turbulento

- **Número de Nusselt**

$$Nu = \frac{h_i d_e}{k_f}$$

- **Número de Reynolds**

$$Re = \frac{\rho u_r d_e}{\mu} = \frac{G_t d_e}{\mu}$$

- **Número de Prandtl.**

$$Pr = \frac{C_p \mu}{k_f}$$

Dimensionamiento de la centrifugadora de sedimentación

Ecuaciones que presenta la teoría sigma:

$$Q = 2 * u_g * \Sigma$$

$$u_g = \frac{\Delta\rho * d_s^2 * g}{18 * \mu}$$

$$\frac{Q}{\Sigma} = 2 * u_g$$

$$\frac{Q}{\Sigma} = 2 * \frac{\Delta\rho * d_s^2 * g}{18 * \mu}$$



$$\Sigma = \frac{Q}{e_f * 2u_g}$$

donde:

u_g = velocidad terminal de las partículas

sólidas, $\frac{m}{s}$

Σ = valor sigma de la centrifugadora, m^2

Q =caudal a través de la centrifugadora, $\frac{m^3}{s}$

$\frac{Q}{\Sigma}$ =relación caudal/sigma, $\frac{m}{s}$

ρ_s = densidad del sólido, $\frac{Kg}{m^3}$

ρ_l =densidad del líquido, $\frac{Kg}{m^3}$

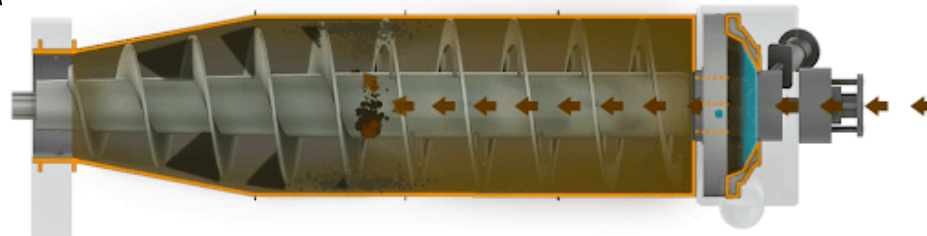
$\Delta\rho$ =diferencial de densidad, $\frac{Kg}{m^3}$

d_s =diámetro de partícula sólida

μ =viscosidad del líquido, $Pa * s$

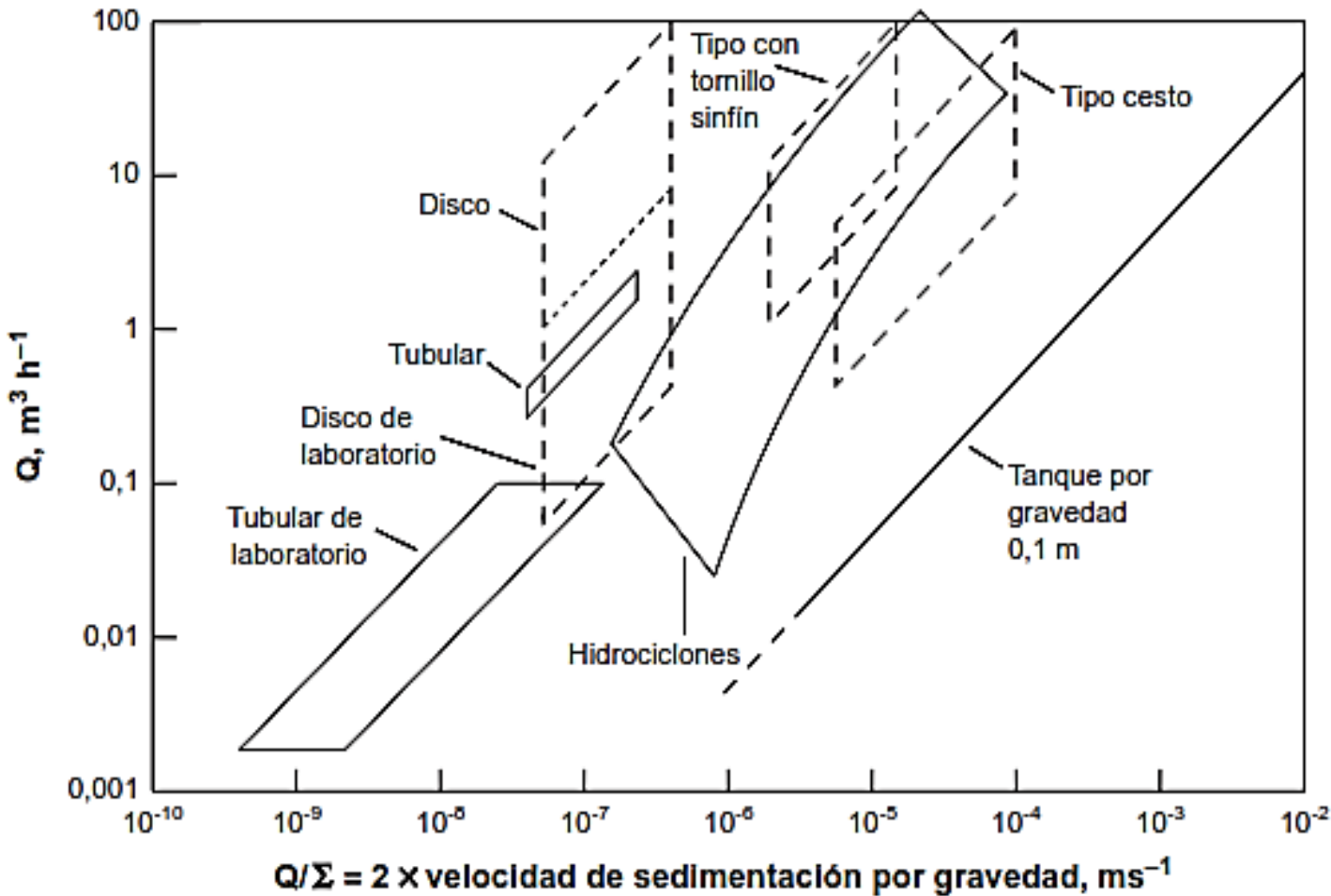
g =aceleración gravitacional, $\frac{m}{s^2}$

e_f =eficiencia del equipo.



Dimensionamiento de la centrifugadora de sedimentación

Selección del tipo de centrifugadora de sedimentación



Tipo	Eficiencia aproximada (%)
Cuenca tubular	90
Disco	45
Cuenca sólida (descarga con tornillo sinfín)	60
Cuenca sólida (cesto)	75

Fuente. Recuperado de (Sinnott & Towler, 2012).

Dimensionamiento del secador

Flujo de la mezcla

$$\dot{m}_{mezcla} = \frac{m}{t}$$



Flujo del agua

$$\dot{m}_{H_2O} = \frac{m}{t}$$



Volumen del lecho de Kappa I

$$V = \frac{C_s}{\rho} = L * b * a$$



Carga del secador

$$m_{carga\ del\ secador} = m_{mezcla,in} + m_{agua,in}$$

Costo de equipos

Cuando no se cuenta con acceso a datos de costos fiables o programas de estimación, se puede usar un conjunto de correlaciones que permiten determinar un costo aproximado para los equipos.

$$C_e = a + b * S^n$$

donde

C_e =costo del equipo,\$

a, b =constantes de costo

S =parámetro del tamaño

n =exponente para cada tipo de equipo.

Factores de coste de material, relativos al acero de carbono sencillo

Material	Factor de costo
Acero al carbono	1
Aluminio y bronce	1.07
Acero colado	1.1
Acero inoxidable 304	1.3
Acero inoxidable 316	1.3
Acero inoxidable 321	1.5
Hastelloy C	1.55
Monel	1.65
Niquel e Inconel	1.7

Nota. Fuente: (Sinnott & Towler, 2012)



Estimación de costo de equipos de una planta

Equipo	Variables de tamaño, S	S	a	b	n
Reactor agitado	Volumen, m ³	24,587	53000	28000	0,8
Intercambiador de calor	Área, m ²	122,0000428	2400	46	1,2
Mezclador estático	Caudal, L/s	2,457	500	1030	0,4
Centrifugadora de sedimentación	Sigma, m ²	84,078	-63000	80000	0,3
Filtro de prensa	Capacidad, m ³	0,1364	110000	77000	0,5
Secador	Área, m ²	20,0254511			

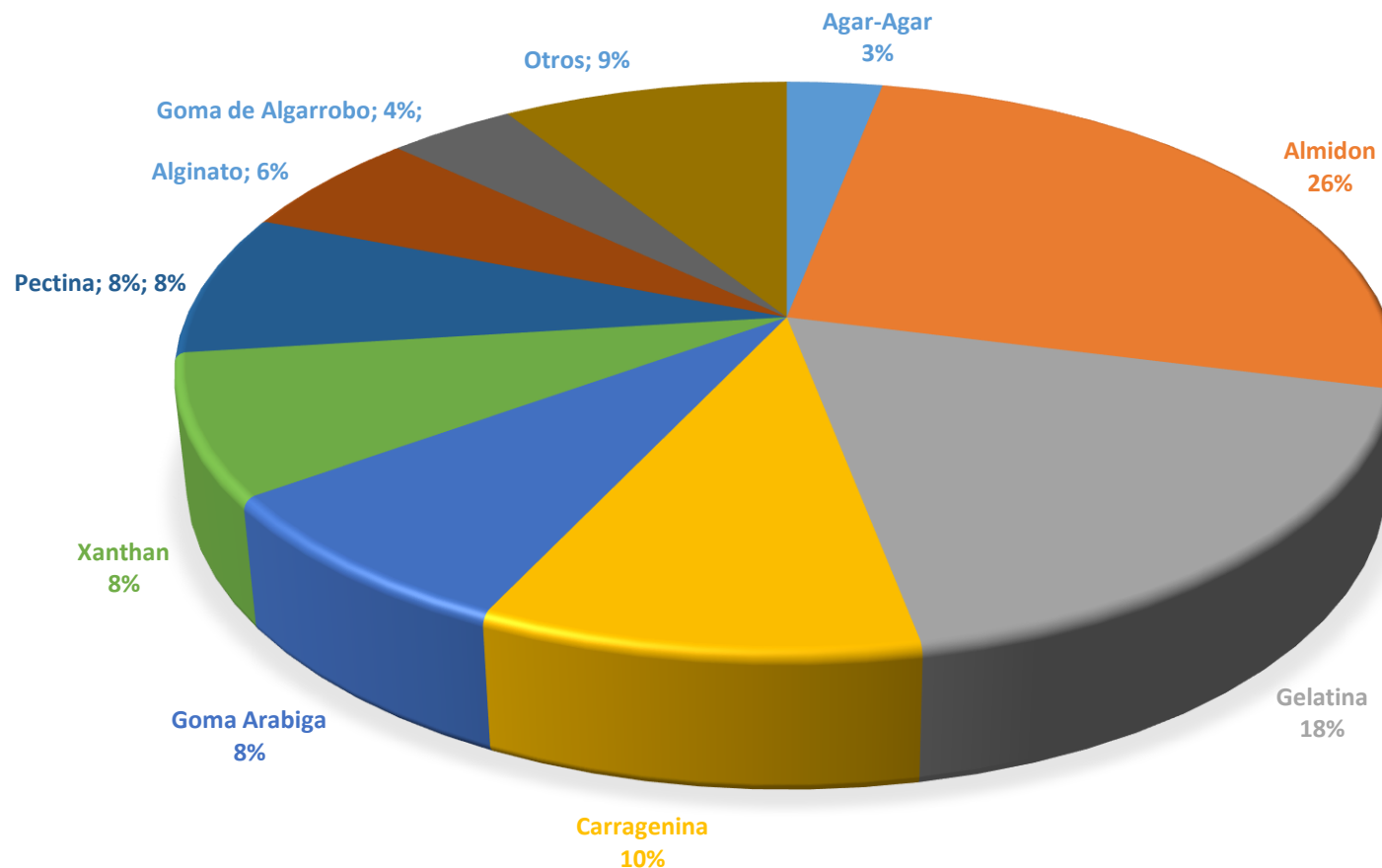
Nota. Recuperado de (Sinnott & Towler, 2012).



Demanda y mercado de la carragenina

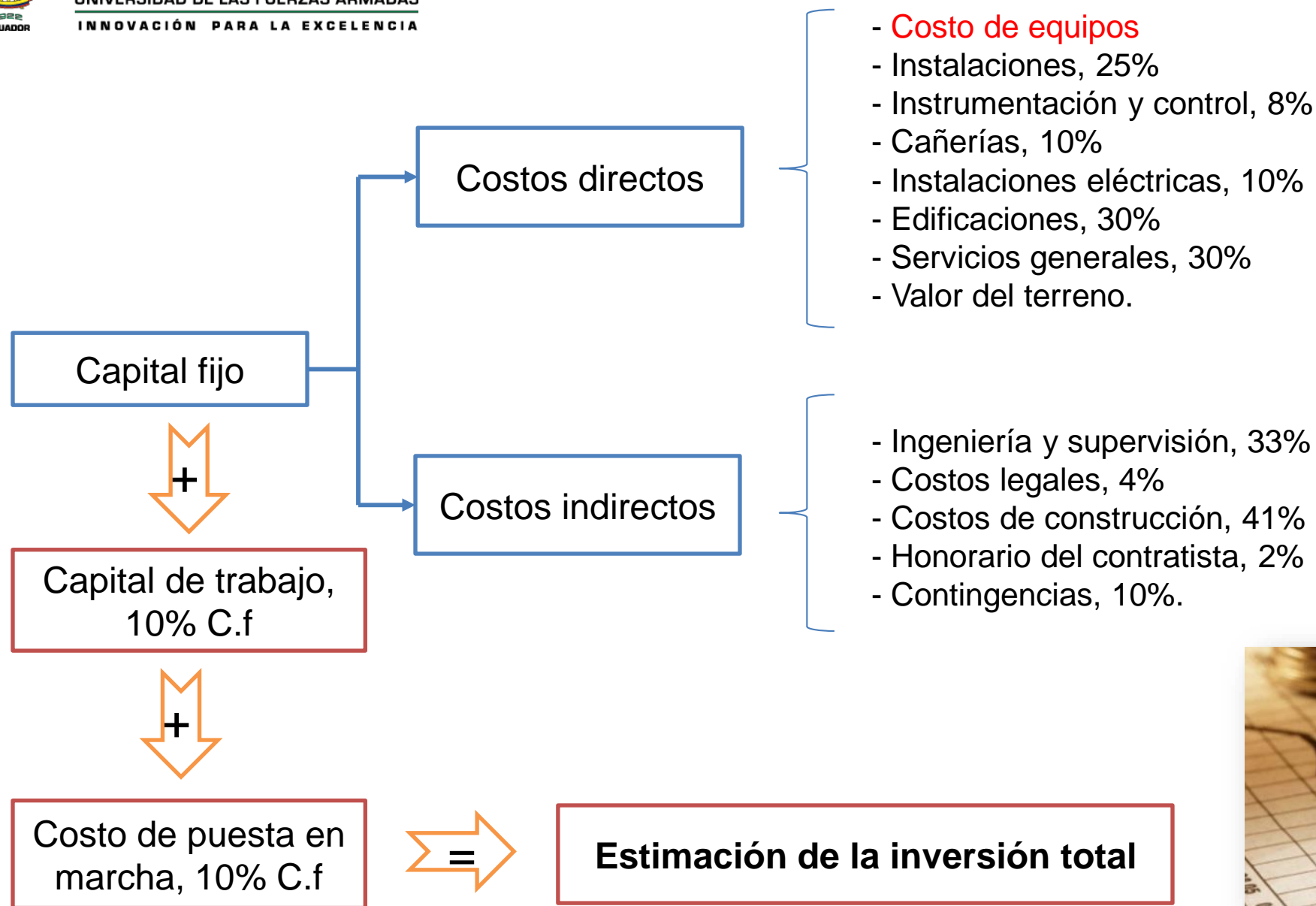
HIDROCOLOIDES PRESENTES EN EL MERCADO

En el año 2012 la carragenina ofertada en el mundo fluctuó entre 45000 a 50000 toneladas al año; lo que representa el 10% del mercado mundial en la industria de hidrocoloides.

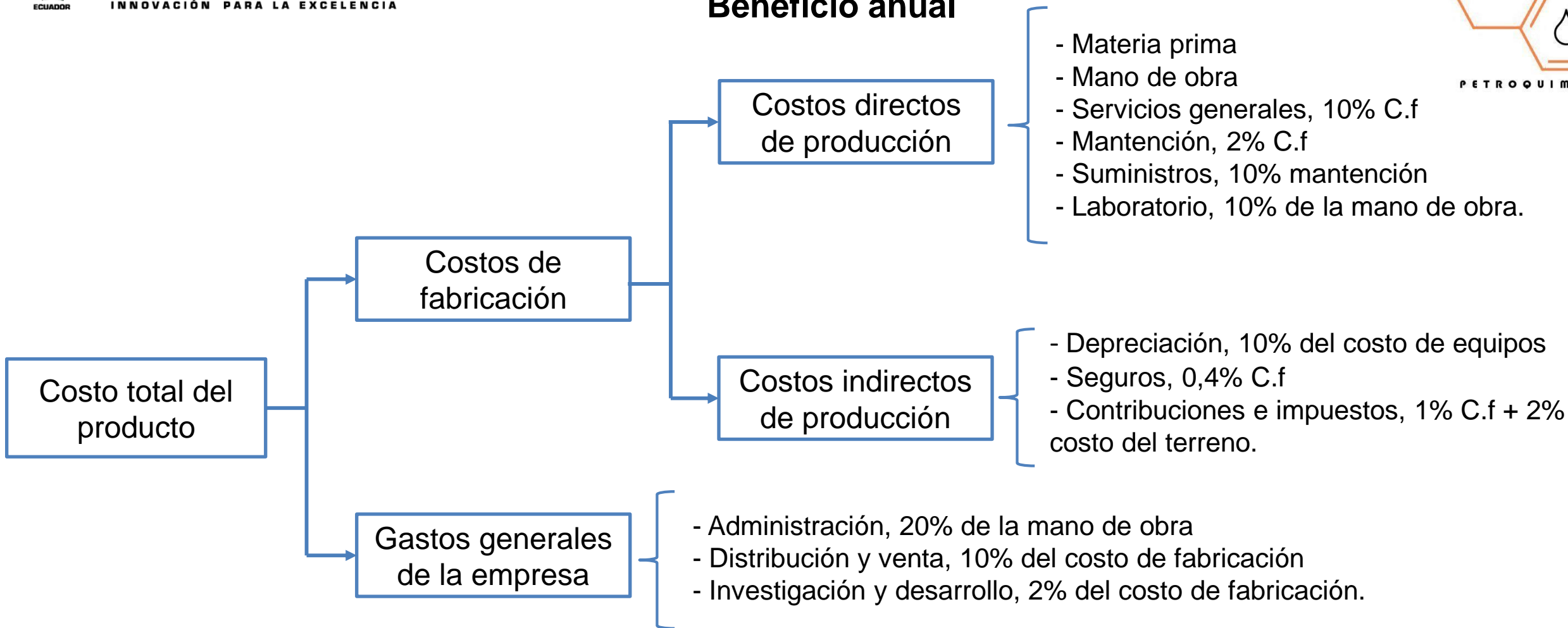




ANÁLISIS ECONÓMICO Y FINANCIERO



Beneficio anual



Beneficio anual = Ingresos totales por ventas – Costos total del producto

Periodo de recuperación

Tiempo que tarda en recuperarse la inversión inicial.

$$\text{Periodo de recuperación} = \frac{I}{R}$$

donde:

I = Inversión inicial

R = Flujo de caja promedio anual.



Indicadores financieros

Tasa mínima aceptable de rendimiento



Estima como el dinero invertido crece en términos reales.

Valor actual neto



Este indicador da paso a conocer el valor del dinero actual.

Tasa interna de rendimiento



Tasa de interés pagada sobre los saldos de dinero del préstamo





Indicadores financieros

Razón costo beneficio



Conocida como índice de rentabilidad

Punto de equilibrio



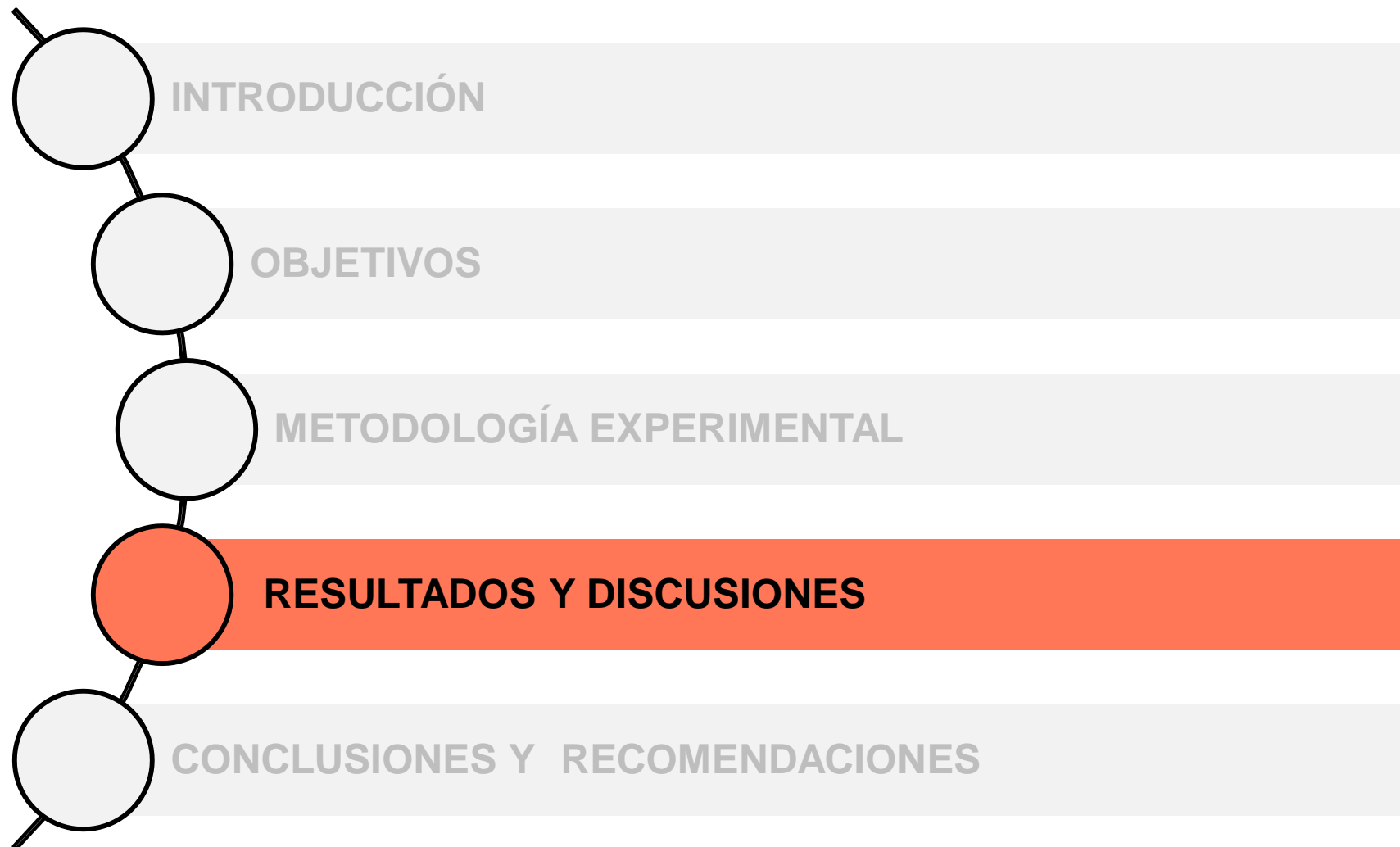
Nivel de ventas en donde los ingresos (ventas) son iguales a los egresos (costos y gastos).

Análisis de sensibilidad



Análisis facilita la toma de decisiones en el proyecto





Dimensionamiento de equipos

Reactor con agitación

Dimensiones de estanque y cabezal

Variable	Especificación
Diámetro interno	4,877833014 m
Altura del estanque	9,755666028 m
Espesor de carcasa	8 mm
Altura de cabezal	1,408109102 m
Volumen de cabezal	9,389215517 m ³
Altura total	11,16377513 m
Volumen total	32,37551581 m ³

Especificaciones del sistema de agitación

Variable	Especificación
Número de Reynolds	19821,80377
Diámetro del agitador	1,609684895 m
Altura del rodete sobre el fondo del estanque	1,609684895 m
Anchura del rodete	0,201210612 m
Anchura de las placas deflectoras	0,487783301 m
Altura del líquido en el estanque	4,877833014 m
Ancho de aspas	0,402421224 m
Número de aspas	6
Potencia del motor del agitador	39,28843335 HP

Mezclador estático

Velocidad de flujo	(<i>m/s</i>)
Solución de Carragenina	1.6
Solución NaCl	1.1
Kappa 1 precipitada	3.002798261
Diámetro de cañería	(<i>m</i>)
Solución de Carragenina	0.041989034
Solución NaCl	0.016703858
Kappa 1 precipitada	0.032274877

Filtro prensa

Variable	Especificación
Capacidad del equipo	0,163633323 m^3
Área filtrante	10,03353 m^2
Número de cámaras	17
Largo de la prensa	2,8702 <i>m</i>
Largo de la placa	0,762 <i>m</i>
Espesor de la placa	0,0508 <i>m</i>
Espesor del marco	0,1016 <i>m</i>

Intercambiador de calor

Dimensiones	Especificación
Número de tubos	74
Longitud de tubos	2 m
Área real	122,0000428 m ²
U _o	720,271178 Wm ² /°C

Centrifugadora de sedimentación

Variable	Especificación
Valor sigma	84,077447 m ²
Relación caudal / sigma	4,83846E-05 m/s

Secador

Dimensiones	Especificación
Largo	2 m
Ancho	10,0127255 m
Área	20,0254511 m ²

COSTO DE EQUIPOS



Costo de equipos

Equipo	Costo (\$)
Reactor agitado	390637,5531
Intercambiador de calor	22189,23029
Mezclador estático en línea de inyección	2418,293882
Centrifugadora de sedimentación	330040,401
Filtro de prensa	150492,068
Secador	50063,6277

ANÁLISIS ECONÓMICO Y FINANCIERO

Determinación de la inversión total

Dato	\$
Capital fijo	4113730,51
Capital de trabajo	411373,051
Costo de puesta en marcha	411373,051
Estimación de la inversión total	4936476,62

Determinación del beneficio anual

Dato	\$
Ingresos totales por venta (anual)	11000000
Costo total del producto	7046712,397
Beneficio anual	3953287,603

Determinación del periodo de recuperación

Variable	Valor
Inversión total (\$)	4936476,62
Flujo de caja promedio anual (\$/año)	2728996,3
Periodo de recuperación (años)	1,80889824

Flujo de caja

N° de Años	Periodo 0	Periodo 1	Periodo 2	Periodo 3	Periodo 4	Periodo 5
Inversión inicial						
Capital fijo	4113730,51					
Capital de trabajo	411373,051					
Costos de puesta en marcha	411373,051					
Inversión total	4936476,62					
INGRESOS						
Ingresos totales		11000000	11550000	12127500	12733875	13370568,8
EGRESOS						
Costos de fabricación		6235778,93	6422852,29	6615537,86	6814004	7018424,12
Materia prima		5196543,7	5352440,02	5513013,22	5678403,61	5848755,72
Mano de obra		313200	322596	332273,88	342242,096	352509,359
Servicios generales		411373,051	423714,243	436425,67	449518,44	463003,993
Mantenimiento		82274,6103	84742,8486	87285,134	89903,6881	92600,7987
Suministros		8227,46103	8474,28486	8728,5134	8990,36881	9260,07987
Laboratorio		31320	32259,6	33227,388	34224,2096	35250,9359
Depreciación		133647,872	137657,308	141787,027	146040,638	150421,857
Seguros		16454,9221	16948,5697	17457,0268	17980,7376	18520,1597
Contribuciones e impuestos		42737,3051	44019,4243	45340,007	46700,2072	48101,2134
Gastos generales de la empresa		810933,471	835261,475	860319,319	886128,899	912712,766
Administración		62640	64519,2	66454,776	68448,4193	70501,8719
Distribución y venta		623577,893	642285,229	661553,786	681400,4	701842,412
Investigación y desarrollo		124715,579	128457,046	132310,757	136280,08	140368,482
Utilidad Operativa (EBIT)		3953287,6	4291886,23	4651642,82	5033742,1	5439431,87
Utilidad antes de participación e impuestos		3953287,6	4291886,23	4651642,82	5033742,1	5439431,87
Impuesto a la renta (30%)		1185986,28	1287565,87	1395492,85	1510122,63	1631829,56
Utilidad después del impuesto / Utilidad neta		2767301,32	3004320,36	3256149,97	3523619,47	3807602,31
Amortización y Depreciación		133647,872	137657,308	141787,027	146040,638	150421,857
Flujo de caja Económico	-4936476,62	2900949,19	3141977,67	3397937	3669660,11	3958024,16
Financiamiento neto	2468238,31					
Prestamos	2468238,31					
Interés (12%)		296188,597	249565,629	197347,906	138864,055	73362,1422
Amortización		388524,73	435147,698	487365,422	545849,272	611351,185
Flujo de caja financiero	-2468238,31	2216235,87	2457264,34	2713223,67	2984946,78	3273310,84

Índices financieros

Inflación en Ecuador

N°	Año	Porcentaje
1	2015	3,97%
2	2016	1,73%
3	2017	0,42%
4	2018	0%
5	2019	0,27%
TOTAL		1,278%

Premio al riesgo

Premio al riesgo	6,50%
------------------	-------

Tasa mínima aceptable de rendimiento

TMAR	7,778%
------	--------

Índices financieros

Valor actual neto

TMAR						
7,778%						
Años	0	1	2	3	4	5
Flujos netos de fondos en dólares	-2468238,308	2216235,867	2457264,343	2713223,67	2984946,78	3273310,84
Valor actual neto	\$ 10.200.421,44					

Tasa interna de retorno

Años	0	1	2	3	4	5
Flujos netos de fondos en dólares	-2468238,308	2216235,867	2457264,343	2713223,67	2984946,78	3273310,84
TIR	95%					

Índices financieros

Punto de equilibrio

	1	2	3	4	5
Gastos	69719,33689	71810,917	73965,24451	76184,2018	78469,7279
Costos	561161,1407	577995,975	595335,8542	613195,93	631591,808
Venta	11000000	11000000	11000000	11000000	11000000
PE	73467,24249	75793,49279	78197,40053	80681,8165	83249,7131

Análisis de sensibilidad

TMAR	7,778%
TIR	Costo por tonelada
95%	11000
65%	10000
33%	9000
16%	8500
-5%	8000



Con respecto al dimensionamiento de los equipos empleados en la planta de producción, los resultados obtenidos fueron similares a los reportados por Mancilla (2012), por lo que se puede aceptar, mencionados valores de dimensión, el costo total de los equipos es de \$ 1336478,721.

El monto de la inversión total inicial es de \$ 4927734,19, (50%) de este monto será financiado por una entidad bancaria, el capital fijo es de \$ 4106445,16, los gastos administrativos de la empresa son \$ 810785,5546 y el beneficio anual para el presente proyecto es de \$ 3954668,157.

Mediante los resultados obtenidos en el análisis financiero, tomando en cuenta los flujos financieros proyectados para 5 años se obtiene un VAN de \$ 10.207.478,84, por lo que el proyecto es aceptado.

Con un análisis estimado para 5 años mediante los flujos financieros se obtiene un TIR de 95%, si $TIR \geq TMAR$, Acéptese la inversión, por lo tanto, cumple, se acepta la inversión.

El índice beneficio/costo es de \$ 3,07, es mayor a uno, indica que existe ganancias.

El punto de equilibrio promedio obtenido para los 5 años de proyección se obtiene \$ 78277,933 lo que nos quiere decir que en este punto las ventas son iguales a los costos, en este punto no se obtiene ganancias ni pérdidas.

Mediante un análisis de sensibilidad, variando el costo de venta de carragenina desde \$ 11 por kilogramo hasta los \$ 8, se determinó que el precio mínimo de venta debe ser de \$ 8,5 por kilogramo, para que se encuentre dentro de un TIR aceptable.

Debido a la factibilidad del proyecto y a los ingresos obtenidos, es recomendable que el proyecto sea puesto en marcha con ayuda financiera, con un trabajo conjunto entre el sector privado y el estado ecuatoriano.

Se recomienda para futuras investigaciones, realizar el diseño y dimensionamiento de una planta de producción de carragenina en química verde, mediante el método de agua subcrítica.

Para el presente estudio, es recomendable el uso de un reactor agitado, debido a que, permite que la reacción se lleve a cabo en todo el volumen del recipiente, dando como resultado una buena mezcla entre reactivos, por otro lado es recomendable emplear reactores en serie, con la finalidad que, al dimensionar mencionados equipos los valores obtenidos no sean excesivos.



**MUCHAS GRACIAS POR
SU ATENCIÓN**