



Bellavista, 10 de mayo, 2022

Señor(a):

RESOLUCIÓN DECANAL N° 060-2022-D-FCNM. - Bellavista, 10 de mayo, 2022.- EL DECANO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO

Visto el Oficio N°21-2022-UI-FCNM, con fecha Bellavista 13 de abril del 2022, por medio del cual el Bachiller en FÍSICA ARTEAGA TUPIA, Martín Dionisio, solicita Aprobar Proyecto de Tesis para titulación profesional con el fin de titularse por la modalidad de tesis sin ciclo de tesis.

CONSIDERANDO:

Que, mediante Resolución del Consejo Universitario N° 245-2018-CU de fecha 30 de octubre del año 2018, se aprobó el Reglamento de Grados y Títulos de Pregrado de la Universidad Nacional del Callao;

Que, en el Art. 73° del precitado Reglamento, establece los requisitos y procedimientos para solicitar aprobación del Proyecto de tesis, sin Ciclo de Tesis, designación de Jurado Evaluador y del Profesor Asesor;

Que, mediante los Artículos 24°, 25° y 26° del Capítulo I JURADOS PARA LA OBTENCIÓN DEL GRADO ACADÉMICO DE BACHILLER, TÍTULO PROFESIONAL, TÍTULO DE SEGUNDA PROFESIÓN O TÍTULO DE SEGUNDA ESPECIALIDAD PROFESIONAL del acotado Reglamento, establecen que el Jurado Evaluador es propuesto por el Comité Directivo de la Unidad de Investigación de la Facultad, los docentes miembros deben ser nombrados o contratados a TC o DE y debe estar integrado por tres (03) docentes titulares y un (01) docente suplente; el presidente, es el docente ordinario de mayor categoría y antigüedad entre los miembros propuestos; el secretario y vocal son designados en orden de prelación decreciente; el profesor asesor elegido por el bachiller en este caso es el profesor **Mg. EDUARDO FRANCO, Sotelo Bazán;**

Que, estando vigente el Estado de Emergencia Nacional y de Aislamiento Social Obligatorio establecido en el marco del Decreto de Urgencia N° 026-2020 por las graves circunstancias que afectan la vida de la Nación a consecuencia del brote del COVID-19. Se ha emitido la Resolución de Consejo Universitario N° 068-2020-CU, de fecha 25 de marzo de 2020, mediante la cual se resuelve “autorizar con eficacia anticipada, del 16 de marzo de 2020, y hasta que concluya el estado de emergencia nacional, la modificación del lugar de la prestación de servicios docentes y administrativos;

Que, en efecto, corrido el trámite de la solicitud del recurrente, el Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ciencias Naturales y Matemática, mediante Oficio N° 21-2022-UI-FCNM recibido en forma virtual el 13 de abril de 2022, comunica que el Proyecto de Investigación del graduando ha sido evaluado por el Comité Directivo de la Unidad de Investigación, consecuentemente se encuentra óptimo en cuanto a los requisitos señalados por las directivas vigentes proponiendo, al mismo tiempo, el Jurado Evaluador del Proyecto de Investigación titulado: **“EXTENSIONES CONFORMES MÍNIMAS DEL MODELO ESTANDAR DE LA FÍSICA DE PARTÍCULAS PARA EXPLICAR EL MOMENTO MAGNÉTICO ANÓMALO DEL MUÓN”**

Estando al documento del visto y lo glosado, con cargo a dar cuenta al Consejo de Facultad; y, en uso de las atribuciones le confiere el Artículo 187° y 189° del Estatuto de la Universidad Nacional del Callao y al numeral; 70.2 del Art. 70° de la Ley Universitaria, Ley N° 30220;

RESUELVE:

1° **DESIGNAR**, Jurado Evaluador de Proyecto de Tesis, para obtener el título profesional de Licenciado en Física, por la modalidad de tesis sin ciclo de tesis, titulado: **“EXTENSIONES CONFORMES MÍNIMAS DEL MODELO ESTANDAR DE LA FÍSICA DE PARTÍCULAS PARA EXPLICAR EL MOMENTO MAGNÉTICO ANÓMALO DEL MUÓN”** presentado por el Bachiller ARTEAGA TUPIA, Martín Dionisio, Jurado que está integrado por los siguientes profesores:

Dr. Espichan Carrillo, Jorge Abel	: Presidente
Dr. Flores Vega, Walter	: Secretario
Dr. Janampa Añaños, Garin Fedor	: Vocal

2° **PROPONER**, al Magister Eduardo Franco Sotelo Bazán, como Asesor de tesis.

3° **RECOMENDAR**, que dicho Jurado debe remitir su dictamen colegiado al Decano de la Facultad, dentro del plazo máximo de quince (15) días calendarios, contados a partir de la fecha de recepción del expediente y de la presente Resolución, de acuerdo con las normas reglamentarias vigentes sobre la materia.

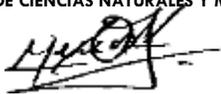
4º. **TRANSCRIBIR**, la presente Resolución al Jurado Evaluador, profesor asesor, Escuela Profesional y Departamento Académico de Matemática, Unidad de Investigación e interesado, para conocimiento y fines.

REGÍSTRESE, COMUNÍQUESE Y ARCHÍVESE

Fdo. **Dr. JUAN ABRAHAM MÉNDEZ VELÁSQUEZ**. -Decano y Presidente del Consejo de Facultad de la Facultad de Ciencias Naturales y Matemática de la Universidad Nacional del Callao.

Fdo. **Mg. GUSTAVO ALBERTO ALTAMIZA CHÁVEZ**.-Secretario Académico
Lo que transcribo a usted para los fines pertinentes.

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICA



Dr. Juan Abraham Méndez Velásquez
Decano



PROVEÍDO N° 213-2022-D-FCNM

Ref. : **Oficio N° 21-2022-UI-FCNM**
Designación de Jurado de Proyecto de Tesis
Bach. Arteaga Tupia Martín Dionisio
Escuela Profesional de Física
Expediente: N° 989-2021-MP-FCNM (11 folios)

PASE, el documento de la referencia, a la **Oficina de Secretaría Académica de la FCNM**, para su conocimiento y expedición de la resolución correspondiente.

Bellavista, 16 de abril de 2022

Atentamente,

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICA



Dr. Juan Abraham Méndez Velásquez
Decano

JAMV/hc
📁 Archivo



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICA
UNIDAD DE INVESTIGACION

FOLIO 11



“Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional”

Bellavista, 13 de abril, 2022

OFICIO N° 21-2022-UI-FCNM

Señor Doctor

JUAN A. MÉNDEZ VELÁSQUEZ

Decano de la Facultad de Ciencias Naturales y Matemática

Presente. -

Asunto: Levantamiento de observaciones del Proyecto de Tesis del Bachiller ARTEAGA TUPIA MARTÍN DIONISIO.

Referencia: Proveído N° 194-2022-D-FCNM
Evaluación del Proyecto de Tesis (Pre Grado)
Escuela Profesional de Física Expediente
N° 989.2021-MP-FCNM (09 folios)

De mi consideración:

Tengo a bien saludarlo por medio del presente y a la vez informarle que, el director de la Unidad de Investigación de la FCNM, después de revisar las observaciones levantadas del Proyecto de Tesis por el bachiller Martin Dionisio Arteaga Tupia, resuelve lo siguiente:

1. Designar el **Jurado Evaluador de Tesis** para titulación profesional, integrado por:
 - Dr. Espichan Carrillo, Jorge Abel : Presidente
 - Dr. Janampa Añaños, Garin Fedor: Vocal
 - Dr. Flores Vega, Walter : Secretario
 - Dr. Toribio Saavedra, Richard Saul: Suplente

para emitir opinión sobre el proyecto de tesis, “**EXTENSIONES CONFORMES MÍNIMAS DEL MODELO ESTANDAR DE LA FÍSICA DE PARTÍCULAS PARA EXPLICAR EL MOMENTO MAGNÉTICO ANÓMALO DEL MUÓN**” presentado, por el bachiller **Martin Dionisio Arteaga Tupia** de la Escuela Profesional de Física.

2. Proponer al magister Eduardo Franco Sotelo Bazán, como Asesor de tesis.
3. Inscribir en el Libro de Registro de Tesis de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ciencias Naturales y Matemática, una vez emitida la Resolución Decanal de aprobación correspondiente.

En tal sentido, se devuelve a su Despacho, el Expediente **N° 989.2021-MP-FCNM** (09 folios, el último folio es el Prov. N° 194-2022-D-FCNM), así como el Proyecto de Investigación corregido de 21 páginas, en archivo virtual, para el trámite consiguiente.

Sin otro particular, quedo de usted,

Atentamente,

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y
MATEMÁTICA



Dr. WHUALKUER LOZANO BARTRA
Director



PROVEÍDO N° 194-2022-D-FCNM

Ref. : Solicitud de Tesis
Bach. ARTEAGA TUPIA, MARTÍN DIONICIO
Levantamiento de observaciones - EPF
Expediente N° 989-2021-MP-FCNM (09 Folios)

PASE, el documento de la referencia, en archivo virtual a la **Unidad de Investigación de la FCNM** para su atención, debiendo devolverse, sin mutilaciones, para el trámite consiguiente.

Bellavista, 07 de abril de 2022

Atentamente,

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICA



Dr. Juan Abraham Méndez Velásquez
Decano

FORMATO DE TRÁMITE ACADÉMICO - ADMINISTRATIVO

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO

“FORMAR AL HOMBRE CIENTÍFICA, TÉCNICA Y CULTURALMENTE PARA UN MUNDO MEJOR”

DIRIGIDO A: **Dr. Juan Méndez Velásquez**
Decano de la Facultad de Ciencias Naturales y Matemática

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
MESA DE PARTES - FCNM
RECIBIDO
FECHA: 07.04.2022 HORA: 5:22p.m.
EXP. : 989-2021-MP-FCNM

DATOS DEL RECURRENTE (LETRA IMPRENTA)

NOMBRES: Martín Dionisio D.N.I.: 45471685
 APELLIDOS: Arteaga Tupia CODIGO: 042988E
 FACULTAD: Ciencias Naturales y Matemática ESCUELA: Física
 DOMICILIO: Calle1, Mz. "F" Lote 16, Coop. Viv. Primavera CORREO: martin.arteaga777@gmail.com
 TELEFONO: 5360369 CELULAR: 931644078

RELACIÓN CON I.A UNAC: DOCENTE ALUMNO EGRESADOS OTROS

- | | | |
|----------------------------------------------------------------|----------------------------------------|----------------------------------------------------------|
| 1. Constancia de Egresado. | 11. Diploma Título Profesional Informe | 24.- Revisión Examen Asignatura |
| 2. Diploma Grado de Bachiller. | 12.- Acta Adicional | 25.- Transcripción Resolución |
| 3. Aprobación Proyecto Tesis | 13.- Certificado de Estudios | 26.- Cambio de Asesor |
| 4. Designación de Jurado de Tesis | 14.- Retiro Total de Matrícula | 27.- Completar Expediente |
| 5. Expedito para Sustentación y fecha de Sustentación de Tesis | 15.- Retiro Parcial de Matrícula | 28.- Autorización Título Profesional de otra Universidad |
| 6. Diploma de Título Profesional | 16.- Fraccionamiento de Matrícula | 29.- Diploma de Grado Académico Maestro y Doctor |
| 7. Inscripción Ciclo Actualización Profesional (CAP) | 17.- Constancia de Matrícula | 30.- Otros |
| 8. Examen Final CAP | 18.- Duplicado de Syllabus | |
| 9. Diploma Título Profesional por Tesis | 19.- Reconsideración de Convalidación | |
| 10. Aprobar y Sustentación Informe de Experiencia Laboral | 20.- Levantamiento de Observaciones | |
| | 21.- Devolución de documentos | |
| | 22.- Devolución de Dinero | |
| | 23.- Subsanación | |

Trámite a realizar:

ESCRIBE EL N° DEL TRÁMITE A REALIZAR 20

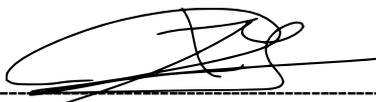
DETALLE DE LA SOLICITUD:

Solicito Levantamiento de Observaciones para la aprobación del proyecto de tesis, designación de Jurado Revisor y del docente asesor Mg. Eduardo Franco Sotelo Bazán.

DECLARACIÓN JURADA SIMPLE

Yo, Martín Dionisio Arteaga Tupia con DNI N° 45471685 declaro que los datos y documentos adjuntos son legalmente válidos y corresponden al tenor de la solicitud.

Bellavista, 07 de Abril, 2022



FIRMA

ADJUNTO: _____

- Un (01) archivo con Respuestas a las Observaciones realizadas en el OFICIO No 101-2021-UI-FCNM.
- PROVEÍDO No 03-2022-D-FCNM
- OFICIO No 101-2021-UI-FCNM
- PROVEÍDO No 433-2021-D-FCNM
- Solicitud de Fecha 15/12/21
- Fotocopia simple del Grado de Bachiller (ambos lados).
- Recibo de pago emitido por la Oficina de Tesorería, por derecho de asesoría académica para Titulación Profesional por tesis.
- Un (01) archivo con el proyecto de tesis Observado.
- Un (01) archivo con el proyecto de tesis con las Observaciones Levantadas.

Anexo: Respuesta a las Observaciones realizadas en el OFICIO No 101-2021-UI-FCNM

Bach. Martín D. Arteaga Tupia

7 de abril de 2022

1. Levantamiento a las Observaciones realizadas en el OFICIO No 101-2021-UI-FCNM

- La caratula fue ajustada a la [Directiva 013 - 2018 - R.](#)
- Fue incluida la página de Información Básica.
- Fueron incluidas las Limitantes del Proyecto de Investigación.
- En los Antecedentes ya estaban incluidas las referencias internacionales y nacionales. La [Directiva 013 - 2018 - R](#) no indica que deba existir una subdivisión entre ellas.
- El Marco Conceptual fue incluido según [Directiva 013 - 2018 - R.](#)
- Fue incluida la Definición de Términos Básicos según cita textualmente la [Directiva 013 - 2018 - R.](#)
- No es requerida debido a la naturaleza de la investigación.
- No es requerida debido a la naturaleza de la investigación.
- Según estipula textualmente la [Directiva 013 - 2018 - R](#) el cronograma debe ser realizado en meses y no semanas. Esto es soportado en las Bases Legales de la misma Directiva, por lo tanto la observación realizada no aplica.
- No figurando Partidas establecidas de ningún tipo en la [Directiva 013 - 2018 - R](#), ni en sus Bases Legales, la observación realizada no aplica.
- El Proyecto de Investigación ha sido ajustado a la [Directiva 013 - 2018 - R.](#)



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICA
DECANATO



FOLIO 07

PROVEÍDO N° 03-2022-D-FCNM

Ref.: Oficio N° 101-2021-UI-FCNM
Proyecto de Tesis observado
Bach. Arteaga Tupia Martin Dionisio
Escuela Profesional de Física
Expediente N° 989-2021-MP-FCNM (06 folios)

Devuélvase al interesado, **Bach. Arteaga Tupia Martin Dionisio**, a fin que se sirva subsanar las observaciones hechas por el Comité Directivo de la Unidad de Investigación de la FCNM, en su Sesión Ordinaria de fecha 30.12.21. **Hecho**, devolver el presente expediente con toda la documentación, incluyendo el ejemplar observado, mediante documento de trámite administrativo .

B.03.01.22

Atentamente,

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICA



Dr. Juan Abraham Méndez Velásquez
Decano

sr/

c.c.: Archivo



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
Facultad de Ciencias Naturales y Matemática
UNIDAD DE INVESTIGACION

FOLIO 06

"Año del Bicentenario del Perú: 200 años de Independencia"

Bellavista, Diciembre 30, 2021

Señor Doctor
JUAN ABRAHAM MÉNDEZ VELÁSQUEZ
Decano de la Facultad de Ciencias Naturales y Matemática
Presente.-

OFICIO N° 101-2021-UI-FCNM

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICA
MESA DE PARTES
Fecha: 03.01.22 Exp. 989-2021-MP-FCNM
Hora: 10.20

Referencia: Proveído N° 433-2021-D-FCNM
Evaluación de Proyecto de Tesis
Bach. Arteaga Tupia Martin Dionisio
Escuela Profesional de Física
Expediente N° 989-2021-MP-FCNM (05 folios)

De mi consideración:

Tengo a bien saludarlo por medio del presente y a la vez informarle que, el Comité Directivo de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ciencias Naturales y Matemática, en su Sesión Ordinaria de fecha 30 Diciembre del 2021, después de revisar el Proyecto de Tesis del Bach. Arteaga Tupia Martin Dionisio, tomó el siguiente acuerdo:

Acuerdo N° 05

Devuélvase el Proyecto de Tesis, titulado: "EXTENSIONES CONFORMES MÍNIMAS DEL MODELO ESTANDAR DE LA FÍSICA DE PARTÍCULAS PARA EXPLICAR EL MOMENTO MAGNÉTICO ANÓMALO DEL MUÓN", presentado por el Bach. Arteaga Tupia Martin Dionisio - Escuela Profesional de Física, a fin que se sirva levantar las siguientes observaciones, según Directiva N° 013-2018-R:

- Caratula debe ajustarse a la Directiva 013-2018-R.
- Debe incluir pagina de información básica.
- Debe incluir las Limitantes del proyecto de Investigación.
- Debe incluir antecedentes nacionales e internacionales.
- Debe incluir el marco conceptual.
- Debe incluir la definición conceptual de las variables.
- Debe Ampliar y precisar las Técnicas e instrumentos de recolección de información.
- Debe Ampliar y precisar como realizaría el Análisis y procesamiento de datos.
- Debe corregir el cronograma precisando actividades por semana y mes.
- Debe corregir el presupuesto según partidas establecidas.
- En general debe ajustar la estructura del Proyecto a la Directiva 013-2018-R.

En tal sentido, se devuelve a su Despacho, el Expediente N° 989-2021-MP-FCNM (05 folios, el último folio es el Proveído N° 433-2021- D-FCNM), así como el Proyecto de Tesis de 20 páginas, en archivo virtual, para el trámite consiguiente.

Sin otro particular, quedo de usted,

Atentamente,

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICA
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

 /srh
c.c.: Archivo



Mg. JORGE LUIS GODIER AMBURGO
DIRECTOR (e)



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICA
DECANATO



FOLIO 05

PROVEÍDO Nº 433-2021-D-FCNM

Ref.: Solicitud de aprobación de Proyecto de Tesis del
Bach. **Arteaga Tupia Martín Dionisio**
Proyecto de Tesis (20 folios)
Escuela Profesional de Física
Expediente Nº 989.2021-MP-FCNM (04 FOLIOS)
=====



PASE, el expediente indicado en la referencia, en archivo virtual, a la **Unidad de Investigación** de la FCNM, para su atención, teniendo en cuenta el Flujograma respectivo de los Procedimientos de Grados y Títulos vigente, debiendo devolverse, sin mutilaciones, para el trámite consiguiente.

B.15.12.21

Atentamente,

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICA



—Dr. Juan Abraham Méndez Velásquez
Decano

sr/

c.c.: Archivo

Av. Juan Pablo II Nº 306 Ciudad Universitaria Bellavista - Callao
Correo Electrónico: fcnm.mesa@unac.edu.pe

FORMATO DE TRÁMITE ACADÉMICO - ADMINISTRATIVO

FOLIO 01

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO

“FORMAR AL, HOMBRE CIENTÍFICA. TÉCNICA Y CULTURALMENTE PARA UN MUNDO MEJOR”

DIRIGIDO: **Dr. Juan Méndez Velásquez**
Decano de la Facultad de Ciencias Naturales y Matemática

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICA
MESA DE PARTES
Fecha: 15.12.21 Exp. 989-2021-MP-FCNM

DATOS DEL RECURRENTE (LETRA IMPRENTA)

NOMBRES: **Martín Dionisio** D.N.I.: **45471685**
APELLIDOS: **Arteaga Tupia** CODIGO: **042988E**
FACULTAD: **Ciencias Naturales y Matemática** ESCUELA: **Física**
DOMICILIO: **Calle1, Mz. "F" Lote 16, Coop. Viv. Primavera** CORREO: **martin.arteaga777@gmail.com**
TELEFONO: **5360369** CELULAR: **931644078**

RELACIÓN CON I.A UNAC: DOCENTE ALUMNO EGRESADOS OTROS

- | | | |
|----------------------------------------------------------------|----------------------------------------|----------------------------------------------------------|
| 1. Constancia de Egresado. | 11. Diploma Título Profesional Informe | 24.- Revisión Examen Asignatura |
| 2. Diploma Grado de Bachiller. | 12.- Acta Adicional | 25.- Transcripción Resolución |
| 3. Aprobación Proyecto Tesis | 13.- Certificado de Estudios | 26.- Cambio de Asesor |
| 4. Designación de Jurado de Tesis | 14.- Retiro Total de Matrícula | 27.- Completar Expediente |
| 5. Expedito para Sustentación y fecha de Sustentación de Tesis | 15.- Retiro Parcial de Matrícula | 28.- Autorización Título Profesional de otra Universidad |
| 6. Diploma de Título Profesional | 16.- Fraccionamiento de Matrícula | 29.- Diploma de Grado Académico Maestro y Doctor |
| 7. Inscripción Ciclo Actualización Profesional (CAP) | 17.- Constancia de Matrícula | 30.- Otros |
| 8. Examen Final CAP | 18.- Duplicado de Syllabus | |
| 9. Diploma Título Profesional por Tesis | 19.- Reconsideración de Convalidación | |
| 10. Aprobar y Sustentación Informe de Experiencia Laboral | 20.- Levantamiento de Observaciones | |
| | 21.- Devolución de documentos | |
| | 22.- Devolución de Dinero | |
| | 23.- Subsanación | |

Trámite a realizar:

ESCRIBE EL N° DEL TRÁMITE A REALIZAR **3**

DETALLE DE LA SOLICITUD:

Solicito aprobación del proyecto de tesis, designación de Jurado Revisor y del docente asesor Mg. Eduardo Franco Sotelo Bazán.

DECLARACIÓN JURADA SIMPLE

Yo, **Martín Dionisio Arteaga Tupia** con DNI N° **45471685** declaro que los **datos** válidos y corresponden al tenor de la solicitud.

Bellavista, **14 de Diciembre** de **2021**

FIRMA

- ADJUNTO:
- Fotocopia simple del Grado de Bachiller (ambos lados).
 - Recibo de pago emitido por la Oficina de Tesorería, por derecho de asesoría académica para Titulación Profesional por tesis.
 - Un (01) archivo con el proyecto de tesis.



REPÚBLICA DEL PERÚ
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
A NOMBRE DE LA NACIÓN



El Rector de la Universidad Nacional del Callao

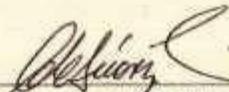
Por cuanto, el Consejo Universitario:

Con fecha 04 de Marzo del 2014 ha conferido el Grado Académico
de Bachiller en: Física

a Don(ña) Martín Dionisio Arteaga Tupia

Por tanto, se expide el presente Diploma para que se le reconozca como tal.

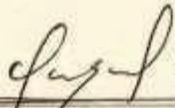
Dado y firmado en el Callao el 05 de Marzo del 2014


Mg. Ing. CHRISTIAN SUÁREZ RODRÍGUEZ
SECRETARIO GENERAL




Dr. MANUEL A. MORI PAREDES
RECTOR




Lic. V. ALEJANDRO GÓMEZ JIMÉNEZ
DECANO





Resolución C.U. Nº 267-14-CU-GB

Libro Nº CXXVIII

Folio Nº 020

INTERESADO

D.N.I.

**UNIVERSIDAD NACIONAL
DEL CALLAO**

**RECIBO DE CAJA
N° CU-1013455**

Caja : CAJA CIUDAD UNIVERSITARIA
Registrado : 02/01/2020 12:35:58
Periodo : 2020N
Recibido de : ARTEAGA TUPIA MARTIN
DIONISIO - 042988E
Escuela : FISICA - 91

Concepto	Importe
DERECHO DE ASESORIA ACADÉMICA PARA TITULACIÓN PROFESIONAL POR TESIS.	372.00
TOTAL S/.	372.00

Cajero : CAJA CIUDAD UNIVERSITARIA

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO

FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICA
ESCUELA PROFESIONAL DE FÍSICA



PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

“EXTENSIONES CONFORMES MÍNIMAS DEL
MODELO ESTÁNDAR DE LA FÍSICA DE PARTÍCULAS
PARA EXPLICAR EL MOMENTO MAGNÉTICO
ANÓMALO DEL MUÓN”

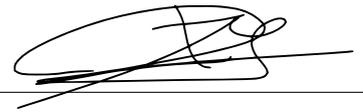
ARTEAGA TUPIA, MARTÍN DIONISIO

Callao, 2022

PERÚ



Asesor de Tesis
Mg. Eduardo Franco Sotelo Bazán



Solicitante de Licenciatura
Bach. Martín Dionisio Arteaga Tupia

INFORMACIÓN BÁSICA:

Facultad:	Facultad de Ciencias Naturales y Matemática
Unidad de Investigación:	Facultad de Ciencias Naturales y Matemática
Título:	Extensiones Conformes Mínimas del Modelo Estándar de la Física de Partículas para Explicar el Momento Magnético Anómalo del Muón
Autor:	Bach. Martín Dionisio Arteaga Tupia
Asesor:	Mg. Eduardo Franco Sotelo Bazán
Lugar de ejecución:	Facultad de Ciencias Naturales y Matemática
Tipo de Investigación:	Básica, Explicativa, Cuantitativa de Método Hipotético-Deductivo
Unidades de Análisis:	El Momento Magnético Anómalo del Muón

Índice

I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	7
1.1. Descripción de la realidad problemática	7
1.2. Formulación del problema	7
1.2.1. Problema general	7
1.2.2. Problemas específicos	7
1.3. Objetivos	7
1.3.1. Objetivo general	7
1.3.2. Objetivos específicos	7
1.4. Justificación	8
1.5. Limitantes de la investigación	8
II. MARCO TEÓRICO	8
2.1. Antecedentes Internacional y Nacional	8
2.2. Bases teóricas	9
2.2.1. Invarianza Conforme y de Escala	9
2.2.2. Modelo: SM + dilaton	12
2.3. Conceptual	12
2.4. Definición de términos básicos	12
III. HIPÓTESIS Y VARIABLES	13
3.1. Hipótesis	13
3.2. Definición conceptual de variables	13
3.2.1. Operacionalización de variables	14
IV. DISEÑO METODOLÓGICO	15
4.1. Tipo y diseño de investigación	15
4.2. Método de investigación	15
4.3. Población y muestra	15
4.4. Lugar de estudio	15
4.5. Técnicas e instrumentos para la recolección de información	15
4.6. Análisis y procesamiento de datos	15
V. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES	16
VI. PRESUPUESTO	17
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	18
VIII. ANEXOS	19
8.1. Matriz de Consistencia	19
8.2. Instrumentos de recolección de datos	20

INTRODUCCIÓN

El modelo estándar de la física de partículas (SM por sus siglas en inglés) es la mejor descripción teórica que tenemos del universo a escala microscópica. Sin embargo, esta no es infalible, y ya desde hace mucho se apuntaron ciertos problemas de las que esta adolece. Algunos de carácter teórico y otros de índole experimental. En años recientes con la mejora en la precisión de los experimentos, se ha descubierto ciertas desviaciones en la medida de ciertos observables. Los mismos que no pueden ser explicadas por el modelo estándar. Por ejemplo, algunos de los casos más emblemáticos son:

1. La masa de los neutrinos,
2. la materia oscura,
3. el problema de jerarquía,
4. el momento magnético anómalo del muón.

Siendo el problema de jerarquía el único de esta lista que es de carácter netamente teórico. Este problema teórico a su vez está apegado a un concepto conocido como *naturalidad técnica*. El cual de forma simplificada nos indica que la magnitud de las interacciones debe estar en ordenes comparables. En general, este tipo de problemas nos habla sobre posible nueva física (NP por sus siglas en inglés). Las teorías que intentan explicar dicha nueva física son conocidas como modelos *más allá del modelo estándar* (BSM por sus siglas en inglés).

Entre esos problemas, el del momento magnético anómalo del muón Δa_μ ha sido campo de intenso estudio en los últimos años. Por tanto, representa un interesante fenómeno que puede darnos luz sobre esta nueva física y que camino seguir. La razón detrás de tal interés en la comunidad ha sido debido el incremento en la confiabilidad de su medida experimental, que actualmente llega a los 4,2 sigmas [1]. El encontrar un modelo teórico que explique adecuadamente esta anomalía para el muón es por tanto un punto de partida a modelos más complejos. Una posible medida anómala para el electrón Δa_e es también sugeridas en la literatura y por los experimentos, aunque su confiabilidad aún es tema de debate. Por otro lado, el caso del tau Δa_τ sería una predicción del modelo teórico que intenta explicar estas anomalías. Una dificultad extra que aparece al momento de querer explicar estas anomalías teóricamente es en el signo adecuado de cada una. Por ejemplo, la anomalía es positiva para el caso del muón, aparentemente negativa para el electrón y de signo aún no definido para el tau.

Un escenario interesante que nos plantea posible física más allá del modelo estándar es el de las teorías con invarianza conforme. Este tipo de teorías tiene la particularidad de gozar de la propiedad de invarianza de escala, y de invarianza sobre transformaciones especiales conformes. En el primer caso significa que la teoría es insensible a reescalamientos, y en el segundo geométricamente representa a las transformaciones que dejan invariante el ángulo entre dos vectores. Este tipo

de teorías cobro mayor relevancia en los últimos años debido a ser un ingrediente importante dentro de la teoría de cuerdas (supercuerdas) y sobre todo debido al auge de la correspondencia AdS/CFT. La cual es una dualidad que aparece entre teorías de campos cuánticos con invarianza conforme y teorías clásicas de gravedad en un espacio Anti-deSitter. Así mismo, se ha planteado que las ondas gravitacionales generadas por transiciones de fase en el universo temprano son especialmente fuertes en modelos conformes. Volviéndose potenciales candidatos a ser detectados a través de señales gravitacionales. Es así que una extensión conforme del modelo estándar de la física de partículas que pueda explicar el momento magnético anómalo del muón es un escenario interesante para ser explorado.

I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción de la realidad problemática

El modelo estándar de la física de partículas presenta limitaciones para explicar ciertos aspectos teóricos y resultados experimentales actuales. Por ejemplo, entre estos problemas tenemos: la masa de los neutrinos, la materia oscura, el problema de la jerarquía, el momento magnético anómalo del muón, etc. De forma sucinta, el primer problema es referido a que el modelo estándar no encaja neutrinos masivos en su estructura, el segundo nos habla de igual modo que la materia oscura no aparece en el espectro del modelo estándar, el problema de la jerarquía por otro lado nos hace referencia a la susceptibilidad que tiene el boson de Higgs a correcciones cuánticas y el momento magnético anómalo del muón nos indica la discrepancia entre dicho valor medido y su valor teórico calculado en el modelo estándar. Entre estos tópicos, los asociados con el momento magnético anómalo del muón han ido cobrando relevancia en los últimos años debido a la mejora de las medidas experimentales. Extensiones del modelo estándar que posean invarianza de escala y que puedan explicar al mismo tiempo esta anomalía son de especial interés por su relevancia en otros campos de la física teórica.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

¿Pueden extensiones mínimas del modelo estándar con invarianza de escala explicar el momento magnético anómalo del muon?

1.2.2. Problemas específicos

1. ¿Cómo podemos extender el modelo estándar incorporando la invarianza de escala?,
2. ¿Podemos conciliar este escenario con los límites impuestos por la Cosmología y por las mediciones de precisión Electro-débiles?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Explicar el momento magnético anómalo del muón através de teorías efectivas más allá del Modelo Estándar que posean invarianza de escala.

1.3.2. Objetivos específicos

1. Determinar extensiones efectivas consistentes del Modelo Estándar que posean invarianza de escala.
2. Determinar los espacios de parámetros permitidos que estan de acuerdo con los limites cosmológicos y de experimentos electro-débiles.

1.4. Justificación

La necesidad de modelos consistentes que extiendan el modelo estándar de la física de partículas es desde hace mucho un arduo campo de estudio. Existiendo diversas razones para tal búsqueda. Podemos dividir aproximadamente estas razones en dos grupos: teóricas y experimentales. Dentro del primer grupo uno de los motivos principales es el llamado problema de la jerarquía asociado al bosón de Higgs, el cual en términos simples es la susceptibilidad de esta partícula a correcciones cuánticas. En las razones experimentales encontramos ciertos resultados que nos llevan a conclusiones no soportadas por el sistema cimentado por el modelo estándar. Algunas de estas razones experimentales son, por ejemplo: la oscilación de neutrinos, y el momento magnético anómalo del muón. En el presente estudio nos centraremos en este último resultado experimental, tratando de explicarlo a través de una extensión del modelo estándar que posee invarianza conforme.

1.5. Limitantes de la investigación

La presente investigación esta limitada por la data y el nivel de confiabilidad estadística de los resultados experimentales en la medida del momento magnético del muón.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes Internacional y Nacional

W. D. Goldberger et al. (2007): En este estudio [2] los autores consideran la posibilidad de que el bosón de Higgs pueda ser identificado como el bosón de Goldstone de un sector ultravioleta aproximadamente conforme, es decir con el dilaton. En este modelo la quiebra espontanea del sector ultravioleta es el responsable de la quiebra espontánea electro-débil.

F. Villegas Silva et al. (2009): En esta referencia F. Villegas Silva et al. [3] hace una introducción a la cuerda bosónica, la misma que es descrita por la acción de Nambu-Goto. Un ingrediente principal dentro de esta formulación de la cuerda bosónica es la simetría conforme. Se define y calcula la velocidad transversal de una cuerda cerrada. Finalmente, se esboza la hoja de mundo considerando las ecuaciones de movimiento.

B. Bellazzini et al. (2013): Los autores de Ref.[4] analizan la posibilidad de que la resonancia encontrada a la escala de 125 GeV, corresponda con el dilaton. Los análisis son hechos sobre datos del *Gran Colisionador de Hadrones* (LHC por sus siglas en ingles). Uno de los problemas más difíciles que sortean es mantener la masa del dilaton ligera comparada con el cut-off de la teoría efectiva.

Z. Chacko et al. (2013): Este trabajo [5] se enfoca en escenarios donde la quiebra espontánea electrodébil es conducida por un sector que interacciona fuertemente

en la región ultravioleta. Es además mostrado que para obtener una masa del dilaton que sea ligera es necesario, además de la introducción de operadores marginales, un pequeño *fine tuning*. Ellos también determinan la forma precisa de las interacciones entre el dilaton y las partículas del Modelo Estándar. Así mismo, calculan las correcciones a dichas interacciones provenientes de efectos de violación de la simetría conforme. Se demuestra que estas correcciones no tienen un impacto importante en la teoría.

G. Marques Tavares et al. (2013): G. Marques Tavares et al. en Ref.[6] investigan la sensibilidad del bosón de Higgs a la escala asociada a la quiebra de la simetría de invarianza de escala. El análisis es hecho através de *toy models* explícitos. Los autores encuentran que existe una sensibilidad por parte del boson de Higgs, aún en la ausencia de partículas masivas asociadas a la escala de la quiebra de la simetría de escala.

A. Ahmed et al. (2020): Los autores de este artículo [7] analizan la posibilidad de un grado de libertad dilatónico a bajas energías como un primer signo de nueva física en los datos del LHC. Se hace un estudio detallado de la fenomenología asociada a este boson de Goldstone con masa en el rango de 10 a 300 GeV. Los casos analizados incluyen aquellos donde el dilaton se mezcla con el Higgs.

2.2. Bases teóricas

El tipo de modelos propuestos en el proyecto consideran una extensión del modelo estándar donde la simetría de escala aparece en la región ultravioleta de la teoría. Es importante hacer notar que existen argumentos que nos llevan a pensar que en cuatro dimensiones, la simetría de escala junto con la invarianza de Poincaré, y la unitariedad de una teoría involucran invarianza conforme [8, 9, 10].

En las siguientes secciones introducimos la invarianza conforme, de escala, y la construcción de lagrangianos invariantes sobre dichas transformaciones. Finalmente, hablamos del modelo mínimo, donde se extiende el modelo estándar de la física de partículas y se obtiene un dilaton a bajas energías.

2.2.1. Invarianza Conforme y de Escala

Adicionalmente a las transformaciones del grupo de Poincaré consideremos dos transformaciones extras. Estas dos transformaciones son las transformaciones especiales conformes y las dilataciones:

$$\text{Transformaciones Especiales Conforme} : x_\mu \rightarrow \frac{x_\mu + x^2 \beta_\mu}{1 + 2 x \beta + x^2 \beta^2}, \quad (1)$$

$$\text{Dilataciones} : x_\mu \rightarrow e^\lambda x_\mu, \quad (2)$$

con generadores K_μ y D , respectivamente. Las dilataciones, también llamadas transformaciones de escala, escalamiento o rescalamiento, son aquellas que involucran un cambio global en las coordenadas x^μ de un sistema. Por otro lado, las transformaciones especiales conformes geoméricamente son aquellas transformaciones sobre

dos vectores que dejan invariante el ángulo entre ellos. De esta forma, a parte de los conmutadores asociados a los generadores del grupo de Poincaré, tenemos seis relaciones de conmutacion extras, estas son [11]

$$\begin{aligned} [D, P_\mu] &= -i P_\mu, & [D, M_{\mu\nu}] &= 0, \\ [D, K_\mu] &= i K_\mu, & [K_\mu, K_\nu] &= 0, \\ [K_\mu, P_\nu] &= -2i (g_{\mu\nu} D + M_{\mu\nu}), & [K_\rho, M_{\mu\nu}] &= i (g_{\rho\mu} K_\nu - g_{\rho\nu} K_\mu), \end{aligned} \quad (3)$$

donde, como es usual, P_μ es el generador de las traslaciones espacio-temporales y $M_{\mu\nu}$ conteniendo los generadores del grupo de Lorentz. Considerando un campo Φ de spin arbitrario el cual se transforma bajo dilataciones Eq.(2) según [12]

$$\Phi(x) \rightarrow e^{\lambda \Delta_\Phi} \Phi(e^\lambda x). \quad (4)$$

Las correspondientes transformaciones infinitesimales de Φ bajo escala y transformaciones especiales conformes son

$$\delta\Phi = (x^\mu \partial_\mu + \Delta_\Phi) \Phi, \quad (5)$$

$$\delta_\mu \Phi = [(2 x_\mu x_\nu - \eta_{\mu\nu} x^2) \partial^\nu + 2 x_\mu \Delta_\Phi + 2 x^\nu S_{\mu\nu}] \Phi, \quad (6)$$

donde Δ_Φ es llamado peso conforme.

$S_{\mu\nu}$ es llamada matriz de spin, y dependiendo de la naturaleza del campo puede toma las siguientes formas:

$$\text{Spin } 0, \quad S_{\mu\nu} = 0, \quad (7)$$

$$\text{Spin } 1/2, \quad S_{\mu\nu} = \frac{1}{4} [\gamma_\mu, \gamma_\nu], \quad (8)$$

$$\text{Spin } 1, \quad S_{\mu\nu} A_\rho = (g_{\mu\rho} A_\nu - g_{\nu\rho} A_\mu). \quad (9)$$

Para que la acción sea invariante bajo transformaciones de escala se requiere que el cambio en la lagrangiana pueda ser reexpresado como una derivada total. Teniendo en cuenta esto, junto con la Eq.(5), tenemos [13]

$$\begin{aligned} \delta\mathcal{L} &= 4\mathcal{L} + x^\mu \partial_\mu \mathcal{L} \\ &= \partial_\mu (x^\mu \mathcal{L}). \end{aligned} \quad (10)$$

Esta condición es satisfecha si todos los acoplamientos tienen dimensión de masa cero. Una consecuencia es la prohibición de términos de masa en la lagrangiana. Junto con la Eq.(10), Callan, Coleman y Jackiw establecieron una condición extra que garantiza la existencia de una corriente conservada cuya carga asociada genera transformaciones de escala. Esta condición es:

$$\sum_i \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial (\partial_\mu \Phi_i)} [\eta_{\nu\mu} \Delta_{\Phi_i} + (S_{\nu\mu})_i] \Phi_i = \partial^\mu \kappa_{\nu\mu}, \quad (11)$$

donde $\kappa_{\mu\nu}$ es un tensor que depende de la estructura particular de la lagrangiana. Callan, Coleman y Jackiw también mostraron que la condición dada por la Eq.(11) garantiza la existencia de una corriente conservada $C^{\mu\nu}$ cuya carga asociada genera transformaciones especiales conformes. Por lo tanto, la condición dada por las

Eqs.(10) y (11) son condiciones necesarias y suficientes para asegurar la invarianza conforme de la lagrangiana.

En forma análoga a las teorías de gauge, promovemos la derivada usual, a una derivada covariante bajo transformaciones conformes. Dicha derivada es escrita como

$$D_\mu \Phi = \left[\partial_\mu - \frac{1}{f} (\eta_{\nu\mu} \Delta_\Phi + S_{\nu\mu}) \partial^\nu \phi \right] \Phi \quad (12)$$

y que tiene peso conforme $\Delta_\Phi - 1$. En Eq.(12), se introdujo un nuevo campo escalar $\phi(x)$. Dicho campo transforma de forma no lineal bajo reescalamientos

$$\phi'(x') = \phi(x) + f \log \left| \det \left(\frac{\partial x'}{\partial x} \right) \right|, \quad (13)$$

donde $\phi(x)$ es conocido como campo *dilatónico* o simplemente *dilaton*.

De la Eq.(13), observamos que bajo la transformación $x \rightarrow e^{-\lambda} x$, obtenemos

$$e^{\phi'(x')/f} = e^\lambda e^{\phi(x)/f}. \quad (14)$$

De esta forma podemos definir el campo de spin cero $\chi = f e^{\phi(x)/f}$ y de peso conforme $\Delta_\chi = 1$. Una implicación importante de la introducción del campo χ , es que ahora también podemos construir términos en la lagrangiana con acomplamientos dimensionales. Por ejemplo, para un campo escalar y fermiónico arbitrario, Φ and Ψ respectivamente, tenemos

$$\mathcal{L} \supset - \left(\frac{M^2}{2f^2} \right) \Phi^2 \chi^2 - \left(\frac{m}{f} \right) \bar{\Psi} \Psi \chi. \quad (15)$$

Es por este motivo que el campo χ es también conocido como “compensador conforme”.

Podemos extender la transformación de la Eq.(4) para operadores arbitrarios $\mathcal{O}(x)$ con peso conforme $\Delta_\mathcal{O}$. Entonces, bajo la transformación de escala tenemos

$$\mathcal{O}(x) \rightarrow e^{\lambda \Delta_\mathcal{O}} \mathcal{O}(e^\lambda x). \quad (16)$$

Esta transformación produce un cambio en la acción. Podemos escribir dicho cambio en la siguiente forma

$$S = \sum_i \int d^4x g_i \mathcal{O}_i(x) \rightarrow S' = \sum_i \int d^4x e^{\lambda(\Delta_i - 4)} g_i \mathcal{O}_i(x). \quad (17)$$

La versión infinitesimal de la Eq.(17) es escrita como

$$S \rightarrow S + \sum_i \int d^4x \lambda g_i (\Delta_i - 4) \mathcal{O}_i(x) + \sum_i \int d^4x \beta_i(g) \frac{\partial}{\partial g_i} \mathcal{L}. \quad (18)$$

donde hemos tomando en consideración la evolución con la escala de energía de los acomplamientos. En la Eq.(18) $\mathcal{L} = \sum_i g_i(\mu) \mathcal{O}_i(x)$.

2.2.2. Modelo: SM + dilaton

En este modelo consideramos un escenario que en la región ultravioleta extienda *minimamente* el modelo estándar a bajas energías. Por extensión mínima nos referimos a que a bajas energías obtenemos el modelo estándar y un escalar extra, el dilaton. La presencia del dilaton genera interacciones interesantes con las partículas del modelo estándar [4]

$$\begin{aligned}
\mathcal{L}_{\text{dilaton}} &= \frac{1}{2} \partial_\mu \phi \partial^\mu \phi - \frac{1}{2} m_\phi^2 \phi^2 - \frac{5}{6} \frac{m_\phi^2}{f} \phi^3 + \dots \\
\mathcal{L}_{\text{fermions}} &= - \sum_\psi c_{\psi\phi} \frac{m_\psi}{v} \bar{\psi} \psi \phi \\
\mathcal{L}_{\text{Gauge}}^{(1)} &= c_{V\phi} \left(\frac{2 m_W^2}{v} W^{+\mu} W_\mu^- + \frac{m_Z^2}{v} Z^\mu Z_\mu \right) \phi \\
\mathcal{L}_{\text{Gauge}}^{(2)} &= \left(\frac{\alpha_s}{8\pi v} c_{g\phi} G_{\mu\nu}^a G_{\mu\nu}^a + \frac{\alpha_{EM}}{8\pi v} c_{\gamma\phi} F_{\mu\nu} F^{\mu\nu} + \frac{\alpha_{EM}}{8\pi v} c_{\gamma Z} F_{\mu\nu} Z^{\mu\nu} \right) \phi \quad (19)
\end{aligned}$$

donde ψ en $\mathcal{L}_{\text{fermions}}$ contiene a los leptones y quarks, y $v = 246$ GeV. Los coeficientes en la Eq.(19) son:

$$\begin{aligned}
c_{V\phi} &= \frac{v}{f} \\
c_{\psi\phi} &= \frac{v}{f} (1 + \gamma_\psi) \\
c_{g\phi} &= \frac{v}{f} (b_{IR} - b_{UV}) = \frac{v}{f} b_{g\phi}^{eff} \\
c_{\gamma\phi} &= \frac{v}{f} (b_{IR}^{(EM)} - b_{UV}^{(EM)}) = \frac{v}{f} b_{\gamma\phi}^{eff} \\
c_{\gamma Z} &= \frac{v}{f} b_{Z\gamma}^{eff}. \quad (20)
\end{aligned}$$

En la Eq.(20), las b son los coeficientes de la función beta (en las regiones ultravioleta o infrarroja) asociadas a los acoplamientos de gauge g

$$\beta(g) = b \frac{g^3}{8\pi^2}. \quad (21)$$

El presente estudio exploraremos como el momento magnético anómalo del muón Δa_μ puede ser explicado dentro de este tipo de modelos.

2.3. Conceptual

No es requerida debido a la naturaleza de la investigación.

2.4. Definición de términos básicos

Modelo Estándar de la Física de Partículas: Por sus siglas en inglés SM (Standard Model) es la mejor descripción teórica que tenemos del universo basados en sus constituyentes fundamentales y sus simetrías. Este esta basado en los grupos de Gauge $SU(3)_c \times SU(2)_L \times U(1)_Y$.

Simetría de Escala: Simetría que posee una teoría que es invariante sobre la transformación de reescalamientos.

Transformaciones especiales conformes: Estas transformaciones son aquellas que pueden realizarse sobre dos vectores de tal forma que se mantenga invariante el ángulo entre ellos.

Simetría Conforme: Se dice que un sistema físico goza de simetría conforme si este es invariante sobre reescalamientos y sobre transformaciones especiales conformes.

Teoría Efectiva: Es aquella teoría constituida por los grados de libertad presentes a una determinada escala de energías. Como tal una teoría efectiva posee una escala máxima de energía la cual es conocida como *cutoff* de la teoría. A escalas de energía mayor, la teoría efectiva pierde sentido.

III. HIPÓTESIS Y VARIABLES

3.1. Hipótesis

Hipótesis general

Teorías con simetría conforme que extienden el Modelo Estándar de la Física de Partículas pueden explicar la anomalía del momento magnético del muón.

Hipótesis específicas

1. Es posible extender el Modelo Estándar dotándolo de simetría conforme a altas energías.
2. La nueva física inducida en el modelo efectivo a bajas energías tiene efectos fenomenológicamente relevantes.

3.2. Definición conceptual de variables

Independiente:

1. Escala de quiebra de simetría: Cantidad escalar que determina la energía en la cual ciertas simetrías del sistema desaparecen.

Dependiente:

1. Momento Magnético: Parámetro que mide la susceptibilidad de una partícula cargada a campos magnéticos.

3.2.1. Operacionalización de variables

VARIABLE	DIMENSIÓN	INDICADORES
Independiente	- Escala.	- Escala de quiebra de simetría.
Dependiente	- Parámetro.	- Momento Magnético.

IV. DISEÑO METODOLÓGICO

4.1. Tipo y diseño de investigación

La siguiente investigación es de tipo **Básica**, debido a que esta basada en principios teóricos formales.

Es de naturaleza **Explicativa** también, esto debido a que la estructura teórica busca explicar un fenómeno de la naturaleza.

Finalmente, la presente investigación es de **Diseño Cuantitativo** porque el fenómeno natural a explicar es cuantificable, y el modelo que busca reproducirlo es un modelo físico-matemático.

4.2. Método de investigación

Este estudio es de **método Hipotético-Deductivo** pues en base a la hipótesis que establecemos, y las deducciones que de ella se derivan, se busca la explicación del fenómeno en cuestión.

4.3. Población y muestra

No es requerida debido a la naturaleza de la investigación.

4.4. Lugar de estudio

En el Centro de Computo de la Facultad de Ciencias Naturales y Matemática, UNAC. Sin embargo, por las circunstancias de la pandemia debidas al COVID-19, se realizarán en mi domicilio.

4.5. Técnicas e instrumentos para la recolección de información

No es requerida debido a la naturaleza de la investigación.

4.6. Análisis y procesamiento de datos

No es requerida debido a la naturaleza de la investigación.

v. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

N°	MESES	MES 1	MES 2	MES 3	MES 4
1	Revisión bibliográfica	X			
2	Construcción del Modelo teórico con simetría conforme que extiende el Modelo Estándar de la Física de Partículas .	X	X		
3	Cálculo. de los observables importantes para el análisis fenomenológico.		X	X	
4	Cálculo de la expresión para el momento magnético anómalo del muón en este marco teórico.		X	X	
5	Conclusiones y análisis de lo resultados.			X	
6	Redacción y presentación de la tesis			X	X

VI. PRESUPUESTO

Actividades	Recurso requerido, número y tipo	Tiempo	Costo unitario (S/.)	unidades	Costo Total (S/.)
Búsqueda de información	Libros, artículos, etc.	1 mes	5.00	20	100.00
Movilidad	120 movilidades	4 meses	10.00	120	1200.00
Impresión	Tesis impresa	14 días	30.00	4	120.0
Capacitación	Aprendizaje de técnicas	1 mes	200.00	1	200.00
Total					1620.00

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. B. Abi et al. Measurement of the Positive Muon Anomalous Magnetic Moment to 0.46 ppm. *Phys. Rev. Lett.*, 126(14):141801, 2021.
2. Walter D. Goldberger, Benjamin Grinstein y Witold Skiba. Distinguishing the Higgs boson from the dilaton at the Large Hadron Collider. *Phys. Rev. Lett.*, 100:111802, 2008.
3. Fulgencio Villegas Silva, Rene Negrón Huamán, y Manuel Culqui Rodríguez. Dinamica de la cuerda bosonica circular. *Revista de Investigación de Física*, 12(01):43-46, Dic. 2009.
4. Brando Bellazzini, Csaba Csáki, Jay Hubisz, Javi Serra y John Terning. A Higgs-like dilaton. *The European Physical Journal C*, 73(2), Feb 2013.
5. Zackaria Chacko y Rashmish K. Mishra. Effective theory of a light dilaton. *Physical Review D*, 87(11), Jun 2013.
6. Gustavo Marques Tavares, Martin Schmaltz, y Witold Skiba. Higgs mass naturalness and scale invariance in the UV. *Phys. Rev. D*, 89(1):015009, 2014.
7. Aqeel Ahmed, Alberto Mariotti, y Saereh Najjari. A light dilaton at the LHC. *JHEP*, 05:093, 2020.
8. Jean-Francois Fortin, Benjamin Grinstein, y Andreas Stergiou. Scale without Conformal Invariance: An example. *Phys. Lett. B*, 704:74-80, 2011.
9. Markus A. Luty, Joseph Polchinski, y Riccardo Rattazzi. The a -theorem and the Asymptotics of 4D Quantum Field Theory. *JHEP*, 01:152, 2013.
10. Yu Nakayama. Supercurrent, Supervirial and Superimprovement. *Phys. Rev. D*, 87(8):085005, 2013.
11. John R. Ellis. Aspects of Conformal Symmetry and Chirality. *Nucl. Phys. B*, 22:478-492, 1970. [Erratum: *Nucl. Phys. B* 25,639-639 (1971)].
12. Sidney Coleman. *Aspects of Symmetry: Selected Erice Lectures*. Cambridge University Press, Cambridge, U.K., 1985.
13. John R. Ellis. Phenomenological actions for spontaneously-broken conformal symmetry. *Nucl. Phys. B*, 26:536-546, 1971.

VIII. ANEXOS

8.1. Matriz de Consistencia

TÍTULO	PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	METODOLOGÍA
<p>Título de la Investigación Extensiones Conformes Mínimas del Modelo Estándar de la Física de Partículas para Explicar el Momento Magnético Anómalo del Muón</p>	<p>Problema General ¿Pueden extensiones mínimas del modelo estándar con invarianza de escala explicar el momento magnético anómalo del muon?</p> <p>Problema Específico ¿Cómo podemos extender el modelo estándar incorporando la invarianza de escala? ¿Podemos conciliar este escenario con los límites impuestos por la Cosmología y por las mediciones de precisión Electro débiles?</p>	<p>Objetivo general Explicar el momento magnético anómalo del muón através de teorías efectivas más allá del Modelo Estándar que posean invarianza de escala.</p> <p>Objetivo Específico Determinar extensiones efectivas consistentes del Modelo Estándar que posean invarianza de escala. Determinar los espacios de parámetros permitidos que estan de acuerdo con los limites cosmológicos y de experimentos electro-débiles.</p>	<p>Hipótesis general Teorías con simetría conforme que extienden el Modelo Estándar de la Física de Partículas pueden explicar la anomalia del momento magnético del muón.</p> <p>Hipótesis Específicas: Es posible extender el Modelo Estándar dotandolo de simetría conforme a altas energías. La nueva física inducida en el modelo efectivo a bajas energías tiene efectos fenomenológicamente relevantes.</p>	<p>Independientes Escala de quiebra de simetría</p> <p>Dependientes Momento Magnético.</p>	<p>Tipo y diseño de Investigación La siguiente investigación es de tipo Básica, debido a que esta basada en principios teóricos formales. Es de naturaleza Explicativa también, esto debido a que la estructura teórica busca explicar un fenómeno de la naturaleza. Finalmente, la presente investigación es de Diseño Cuantitativo porque el fenómeno natural a explicar es cuantificable, y el modelo que busca reproducirlo es un modelo fisico-matemático.</p> <p>Método de Investigación Este estudio es de método Hipotético-Deductivo pues en base a la hipótesis que establecemos, y las deducciones que de ella se derivan, se busca la explicación del fenómeno en cuestión.</p>

8.2. Instrumentos de recolección de datos

No es requerida debido a la naturaleza de la investigación.