

DOCTORADO EN ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS MENCIÓN MATEMÁTICA

**Universidad Nacional del Centro de la Provincia de
Buenos Aires**

Facultad de Ciencias Exactas

Departamento de Formación Docente

**Núcleo de Investigación en Educación en Ciencia y
Tecnología (NIECyT)**

TESIS DOCTORAL

“Título”

**Doctorando
Tandil, Mes de Año**



**FACULTAD DE CIENCIAS
EXACTAS**
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CENTRO
DE LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES



DEC DOCTORADO
EN ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS
MENCIÓN MATEMÁTICA Y FÍSICA

DOCTORADO EN ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS MENCIÓN MATEMÁTICA

TESIS DOCTORAL

“Título de la Tesis”

Tesis Doctoral realizada por la o él título máximo Nombre y Apellido para optar por el título de Doctor en Enseñanza de las Ciencias, Mención Matemática/Física, con la dirección del Dr. Nombre y apellido y la codirección de la Nombre y apellido

Tandil, Mes de Año.

**DOCTORADO EN ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS
MENCIÓN MATEMÁTICA**

TESIS DOCTORAL

“Titulo”

(firma)

Nombre y apellido del doctorando

(firma)

Director: Dr. Nombre y Apellido

(firma)

Codirector: Dra. Nombre y Apellido

Dedicatoria (Opcional)

Agradecimientos (opcional)

ÍNDICE (ESTOS TÍTULOS SON solo UN EJEMPLO)

RESUMEN	1-1
ABSTRACT	1-3
RÉSUMÉ	1-5
CAPÍTULO 1:	INTRODUCCIÓN Y PRESENTACIÓN DEL PROBLEMA 1-7
1.1. INTRODUCCIÓN	1-7
1.2. INICIOS DEL CÁLCULO VECTORIAL EN LA HISTORIA DE LA CIENCIA	1-8
1.3. ENSEÑANZA DEL CÁLCULO VECTORIAL EN CARRERAS DE INGENIERÍA	1-16
1.4. OBJETIVOS GENERALES	1-20
1.4.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	1-20
1.5. PREGUNTAS DE LA INVESTIGACIÓN	1-20
CAPÍTULO 2:	MARCO TEÓRICO 2-22
2.1. LA TEORÍA ANTROPOLÓGICA DE LO DIDÁCTICO (TAD)	2-22
2.2. LOS RECORRIDOS DE ESTUDIO E INVESTIGACIÓN (REI)	2-26
2.3. LOS REI EN LA UNIVERSIDAD	2-28
2.4. LA PREGUNTA GENERATRIZ (Q)	2-31
2.5. TOPOGÉNESIS, CRONOGÉNESIS Y MESOGÉNESIS	2-33
2.6. LAS DIALÉCTICAS EN LA TAD	2-36
2.7. LA PEDAGOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN Y DEL CUESTIONAMIENTO DEL MUNDO (PICM)	2-39
CAPÍTULO 3:	METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN 3-41
3.1. METODOLOGÍA Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	3-41
3.2. RECOLECCIÓN DE LOS DATOS DURANTE EL REI	3-42
3.3. CARACTERÍSTICAS DE LA OD EN LA QUE SE DESARROLLARÁ EL REI	3-43
3.4. ACUERDOS QUE SE ESTABLECEN EL AULA PARA EL DESARROLLO DEL REI	3-45
3.5. DECISIONES RELATIVAS AL ANÁLISIS DEL REI	3-47
CAPÍTULO 4:	NIVELES DE CODETERMINACIÓN DIDÁCTICA 4-49
4.1. ANÁLISIS DE LOS NIVELES DE CODETERMINACIÓN DIDÁCTICA	4-49
4.2. NIVEL HUMANIDAD ↔ CIVILIZACIÓN	4-49
4.3. NIVEL SOCIEDAD	4-52
4.4. NIVEL ESCUELA	4-54
4.5. NIVEL PEDAGOGÍA ↔ DIDÁCTICA	4-58
4.6. NIVEL DISCIPLINA	4-60
CAPÍTULO 5:	LA PREGUNTA GENERATRIZ 5-65
5.1. LA PREGUNTA GENERATRIZ Y LA EDUCACIÓN AMBIENTAL	5-65
5.2. LA CONSTRUCCIÓN SUSTENTABLE	5-71
5.3. MODELO PRAXEOLÓGICO DE REFERENCIA	5-74
CAPÍTULO 6:	DESCRIPCIÓN DEL REI 6-78
6.1. DESCRIPCIÓN DEL REI IMPLEMENTADO	6-78
6.2. DESCRIPCIÓN DE LAS CLASES	6-80
6.2.1. CLASE 1	6-80
6.2.2. CLASE 2	6-85
6.2.3. CLASE 3	6-101

6.2.4. CLASE 4	6-105
6.2.5. CLASE 5	6-115
6.2.6. CLASE 6	6-125
6.2.7. CLASE 7	6-130
6.2.8. CLASE 8	6-132
6.2.9. CLASE 9	6-137
6.3. EXPOSICIÓN FINAL DE LOS GRUPOS	6-141
6.4. ACREDITACIÓN DE LA ASIGNATURA	6-145
6.5. CUESTIONARIO A LOS ESTUDIANTES	6-146
 CAPÍTULO 7:	 ANÁLISIS DEL REI
	7-156
7.1. ANÁLISIS DE LA OM Y OF ENCONTRADAS	7-156
7.2. ANÁLISIS DE LAS FUNCIONES DIDÁCTICAS: TOPOGÉNESIS, MESOGÉNESIS Y CRONOGÉNESIS	7-160
7.3. ANÁLISIS DE LAS DIALÉCTICAS	7-168
 CAPÍTULO 8:	 CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS
	8-181
8.1. CONCLUSIONES	8-181
8.1.1. ORGANIZACIONES MATEMÁTICAS Y ORGANIZACIONES FÍSICAS ENCONTRADAS	8-181
8.1.2. FUNCIONES DIDÁCTICAS: TOPOGÉNESIS, CRONOGÉNESIS Y MESOGÉNESIS	8-186
8.1.3. DIALÉCTICAS	8-187
8.2. CONCLUSIONES RELATIVAS A LAS PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN	8-189
8.2.1. ¿QUÉ DIFICULTADES Y RESTRICCIONES CONDICIONAN LA INTRODUCCIÓN DE LA PEDAGOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN Y DEL CUESTIONAMIENTO DEL MUNDO EN LA UNIVERSIDAD?	8-189
8.2.2. ¿QUÉ VENTAJAS Y DESVENTAJAS TIENE IMPLEMENTAR UNA ENSEÑANZA POR REI CODISCIPLINAR EN LA UNIVERSIDAD PARA LA ENSEÑANZA DEL CÁLCULO VECTORIAL EN CARRERAS DE INGENIERÍA?	8-192
8.2.3. ¿QUÉ OM SE ENCUENTRAN A PARTIR DE LA IMPLEMENTACIÓN DE UN REI PARA LA ENSEÑANZA DEL CÁLCULO VECTORIAL EN CARRERAS DE INGENIERÍA?	8-193
8.2.4. ¿CÓMO FUNCIONAN LA TOPOGÉNESIS, LA CRONOGÉNESIS Y LA MESOGÉNESIS DURANTE LA IMPLEMENTACIÓN DE UN REI EN LA UNIVERSIDAD?	8-195
8.2.5. ¿CÓMO SE DESARROLLAN LAS DIFERENTES DIALÉCTICAS QUE SON ESENCIALES PARA LA GESTIÓN DE UN REI CODISCIPLINAR?	8-195
8.3. PERSPECTIVAS	8-196
 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	 8-198
 ANEXOS	 8-208

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 2-1: PRAXEOLOGÍA	2-25
FIGURA 2-2: FUNCIONES DIDÁCTICAS	2-35
FIGURA 2-3: VINCULACIÓN ENTRE LAS FUNCIONES DIDÁCTICAS	2-35
FIGURA 4-1: CAMPUS VIRTUAL DE LA FI UNLP	4-64
FIGURA 5-1 DIMENSIONES DE LA SUSTENTABILIDAD	5-71
FIGURA 5-2 OBJETIVOS DE LA CONSTRUCCIÓN SUSTENTABLE	5-71
FIGURA 5-3: MODELO PRAXEOLÓGICO DE REFERENCIA	5-77
FIGURA 6-1: IMÁGENES DE HANGARES TÍPICOS LLEVADAS POR LOS ALUMNOS A LA CLASE	6-82
FIGURA 6-2: PROTOCOLO DEL G1. DESCRIPCIÓN MATEMÁTICA DEL HANGAR TÍPICO	6-84
FIGURA 6-3: PROTOCOLO DEL G4 (TECHO DEL HANGAR, A= 80 METROS). DESCRIPCIÓN MATEMÁTICA DEL HANGAR TÍPICO	6-85
FIGURA 6-4: HANGAR DOMO	6-86
FIGURA 6-5: PROTOCOLO DEL G1. CÁLCULO DEL VOLUMEN ENCERRADO POR EL HANGAR TÍPICO.	6-87
FIGURA 6-6: PROTOCOLO G6 Y G7. CÁLCULO DE LOS VOLÚMENES DE LOS HANGARES.	6-88
FIGURA 6-7: PROTOCOLO G3. CÁLCULO DEL VOLUMEN DEL HANGAR DOMO MEDIANTE INTEGRAL TRIPLE Y COORDENADAS ESFÉRICAS.	6-89
FIGURA 6-8: FORMA DEL EDIFICIO SELECCIONADO POR EL G9	6-90
FIGURA 6-9: PROTOCOLO DEL G4. CÁLCULO DEL ÁREA SUPERFICIAL DEL TECHO	6-92
FIGURA 6-10: PROTOCOLO G1. CÁLCULO DEL ÁREA SUPERFICIAL DEL HANGAR TÍPICO	6-94
FIGURA 6-11: PROTOCOLOS DE G7. CÁLCULO DE ÁREAS DE SUPERFICIES RELATIVAS A LOS DOS EDIFICIOS.	6-96
FIGURA 6-12: PROTOCOLO G6. CÁLCULO DEL ÁREA DE LA SUPERFICIE DEL HANGAR DOMO.	6-97
FIGURA 6-13: PROTOCOLO G9. ÁREA DE LA SUPERFICIE DEL HANGAR SEMI ELIPSOIDE.	6-98
FIGURA 6-14: REPRESENTACIONES GRÁFICAS QUE REALIZAN LOS ESTUDIANTES. IDENTIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE FENÓMENOS NATURALES.	6-103
FIGURA 6-15: PROTOCOLO G4. IDENTIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE VARIABLES FÍSICAS.	6-105
FIGURA 6-16: EJEMPLOS DE FLUJOS DE FLUIDOS	6-107
FIGURA 6-17: FLUJO A TRAVÉS DE UNA SUPERFICIE	6-108
FIGURA 6-18: (A) PROTOCOLO DE ALUMNOS. FLUJO DE UN CAMPO CONSTANTE A TRAVÉS DE LAS CARAS DE UN CUBO	6-111
FIGURA 6-19: (B) PROTOCOLO DE ALUMNOS. FLUJO DE UN CAMPO CONSTANTE A TRAVÉS DE LAS CARAS DE UN CUBO	6-112
FIGURA 6-20: PROTOCOLO ESTUDIANTES. FLUJO A TRAVÉS DE LA FRONTERA DE LA CAJA	6-114
FIGURA 6-21: PROTOCOLO G4. FLUJO A TRAVÉS DE LA FRONTERA DE LA CAJA. CASO 2.	6-114
FIGURA 6-22: PROTOCOLO G2. FLUJO. CAMPO VECTORIAL: LLUVIA.	6-117
FIGURA 6-23: PROTOCOLO G2. FLUJO DE LLUVIA. EJEMPLO DE CAMPO VECTORIAL, UTILIZANDO UN SOFTWARE MATEMÁTICO.	6-118
FIGURA 6-24: PROTOCOLO G4. FLUJO DE CALOR.	6-119
FIGURA 6-25: PROTOCOLO G7. FLUJO NETO HACIA EL EXTERIOR DE UN PARALELEPÍPEDO INFINITESIMAL.	6-124
FIGURA 6-26: PROTOCOLO ESTUDIANTE. FLUJO DE CALOR. MAGNITUDES FÍSICAS.	6-129
FIGURA 6-27: EJEMPLOS DE FLUJOS DE CIRCULACIÓN DE AIRE.	6-134
FIGURA 6-28: PROTOCOLO G7. DESCRIPCIÓN DE CURVAS EN EL INTERIOR DE LOS HANGARES.	6-135
FIGURA 6-29: PROTOCOLO G1. CIRCULACIÓN DE UN CAMPO VECTORIAL ALREDEDOR DE UN RECTÁNGULO INFINITESIMAL	6-139

FIGURA 6-30: REGIÓN CUALQUIERA LIMITADA POR UNA CURVA C. CIRCULACIÓN ALREDEDOR DE C.	6-140
FIGURA 6-31: RUEDA EXPLORADORA.	6-141
FIGURA 6-32: RESPUESTAS A LA PREGUNTA A DEL CUESTIONARIO. PORCENTAJE DE LOS MEDIAS UTILIZADOS POR LOS ALUMNOS.	6-148
FIGURA 6-33: RESPUESTAS A LA PREGUNTA B DEL CUESTIONARIO. PORCENTAJE DE INTERÉS DE LOS ALUMNOS A LA PREGUNTA GENERATRIZ	6-148
FIGURA 7-1: RELACIÓN ENTRE LAS DIALÉCTICAS Y LAS FUNCIONES DIDÁCTICAS	7-168
FIGURA 7-2: A. PROTOCOLO DE ESTUDIANTES. DIALÉCTICA D1 P&R.	7-171
FIGURA 7-3: B. PROTOCOLO DE ESTUDIANTES. DIALÉCTICA D1 P&R.	7-171
FIGURA 7-4: D2 I&C (PÁGINA 81, ANEXO 2).	7-172
FIGURA 7-5: A. PROTOCOLO DE ESTUDIANTES. DIALÉCTICA D4 ET&ST.	7-173
FIGURA 7-6: B. PROTOCOLO DE ESTUDIANTES. DIALÉCTICA D4 ET&ST.	7-174
FIGURA 7-7: DIALÉCTICA D5 P&BT EN EL REI.	7-176
FIGURA 7-8: DIALÉCTICA D6 CN&CC	7-177
FIGURA 7-9: DIALÉCTICA D6 CN&CC	7-177
FIGURA 7-10: DIALÉCTICA D7 C&P	7-178
FIGURA 7-11: DIALÉCTICA D9 D&R	7-180
FIGURA 8-1: RECORRIDO DE ESTUDIO E INVESTIGACIÓN DESARROLLADO	8-185

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 3-1: CARACTERÍSTICAS DE LOS ESTUDIANTES DEL CURSO	3-45
TABLA 3-2: TABLA PRAXEOLOGÍA CLASE I. OM Y OF ESTUDIADA.	3-48
TABLA 3-3: TABLA FUNCIONES DIDÁCTICAS. CLASE I	3-48
TABLA 4-1: ASIGNATURAS DEL ÁREA MATEMÁTICA Y FÍSICA DEL CB EN FI UNLP	4-58
TABLA 4-2: CONTENIDOS DEL PLAN DE ESTUDIOS DE LA ASIGNATURA MATEMÁTICA B.	4-61
TABLA 4-3: CRONOGRAMA DE CLASES PROPUESTOS EN LA INSTITUCIÓN EN LOS CURSOS DE MATEMÁTICA B	4-62
TABLA 6-1: CRONOGRAMA MB - REI	6-79
TABLA 6-2: CANTIDAD DE GRUPOS Y DE ALUMNOS POR GRUPO FORMADOS PARA EL DESARROLLO DEL REI	6-79
TABLA 6-3: CLASIFICACIÓN DE LOS HANGARES POR LA DISTANCIA QUE SE DEJA PARA LA ENTRADA DE AVIONES.	6-82
TABLA 6-4: DESCRIPCIÓN MATEMÁTICA DE LOS EDIFICIOS SELECCIONADOS POR LOS GRUPOS DE ESTUDIANTES	6-84
TABLA 6-5: PROTOCOLO G4. ENERGÍA QUE PROVEEN LOS PANELES SOLARES SEGÚN SEA EL EDIFICIO.	6-99
TABLA 6-6: SITUACIÓN: FLUJO DE TEMPERATURA. VALORES HALLADOS POR LOS ESTUDIANTES.	6-128
TABLA 6-7: OPERACIONES VECTORIALES	6-130
TABLA 6-8: OPERADOR NABLA Y OPERACIONES CON ESTE OPERADOR	6-132
TABLA 6-9: RESPUESTAS DE ALGUNOS GRUPOS A LA PREGUNTA GENERATRIZ.	6-145
TABLA 6-10: RESPUESTAS DE LOS ESTUDIANTES A LA PREGUNTA ¿CÓMO FUE TU PARTICIPACIÓN Y CUÁL TU APOORTE MÁS SIGNIFICATIVO EN EL GRUPO EN EL QUE TRABAJASTE?	6-150
TABLA 6-11: RESPUESTAS DE LOS ESTUDIANTES A LA PREGUNTA ¿CUÁL CONSIDERAS QUE FUE TU ROL Y TU APOORTE MÁS SIGNIFICATIVO EN LAS CLASES?	6-151
TABLA 6-12: RESPUESTAS DE LOS ESTUDIANTES A LA PREGUNTA CUÁLES VENTAJAS Y DESVENTAJAS CONSIDERAS QUE RESULTARON DE ESTUDIAR EL CÁLCULO VECTORIAL A PARTIR DE BUSCAR RESPUESTAS A LA PREGUNTA: ¿CÓMO CONSTRUIR EDIFICACIONES SUSTENTABLES?	6-153
TABLA 6-13: RESPUESTAS DE LOS ESTUDIANTES A LA PREGUNTA: ¿CUÁL ES TU REFLEXIÓN FINAL SOBRE LA EXPERIENCIA?	6-155
TABLA 7-1: OM Y OF ESTUDIADAS DURANTE EL REI	7-158
TABLA 7-2: FUNCIONES DIDÁCTICAS QUE GESTIONARON EL DESARROLLO DEL REI	7-168
TABLA 7-3: DIALÉCTICAS IDENTIFICADAS EN EL DESARROLLO DEL REI	7-170

Resumen

Abstract

Résumé