



Universidad Nacional de Salta  
**FACULTAD DE INGENIERIA**

Avda. Bolivia 5.150 - 4.400 SALTA  
T.E. (0387) 4255420 - FAX (54-0387) 4255351  
REPUBLICA ARGENTINA  
e-mail: unsaing@unsa.edu.ar

50° ANIVERSARIO DE LA UNSa.  
*"Mi sabiduría viene de esta tierra"*

**LAS MALVINAS SON ARGENTINAS**

SALTA, 09 NOV 2022

№ 00432

Expediente Nº 14.349/2022

VISTO las actuaciones contenidas en el Expte. Nº 14.349/2022 en el cual, mediante Nota Nº 1958/22, el Sr. Esteban José Antonio CARRIZO solicita su adscripción a la cátedra "Termodinámica II" de la carrera de Ingeniería Química, y

**CONSIDERANDO:**

Que el solicitante es alumno regular de Ingeniería Química, cuenta con dos materias aprobadas en los últimos doce meses y ha promocionado la asignatura a la cual solicita adscribirse.

Que el estudiante declara como objetivos de su adscripción el perfeccionamiento en la disciplina, la realización de actividades de investigación o desarrollo tecnológico y la especialización en alguna rama o aspecto determinado de la asignatura.

Que la Dra. Ing. María Alejandra BERTUZZI, como Responsable de Cátedra y Supervisora de la Adscripción, avala la solicitud y refrenda el Plan de Actividades –con su correspondiente cronograma-, el cual resulta conducente al cumplimiento de los objetivos declarados.

Que mediante Resolución FI Nº 492-D-2022 se formalizó la designación de la Comisión Asesora a que hace referencia el Artículo 5º del REGLAMENTO DE ADSCRIPCIONES A CÁTEDRAS DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA, aprobado por Resolución FI Nº 379-CD-2019.

Que la citada Comisión se ha expedido aconsejando autorizar la adscripción.

Que el Artículo 7º de la normativa vigente, establece que *"corresponde al Consejo Directivo decidir y resolver sobre la aprobación del dictamen de la Comisión designada por aplicación del artículo 5º"*.



Universidad Nacional de Salta  
**FACULTAD DE INGENIERIA**

Avda. Bolivia 5.150 - 4.400 SALTA  
T.E. (0387) 4255420 - FAX (54-0387) 4255351  
REPUBLICA ARGENTINA  
e-mail: unsaing@unsa.edu.ar

50° ANIVERSARIO DE LA UNSa.  
*"Mi sabiduría viene de esta tierra"*

**LAS MALVINAS SON ARGENTINAS**

**Nº 00432**

Expediente Nº 14.349/2022

Por ello y de conformidad con lo aconsejado por la Comisión de Asuntos Académicos mediante Despacho Nº 270/2022,

**EL CONSEJO DIRECTIVO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA**

(en su XVI Sesión Ordinaria, celebrada el 2 de noviembre de 2022)

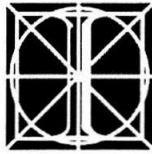
**RESUELVE:**

ARTÍCULO 1º.- Aprobar el dictamen de la Comisión Asesora designada por Resolución FI Nº 492-D-2022, para aconsejar acerca de la adscripción solicitada por el Sr. Esteban José Antonio CARRIZO, estudiante de la carrera de Ingeniería Química.

ARTÍCULO 2º.- Autorizar la adscripción del Sr. Esteban José Antonio CARRIZO (D.N.I. Nº 41.052.580), en la cátedra "Termodinámica II" de la carrera de Ingeniería Química, por el término de doce (12) meses a partir la fecha de su notificación fehaciente.

ARTÍCULO 3º.- Aprobar el Plan de Actividades a realizar durante la adscripción, bajo la dirección y supervisión de la Dra. Ing. María Alejandra BERTUZZI, el cual como ANEXO -y conjuntamente con el correspondiente Cronograma- forma parte integrante de la presente Resolución.

ARTÍCULO 4º.- Notificar al Sr. Esteban José Antonio CARRIZO que, de acuerdo con lo dispuesto en el Artículo 11 del REGLAMENTO DE ADSCRIPCIONES A CÁTEDRAS DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA, aprobado por Resolución FI Nº 379-CD-2019, *"dentro de los treinta (30) días corridos siguientes a la finalización de la adscripción, [...] deberá presentar el informe final a la Facultad, acompañándolo con los elementos que considere aptos para una mejor evaluación de su actividad"*, como así también que *"vencido el plazo mencionado el informe no será considerado"*.



Universidad Nacional de Salta  
**FACULTAD DE INGENIERIA**

Avda. Bolivia 5.150 - 4.400 SALTA  
T.E. (0387) 4255420 - FAX (54-0387) 4255351  
REPUBLICA ARGENTINA  
e-mail: unsaing@unsa.edu.ar

50° ANIVERSARIO DE LA UNSa.  
*"Mi sabiduría viene de esta tierra"*

**LAS MALVINAS SON ARGENTINAS**

Expediente N° 14.349/2022

ARTÍCULO 5º.- Hacer conocer a la Dra. Ing. María Alejandra BERTUZZI las disposiciones contenidas en el Artículo 12 del REGLAMENTO DE ADSCRIPCIONES A CÁTEDRAS DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA, aprobado por Resolución FI N° 379-CD-2019, el que establece que *"el docente responsable deberá elevar a la Facultad una evaluación del informe final de la adscripción y su opinión acerca del desempeño del adscripto, en un plazo no mayor a quince (15) días corridos a partir de la fecha de la entrega del informe del adscripto"*.

ARTÍCULO 6º.- Dejar expresa constancia de que, para que la adscripción autorizada por el Artículo 2º pueda ser utilizada como antecedente académico, debe estar acompañada – indefectiblemente- por la Resolución aprobatoria del Informe Final de Adscripción.

ARTÍCULO 7º.- Hacer saber, comunicar a las Secretarías Académica y de Planificación y Gestión Institucional de la Facultad; al Sr. Esteban José Antonio CARRIZO; a la Dra. Ing. María Alejandra BERTUZZI, en su carácter de Responsable de Cátedra y Supervisora de la adscripción; a la Escuela de Ingeniería Química; las Direcciones Generales Administrativas Económica y Académica; a los Departamentos Docencia y Personal, y girar los obrados a la Dirección General Administrativa Económica para su toma de razón y demás efectos.

FMF

RESOLUCIÓN FI N° 00432 -CD- 2022

  
Ing. JORGE ROMUALDO BERKHAN  
SECRETARIO ACADEMICO  
FACULTAD DE INGENIERIA - UNSa

  
Ing. HECTOR RAUL CASADO  
DECANO  
FACULTAD DE INGENIERIA - UNSa





Universidad Nacional de Salta  
**FACULTAD DE INGENIERIA**

Avda. Bolivia 5.150 - 4.400 SALTA  
T.E. (0387) 4255420 - FAX (54-0387) 4255351  
REPUBLICA ARGENTINA  
e-mail: unsaing@unsa.edu.ar

50° ANIVERSARIO DE LA UNSa.  
*"Mi sabiduría viene de esta tierra"*

**LAS MALVINAS SON ARGENTINAS**

000432

Expediente N° 14.349/2022

## ANEXO

Alumno Adscripto: Esteban José Antonio CARRIZO

Cátedra: Termodinámica II.

Carrera: Ingeniería Química.

Responsable de Cátedra: Dra. Ing. María Alejandra BERTUZZI

Supervisora de la Adscripción: Dra. Ing. María Alejandra BERTUZZI

### PLAN DE ACTIVIDADES

#### **"ANÁLISIS EXERGÉTICO DE PROCESOS DE CAPTURA DE CO<sub>2</sub>"**

#### **OBJETIVO**

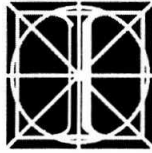
El objetivo general de la adscripción es obtener capacitación en el estudio, análisis y comparación de diferentes tecnologías para la captura de dióxido de carbono a través del análisis exergético.

#### **Objetivos Específicos**

- Estudiar las diferentes tecnologías disponibles para la captura de dióxido de carbono.
- Realizar el análisis exergético de distintas tecnologías empleadas para la captura de CO<sub>2</sub> (separación por membrana, absorción con aminas, separación criogénica).
- Comparar las diferentes tecnologías y determinar las ineficiencias o irreversibilidades de cada una.

#### **ANTECEDENTES**

La creciente demanda mundial de energía y las tendencias de precios, resultó ser un



Universidad Nacional de Salta  
**FACULTAD DE  
INGENIERIA**

Avda. Bolivia 5.150 - 4.400 SALTA  
T.E. (0387) 4255420 - FAX (54-0387) 4255351  
REPUBLICA ARGENTINA  
e-mail: [unsaing@unsa.edu.ar](mailto:unsaing@unsa.edu.ar)

50° ANIVERSARIO DE LA UNSa.  
*"Mi sabiduría viene de esta tierra"*

**LAS MALVINAS SON ARGENTINAS**

**N° 00432**

Expediente N° 14.349/2022

desafío para las compañías de petróleo y gas, quienes mediante la explotación de yacimientos no convencionales (*shale* y *tight*), hallaron un escenario favorable para subsanar la crisis energética registrada en los últimos tiempos. Particularmente en Argentina se destaca la explotación del yacimiento Vaca Muerta en la Cuenca Neuquina. Por otro lado, la necesidad del uso de procesos amigables con el ambiente, impulsó la investigación y desarrollo de tecnologías que permitieran minimizar las emisiones de dióxido de carbono [1].

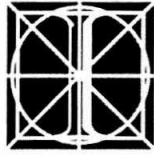
El gas natural puede contener varias impurezas, entre ellas, sulfuro de hidrógeno y dióxido de carbono en cantidades considerables, componentes no deseables debido a problemas técnicos-ambientales, tales como corrosión (debido a la formación de ácidos en presencia de agua) y contaminación del ambiente [2,3].

La separación de gases ácidos ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{SH}_2$ ) presentes en el gas natural, se conoce como proceso de endulzamiento. El mismo resulta en un elevado impacto en el costo de producción de gas, por lo que resulta de gran relevancia estudiar las diferentes tecnologías y evaluar cuál de ellas permitiría disminuir el gasto energético y el impacto ambiental.

Dependiendo de las condiciones del gas natural de pozo y su contenido de gases ácidos, resulta necesario la implementación de tecnologías eficientes que permitan acondicionar el gas natural y ajustarlo al cumpliendo las especificaciones reguladas por el ENARGAS, optimizando el uso de recursos, la emisión de gases de efecto invernadero y principalmente el consumo energético.

Existen diversos procesos para remover gases ácidos de la corriente de gas natural, los más conocidos emplean solventes químicos (endulzamiento con aminas) [2], pero los requerimientos energéticos para la regeneración de las aminas varía desde 3.0 a 4.5 MJ/g  $\text{CO}_2$ , lo que representa un 80% del consumo total de energía del proceso [4].

Sin embargo, existen otras tecnologías que han sido usadas solas o en combinaciones para la captura de  $\text{CO}_2$ , conocidos como procesos híbridos. Estas tecnologías son además de la



Universidad Nacional de Salta  
**FACULTAD DE  
INGENIERIA**

Avda. Bolivia 5.150 - 4.400 SALTA  
T.E. (0387) 4255420 - FAX (54-0387) 4255351  
REPUBLICA ARGENTINA  
e-mail: [unsaing@unsa.edu.ar](mailto:unsaing@unsa.edu.ar)

50° ANIVERSARIO DE LA UNSa.  
*"Mi sabiduría viene de esta tierra"*

**LAS MALVINAS SON ARGENTINAS**

№ 00432

Expediente Nº 14.349/2022

absorción con aminas la separación con membranas, la separación criogénica, entre otras) [4].

La elección del proceso de captura de CO<sub>2</sub> adecuado depende fuertemente de las propiedades de la corriente de gas alimentada (concentración de CO<sub>2</sub>, temperatura y presión del gas), especificaciones del producto (concentraciones máximas de impurezas, poder calorífico, etc.) y la capacidad del equipo a usar. A su vez esta elección dependerá también de los requerimientos energéticos necesarios para llevar a cabo el proceso [4].

El análisis termodinámico de proceso, mediante la utilización de balances de exergía, permite hacer uso eficiente, sustentable y responsable de los recursos naturales y la energía. Mediante la determinación de la disponibilidad termodinámica y de la exergía (física y química) de las corrientes de cada sistema y basados en el principio de mínima producción de entropía, se realiza una evaluación de los diferentes procesos, desde el punto de vista del Primer y Segundo Principio de la Termodinámica, haciendo énfasis en el uso eficiente de la energía. También se puede evaluar mediante este análisis la contaminación física y química que generan las corrientes de descarga en el ambiente.

#### **ACTIVIDADES**

- A) Análisis exergético de los diferentes procesos de captura de dióxido de carbono de corrientes de gas natural (separación con membranas, absorción con aminas y separación criogénica).
- B) Comparación de los procesos desde el punto de vista del costo operativo y de capital, consumo energético y destrucción de exergía.
- C) Formulación de conclusiones.





Universidad Nacional de Salta  
**FACULTAD DE INGENIERIA**

Avda. Bolivia 5.150 - 4.400 SALTA  
 T.E. (0387) 4255420 - FAX (54-0387) 4255351  
 REPUBLICA ARGENTINA  
 e-mail: unsaing@unsa.edu.ar

50° ANIVERSARIO DE LA UNSa.  
*"Mi sabiduría viene de esta tierra"*

**LAS MALVINAS SON ARGENTINAS**

00432

Expediente N° 14.349/2022

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

Actividad	Cronograma mensual					
	1° y 2°	3° y 4°	5° y 6°	7° y 8°	9° y 10°	11° y 12°
Búsqueda bibliográfica y de información.	■	■				
Capacitación en HYSYS	■	■				
Estudio de procesos de captura de CO <sub>2</sub> .		■	■	■		
Análisis exergético de procesos.			■	■	■	
Análisis comparativo y conclusiones				■	■	■

REFERENCIAS

- [1] Faizan Ahmad, K.K. Lau. "Process simulation and optimal design of membrane separation system for CO<sub>2</sub> capture from natural gas". Computers and Chemical Engineering 36 (2012) 119-128.
- [2] R.K. Abdulrahman, I.M. Sebastine. "Natural gas sweetening process simulation and optimization: A case study of Khurmala field in Iraqi Kurdistan región". Journal of Natural Gas Science and Engineering 14 (2013) 116-120.
- [3] T.E. Rufford, S. Smart. "The removal of CO<sub>2</sub> and N<sub>2</sub> from natural gas: A review of conventional and emerging process technologies". Journal of Petroleum Science and



Universidad Nacional de Salta  
**FACULTAD DE INGENIERIA**

Avda. Bolivia 5.150 - 4.400 SALTA  
T.E. (0387) 4255420 - FAX (54-0387) 4255351  
REPUBLICA ARGENTINA  
e-mail: [unsaing@unsa.edu.ar](mailto:unsaing@unsa.edu.ar)

50° ANIVERSARIO DE LA UNSa.  
*"Mi sabiduría viene de esta tierra"*

**LAS MALVINAS SON ARGENTINAS**

Expediente N° 14.349/2022

Engineering 94-95 (2012) 123-154.

[4] Chunfeng Song, Qingling Liu. "Alternative pathways for efficient CO2 capture by hybrid processes — A review". Renewable and Sustainable Energy Reviews 82 (2018) 215-231.

RESOLUCIÓN FI Nº 00432 -CD- 2022

  
Ing. JORGE ROMUALDO BERKHAN  
SECRETARIO ACADEMICO  
FACULTAD DE INGENIERIA - UNSa

  
Ing. HECTOR RAUL CASADO  
DECANO  
FACULTAD DE INGENIERIA - UNSa