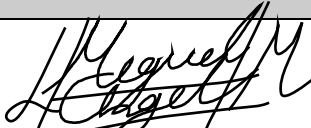



# FORMATO PARA REGISTRO DE OPCIÓN DE TITULACIÓN (CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN)

Este documento puede ser llenado en computadora utilizando Acrobat Reader

OPCIÓN SOLICITADA			
<input checked="" type="checkbox"/> TESIS <input type="checkbox"/> ACTIVIDAD DE APOYO A LA INVESTIGACIÓN <input type="checkbox"/> SEMINARIO DE TITULACIÓN		<input type="checkbox"/> ACTIVIDAD DE APOYO A LA DOCENCIA <input type="checkbox"/> TRABAJO PROFESIONAL <input type="checkbox"/> SERVICIO SOCIAL <input type="checkbox"/> PROYECTO DE APOYO A LA DIVULGACIÓN	
DATOS DEL ESTUDIANTE			
Liera		Montaño	
Apellido Paterno		Apellido Materno	
Nombre(s)		Miguel Ángel	
CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN		317257421	
Carrera		Número de cuenta	
		5513968312	
Teléfono domicilio		Teléfono oficina	
Teléfono celular			
miguelliera@ciencias.unam.mx		miguelliera10@gmail.com	
Correo electrónico 1		Correo electrónico 2	
DATOS DEL TUTOR			
Doctor	Verónica Esther	Arriola	Ríos
Grado	Nombre(s)	Apellido Paterno	Apellido Materno
Facultad de Ciencias, Departamento de Matemáticas			
Dependencia UNAM o empresa en la que trabaja			
		56225426 #25426	55 1792 8050
Teléfono domicilio		Teléfono oficina	
Teléfono celular			
v.arriola@ciencias.unam.mx			
Correo electrónico 1		Correo electrónico 2	
DATOS DE LA INSTITUCIÓN EN LA QUE LLEVÓ A CABO EL TRABAJO PROFESIONAL O EL SERVICIO SOCIAL			
Comisión Nacional del Sistema de Ahorro para el Retiro		Del 2022-08-15 al 2023-02-15	
Institución		Periodo en el que realizó la actividad	
TÍTULO TENTATIVO DEL TRABAJO ESCRITO			
Análisis de Modelos de Redes Neuronales en la predicción de precios de las acciones en la BMV			
FIRMAS			
			
Firma del Alumno		Firma del Tutor	
DICTAMEN			
APROBADO ( )			Para todas las opciones de titulación, este registro debe entregarse junto con el proyecto y los documentos probatorios indicados en la sección "Anexos"
CONDICIONADO ( )	DRA. MARÍA DE LUZ GASCA SOTO		
RECHAZADO ( )	Coordinadora del Comité Académico de la Licenciatura en Ciencias de la Computación		



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO  
SECRETARIA GENERAL  
DIRECCION GENERAL DE ADMINISTRACION ESCOLAR  
**CONSTANCIA DE HISTORIA ACADEMICA**



NUMERO DE CUENTA: 317257421 NOMBRE: LIERA MONTAÑO MIGUEL ANGEL

PLANTEL: 0003 FACULTAD DE CIENCIAS

AÑO DE INGRESO: 2020

CARRERA: 104 PLAN DE ESTUDIOS: 1556 - LIC EN CIENCIAS DE LA COMPUTACION (ESCOLARIZADO)

AVANCE DE CREDITOS	ASIGNATURAS	PROMEDIO	SELLO DEL PLANTEL	SERVICIOS ESCOLARES DEL PLANTEL
OBLIGATORIOS: 316 de 316 100.00% OPTATIVOS: 66 de 60 110.00% TOTALES: 382 de 376 101.59%	APROBADAS: 41 NO APROBADAS: 0 TOTAL: 41	9.09	 DIRECCIÓN GENERAL DE ADMINISTRACIÓN ESCOLAR DIRECCIÓN DE CERTIFICACIÓN Y CONTROL DOCUMENTAL	 MAURICIO AGUILAR GONZALEZ

CLAVE PLANTEL	CLAVE ASIGNATURA	CREDITOS	NOMBRE DE LA ASIGNATURA	CALIFICACION	TIPO DE EXAMEN	PERIODO	FOLIO ACTA	GRUPO	NUMERO ORD. EXT.
PRIMER SEMESTRE									
0003	0007	10	OBL ALGEBRA SUPERIOR I	8	ORD	2020-1	3462049	4004	1
0003	1123	10	OBL ESTRUCTURAS DISCRETAS	9	ORD	2020-1	3463419	7012	1
0003	1124	04	OBL INGLES I	9	ORD	2020-1	3463511	7107	1
0003	1125	12	OBL INTRODUC.A CIENCIAS DE LA COMPUT.	8	ORD	2020-1	3463437	7028	1
0003	1126	12	OBL MATEMATICAS PARA CIENC.APLICAD. I	8	ORD	2020-1	3461737	1019	1
SEGUNDO SEMESTRE									
0003	0008	10	OBL ALGEBRA SUPERIOR II	10	ORD	2020-2	3614345	4051	1
0003	0422	10	OBL GRAFICAS Y JUEGOS	10	ORD	2020-2	3614652	4234	1
0003	1222	12	OBL ESTRUCTURAS DE DATOS	9	ORD	2020-2	3615445	7022	1
0003	1223	04	OBL INGLES II	9	ORD	2020-2	3615502	7096	1
0003	1226	12	OBL MATEMATICAS PARA CIENC.APLICAD. II	9	ORD	2020-2	3613984	1024	1
TERCER SEMESTRE									
0003	0005	10	OBL ALGEBRA LINEAL I	10	ORD	2021-1	3732383	4116	1
0003	0625	10	OBL PROBABILIDAD I	9	ORD	2021-1	3734117	9030	1
0003	1322	04	OBL INGLES III	8	ORD	2020-2	3649052	7123	1
0003	1323	10	OBL MODELADO Y PROGRAMACION	10	ORD	2020-2	3649043	7116	1
0003	1326	12	OBL MATEMATICAS PARA CIENC. APLICAD. III	9	ORD	2021-1	3731915	1133	1
CUARTO SEMESTRE									
0003	1425	10	OBL AUTOMATAS Y LENGUAJES FORMALES	9	ORD	2022-1	4050322	7049	1
0003	1426	04	OBL INGLES IV	8	ORD	2021-1	3733608	7111	1
0003	1427	10	OBL LOGICA COMPUTACIONAL	9	ORD	2021-1	3733549	7046	1
0003	1428	10	OBL ORGANIZ.Y ARQUITEC.DE COMPUTADORAS	10	ORD	2021-2	3926864	7045	1
0003	1429	12	OBL MATEMATICAS PARA CIENC.APLICAD. IV	9	ORD	2021-2	8207410	1034	1
QUINTO SEMESTRE									
0003	1532	10	OBL ANALISIS DE ALGORITMOS	10	ORD	2022-1	4050333	7065	1
0003	1533	10	OBL COMPUTACION DISTRIBUIDA	10	ORD	2022-1	4050343	7072	1
0003	1534	10	OBL FUNDAMENTOS DE BASES DE DATOS	9	ORD	2022-1	4050349	7078	1
0003	1535	04	OBL INGLES V	10	ORD	2021-2	3926911	7102	1
0003	1536	10	OBL LENGUAJES DE PROGRAMACION	10	ORD	2021-2	8208103	7056	1
SEXTO SEMESTRE									
0003	0575	10	OBL INGENIERIA DE SOFTWARE	9	ORD	2022-2	4198133	7008	1
0003	0608	10	OBL INTELIGENCIA ARTIFICIAL	10	ORD	2022-2	4198124	7001	1
0003	0713	10	OBL SISTEMAS OPERATIVOS	9	ORD	2022-2	4198126	7003	1
SEPTIMO SEMESTRE									
0003	0269	10	OBL COMPLEJIDAD COMPUTACIONAL	10	ORD	2023-1	4279426	7010	1
0003	0714	10	OBL REDES DE COMPUTADORAS	7	ORD	2023-1	4279420	7006	1
0003	0817	10	OBL COMPILADORES	7	ORD	2023-2	4440387	7011	2
OCTAVO SEMESTRE									
0003	1827	10	OBL COMPUTACION CONCURRENT	8	ORD	2023-2	4440485	7101	1

FECHA DE IMPRESION: 02/02/2024 16:57

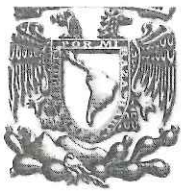
PAGINA 1 DE 2



Esta constancia sólo es válida si se encuentra sellada y firmada por el responsable de servicios escolares de su plantel.  
No es válida si se encuentra en mal estado, con tachaduras o enmendaduras.  
Esta constancia consigna las calificaciones que hasta la fecha han sido registradas.  
El cumplimiento parcial o total del plan de estudios y el promedio serán acreditados **solamente** por un certificado.  
No acepte fotocopias de este documento.

LIC. DIANA GONZALEZ NIETO  
DIRECTORA DE CERTIFICACION Y CONTROL DOCUMENTAL  
DE LA DGAE





UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO  
SECRETARIA GENERAL  
DIRECCION GENERAL DE ADMINISTRACION ESCOLAR  
CONSTANCIA DE HISTORIA ACADEMICA



NUMERO DE CUENTA: 317257421 NOMBRE: LIERA MONTAÑO MIGUEL ANGEL

PLANTEL: 0003 FACULTAD DE CIENCIAS

AÑO DE INGRESO: 2020

CARRERA: 104 PLAN DE ESTUDIOS: 1556 - LIC EN CIENCIAS DE LA COMPUTACION (ESCOLARIZADO)

AVANCE DE CREDITOS

OBLIGATORIOS: 316 de 316 100.00%  
OPTATIVOS: 66 de 60 110.00%  
TOTALES: 382 de 376 101.59%

ASIGNATURAS

APROBADAS: 41  
NO APROBADAS: 0  
TOTAL: 41

PROMEDIO

9.09

SELLO DEL PLANTEL



DIRECCIÓN GENERAL DE  
ADMINISTRACIÓN ESCOLAR  
DIRECCIÓN DE CERTIFICACIÓN  
Y CONTROL DOCUMENTAL

SERVICIOS ESCOLARES DEL PLANTEL

*Mauricio Aguilar Gonzalez*

MAURICIO AGUILAR GONZALEZ

CLAVE PLANTEL	CLAVE ASIGNATURA	CREDITOS	NOMBRE DE LA ASIGNATURA	CALIFICACION	TIPO DE EXAMEN	PERIODO	FOLIO ACTA	GRUPO	NUMERO ORD. EXT.
0003	1828	10 OBL	CRIPTOGRAFIA Y SEGURIDAD	8	ORD	2023-2	4440487	7103	1
0003	1829	04 OBL	INGLES VI	9	ORD	2022-1	4050399	7127	1
OPTATIVAS									
0003	0657	10 OPT	ALGORITMOS PARALELOS	10	ORD	2023-2	4440492	7106	1
0003	0658	10 OPT	ALACENES Y MINERIA DE DATOS	10	ORD	2022-2	4198218	7094	1
0003	0667	10 OPT	GENOMICA COMPUTACIONAL	10	ORD	2023-1	4279525	7096	1
0003	0781	10 OPT	REDES NEURONALES	9	ORD	2022-2	4198232	7111	1
0003	0783	10 OPT	SEM.D CIENCIAS DE LA COMPUTACION A	9	ORD	2023-2	4440512	7125	1
0003	0784	10 OPT	SEM.D CIENCIAS DE LA COMPUTACION B	9	ORD	2023-1	4279538	7109	1
0003	2083	06 OPT	TEMAS SELECTOS DE OPTICA III	10	ORD	2020-2	3615819	8329	1
*****									
DIRECCIÓN GENERAL DE ADMON. ESCOLAR									
FACULTAD DE CIENCIAS									



FECHA DE IMPRESION: 02/02/2024 16:57

PAGINA 2 DE 2



Esta constancia sólo es válida si se encuentra sellada y firmada por el responsable de servicios escolares de su plantel.  
No es válida si se encuentra en mal estado, con tachaduras o enmendaduras.  
Esta constancia consigna las calificaciones que hasta la fecha han sido registradas.  
El cumplimiento parcial o total del plan de estudios y el promedio serán acreditados **solamente** por un certificado.  
No acepte fotocopias de este documento.

*Lic. Diana Gonzalez Nieto*

LIC. DIANA GONZALEZ NIETO  
DIRECTORA DE CERTIFICACION Y CONTROL DOCUMENTAL  
DE LA DGAE



**FACULTAD DE CIENCIAS  
SECRETARÍA DE ASUNTOS ESTUDIANTILES**

***Constancia de conclusión de Servicio Social***

**A quien corresponda:**

La Secretaría de Asuntos Estudiantiles de la Facultad de Ciencias hace constar que

**LIERA MONTAÑO MIGUEL ANGEL**

No. de cuenta UNAM: 317257421

Carrera: Ciencias de la Computación

ha concluido su Servicio Social en el Programa cuyos datos se indican a continuación:

Programa: PROGRAMA DE SERVICIO SOCIAL PARA EL APOYO EN LA COORDINACIÓN Y SUPERVISIÓN DEL SAR

Clave: 2022-167/2-3177

Institución: COMISION NACIONAL DEL SISTEMA DE AHORRO PARA EL RETIRO

Dependencia: DIRECCIÓN DE RECURSOS HUMANOS

Fecha de inicio: 2022-08-15

Fecha de término: 2023-02-15

La presente se extiende con la finalidad de que LIERA MONTAÑO MIGUEL ANGEL pueda realizar los trámites para su titulación.

**Atentamente**

**“POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU”**

Ciudad Universitaria, Cd. Mx., a 07 de marzo de 2023

La Secretaria de Asuntos Estudiantiles



**Dra. Gabriela Murguía Romero**

SECRETARÍA DE ASUNTOS  
ESTUDIANTILES



# Universidad Nacional Autónoma de México

## Facultad de Ciencias



### Proyecto de Tesis

- **Alumno:** Miguel Ángel Liera Montaña
- **Asesora:** Dra. Verónica Esther Arriola Ríos  
Profesora Asociada C de TC.  
Depto. de Matemáticas, Cub 119.  
Facultad de Ciencias, UNAM.

---

## Título

Análisis de Modelos de Redes Neuronales en la predicción de precios de las acciones en la BMV

## Objetivo

Estudiar la transformada de ondícula (*wavelet transform*, DWT), sus propiedades y como alternativa a la transformada de Fourier (*Fourier Transform*) y otras técnicas en lograr una mejor descomposición de información en series de tiempo no estacionarias, además de mostrar sus ventajas como potenciadora del desempeño de las Redes Neuronales (*Artificial Neural Networks*, ANNs). Estudiar los principios de las Redes Neuronales Auto-regresivas no Lineales (*Not linear Autorregresive Neural Networks*, NARNNs) y las Redes Neuronales Recurrentes (*Recurrent Neural Networks*, RNNs), así como estructuras más complejas de estas: las Redes Neuronales Recurrentes con células de Memoria de Corto y Largo Plazo (*Long Short-term Memory*, LSTM) y Redes Neuronales con Unidades Recurrentes Cerradas (*Gated Recurrent Units*, GRU) en el pronóstico de datos de series de tiempo no estacionarias, y la elección de este último tipo por resolver el problema de dependencias de termino largo (*Long-Term Dependencies*). Analizar, diseñar, construir, evaluar y comparar el rendimiento de modelos compuestos de la DWT en conjunto con las NARNN, LSTM y GRU en la predicción de precios de cierre semanal en un tiempo  $t$  de acciones pertenecientes a empresas que cotizan de la Bolsa Mexicana de Valores, tomando como datos de entrada los valores de cierre de  $t - 8$  días anteriores. Así mismo, evaluar el desempeño de los modelos al predecir el valor en  $t$  cuando los datos de entrada son generados por la misma red en iteraciones anteriores del proceso de predicción por el mismo. Mostrar que el modelo con mejor desempeño será el modelo DWT-RNN.

## Justificación

Las redes neuronales comprenden un campo amplio en la Inteligencia Artificial y en consecuencia en las Ciencias de la Computación. Su utilidad va más allá de la investigación. Claramente tienen cabida en el ámbito financiero, en el análisis de crédito, la gestión de riesgos y el pronóstico de mercado (nuestro objeto de estudio). Este ha presentado un reto innegable por su alta volatilidad y el gran número de variables tanto económicas, políticas y sociales que intervienen en él. Así, se presenta una buena base para el estudio de las NARNNs y RNNs y la técnica de descomposición DWT. Existen varios referentes en la literatura de los cuales apoyarse, sin embargo, pocos se han enfocado en mostrar el potencial de los modelos recurrentes en el análisis del mercado mexicano, específicamente en el mercado de valores que comprende a entidades financieras nacionales (lista que veremos más adelante).

## Descripción general

Se remarcará la importancia en la realización del proyecto y las razones de la elección del mercado de valores en México como fuente de datos. Se describirá las ideas que conforman de la descomposición de señales al igual que los conceptos fundamentales de la DWT y su selección en discriminación de técnicas como la transformada de Fourier y la transformada de Fourier de tiempo Reducido (*Short-time Fourier Transform*, STFT) debido a su propiedad de generar un análisis temporal y secuencial más detallado. Se fundamentarán principios, funcionamiento, desempeño y referentes de las NARNNs, LSTMs, y GRUs.

Se evaluará el desempeño de la arquitectura de DWT-NARNN presentada por Fathi, Asmaa Y. et al. [3] y LSTM presentada por Adusumilli, R. [1], y los modelos NARNN, DWT-LSTM, GRU, DWT-GRU en la predicción de series de tiempo no estacionarias conformadas por los precios de las acciones de empresas que han cotizado en la Bolsa Mexicana de Valores en un rango de tiempo que va de *01-01-2016* al *31-12-2023* a fin de mostrar englobar un espacio lo suficientemente amplio para que se puedan observar cambios significativos. Las empresas que tomaremos en cuenta para el estudio serán los precios de cierre semanal de las siguientes emisoras con clave y razón social:

- **ACTINVRB** CORPORACION ACTINVER, S.A.B. DE C.V.
- **BBAJIOO** BANCO DEL BAJÍO, S.A., INSTITUCIÓN DE BANCA MÚLTIPLE
- **BOLSAA** BOLSA MEXICANA DE VALORES, S.A.B. DE C.V.
- **CREAL** CREDITO REAL, S.A.B. DE C.V., SOFOM, E.N.R.
- **FINAMEXO** CASA DE BOLSA FINAMEX, S.A.B. DE C.V.
- **FINDEP** FINANCIERA INDEPENDENCIA, S.A.B. DE C.V. SOFOM, E.N.R.
- **GBMO** CORPORATIVO GBM, S.A.B. DE C. V.
- **GENTERA** GENTERA, S.A.B. DE C.V.
- **GFINBURO** GRUPO FINANCIERO INBURSA, S.A.B. DE C.V.
- **GFMULTIO** GRUPO FINANCIERO MULTIVA S.A.B. DE C.V.
- **GFNORTEO** GRUPO FINANCIERO BANORTE, S.A.B DE C.V.
- **GNP** GRUPO NACIONAL PROVINCIAL, S.A.B.
- **GPROFUT** GRUPO PROFUTURO, S.A.B. DE C.V.
- **INVEXA** INVEX CONTROLADORA, S.A.B. DE C.V.
- **PROCORP** PROCORP, S.A.B. DE C.V.
- **PV** PEÑA VERDE S.A.B.
- **Q** QUÁLITAS CONTROLADORA, S.A.B. DE C.V.
- **UNIFINA** UNIFIN FINANCIERA, S.A.B. DE C.V.
- **VALUEGFO** VALUE GRUPO FINANCIERO, S.A.B. DE C.V.

Estos datos se podrán recuperar del sitio *investing.com*.

Para la implementación, se tomarán los datos en lotes de ocho semanas como entrada para cada uno de los modelos obteniendo la predicción el valor de la acción en la novena semana. Después, se hará un corrimiento de uno en la serie, de manera que se tomaran las siguientes ocho semanas para predecir la consecuente novena y así sucesivamente. Aunado a este estudio, se tomarán únicamente los primeros ocho valores del conjunto de datos, de manera que en cada iteración de la predicción se integre el valor que se predijo en el paso anterior, así obteniendo el pronóstico de la semana  $t$  a partir de los  $t - 8$  que son los que la red predijo en las ocho iteraciones anteriores.

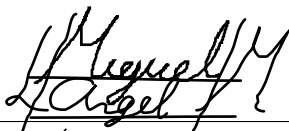
Mencionado lo anterior, la combinación de una red recurrente y la técnica de DWT implica una mejora significativa a la capacidad de la red para capturar patrones en los datos. La DWT puede ayudar a resaltar características importantes como tendencias y patrones periódicos, lo que puede hacer que RNN sea más efectiva. Mientras que la red RNN presenta una ventaja ante los otros modelos por su estructura basada en recordar información importante y el estado de la celda (*cell state*), que permite que su unidad básica, la celda, procese nuevos datos con información de iteraciones anteriores, dando pie a un estudio mucho más detallado. Al utilizar la DWT como una técnica de preprocesamiento, una red recurrente puede concentrarse en aprender patrones de alto nivel en los datos descompuestos, lo que puede conducir a una mejor generalización y rendimiento en conjuntos de datos nuevos o desconocidos.

# Temario

1. Introducción
2. Técnicas de descomposición de señales
3. Redes Neuronales para análisis de series de tiempo
  - a) Redes Neuronales Auto-regresivas
  - b) Redes Neuronales LSTM
  - c) Redes Neuronales GRU
4. Construcción del modelo
5. Proceso de entrenamiento
6. Evaluación de desempeño
7. Conclusiones

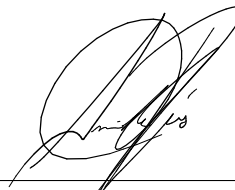
# Referencias

- [1] Roshan Adusumilli. “Machine Learning to Predict Stock Prices”. En: *Towards Data Science* (2019). URL: <https://towardsdatascience.com/predicting-stock-prices-using-a-keras-lstm-model-4225457f0233>.
- [2] Kyunghyun Cho et al. “Learning Phrase Representations using RNN Encoder-Decoder for Statistical Machine Translation”. En: *Association for Computational Linguistics* (2014). eprint: [arXiv:1406.1078](https://arxiv.org/abs/1406.1078).
- [3] Asmaa Y. Fathi, Ihab A. El-Khodary y Muhammad Saafan. “A Hybrid Model Combining Discrete Wavelet Transform and Nonlinear Autoregressive Neural Network for Stock Price Prediction: An Application in the Egyptian Exchange”. En: *Revue d’Intelligence Artificielle* 37.1 (feb. de 2023), págs. 15-21. DOI: [10.18280/ria.370103](https://doi.org/10.18280/ria.370103).
- [4] A. W. Galli, G. T. Heydt y P. F. Ribeiro. “Exploring the power of wavelet analysis”. En: *IEEE Spectrum* 9.4 (1996), págs. 0–41. DOI: [10.1109/67.539845](https://doi.org/10.1109/67.539845).
- [5] Felix A Gers, Jürgen Schmidhuber y Fred Cummins. “Learning to Forget: Continual Prediction with LSTM”. En: *Neural Computation* 12.10 (2000), págs. 2451-2471. DOI: [10.1162/089976600300015015](https://doi.org/10.1162/089976600300015015).
- [6] Sepp Hochreiter y Jürgen Schmidhuber. “Long Short-Term Memory”. En: *Neural Computation* 9.8 (1997), págs. 1735-1780. DOI: [10.1162/neco.1997.9.8.1735](https://doi.org/10.1162/neco.1997.9.8.1735).
- [7] Deniz Kenan Kılıç y Ömür Uğur. “Hybrid wavelet-neural network models for time series”. En: *Applied Soft Computing* 144 (2023), pág. 110469. ISSN: 1568-4946. DOI: [10.1016/j.asoc.2023.110469](https://doi.org/10.1016/j.asoc.2023.110469). URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1568494623004878>.
- [8] Deniz Kenan Kılıç y Ömür Uğur. “Hybrid wavelet-neural network models for time series”. En: *Applied Soft Computing* 144 (2023), pág. 110469. ISSN: 1568-4946. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2023.110469>. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1568494623004878>.
- [9] S G Mallat. “A theory for multiresolution signal decomposition: The wavelet representation”. En: *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence* 11.7 (1989), págs. 674-693. DOI: [10.1109/34.192463](https://doi.org/10.1109/34.192463).



---

Miguel Ángel Liera Montaña  
miguelliera@ciencias.unam.mx  
5513968312



---

Dra. Verónica Esther Arriola Ríos  
v.arriola@ciencias.unam.mx  
56225426 #25426