



Universidad de San Carlos de Guatemala
Escuela de Ciencias Físicas y Matemáticas
Departamento de Física

MAPEOS PROYECTIVOS EN SISTEMAS DE VARIOS QUBITS

José Alfredo de León Garrido

Asesorado por M.Sc. Juan Diego Chang y Dr. Carlos Fernando Pineda Zorrilla

Guatemala, septiembre de 2015

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



ESCUELA DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS

**MAPEOS PROYECTIVOS EN SISTEMAS DE
VARIOS QUBITS**

TRABAJO DE GRADUACIÓN
PRESENTADO A LA JEFATURA DEL
DEPARTAMENTO DE FÍSICA
POR

JOSÉ ALFREDO DE LEÓN GARRIDO

ASESORADO POR M.SC. JUAN DIEGO CHANG Y DR. CARLOS
FERNANDO PINEDA ZORRILLA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE
LICENCIADO EN FÍSICA APLICADA

GUATEMALA, SEPTIEMBRE DE 2015

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
ESCUELA DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS



CONSEJO DIRECTIVO

DIRECTOR	M.Sc. Jorge Marcelo Ixquiac Cabrera
SECRETARIO ACADÉMICO	M.Sc. Edgar Anibal Cifuentes Anléu

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

EXAMINADOR	Perengano
EXAMINADOR	Zutano
EXAMINADOR	Fulano 2

Este archivo pdf es una muestra

Fecha

datos

cuerpo

despedida

firma

nombre

AGRADECIMIENTOS

DEDICATORIA

asdfs

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE FIGURAS	III
ÍNDICE DE TABLAS	V
LISTA DE SÍMBOLOS	VII
OBJETIVOS	IX
INTRODUCCIÓN	XI
1. FUNDAMENTOS TEÓRICOS	1
1.1. Introducción	1
1.2. Ensamblados de estados cuánticos	1
1.3. Propiedades de la matriz de densidad	1
1.4. Canales cuánticos	1
1.5. Representaciones de los canales cuánticos	2
2. OPERACIONES PCE	3
2.1. Introducción	3
2.2. Operaciones PCE	3
2.3. 1 qubit	3
2.4. El problema de n qubits	3
2.5. Solución numérica	3
3. RESULTADOS DE 2 Y 3 QUBITS	5
3.1. Introducción	5
3.2. Resultados	5
3.3. Una representación geométrica	5
3.4. Discusión de resultados	5

4. CANALES DIAGONALES DE PAULI CONSTANTES SOBRE	
 LOS EJES	7
4.1. Introducción	7
4.2. Canales diagonales de Pauli constantes sobre los ejes	7
4.3. Relación con canales cuánticos PCE	7
CONCLUSIONES	9
RECOMENDACIONES	11
BIBLIOGRAFÍA	13

ÍNDICE DE FIGURAS

ÍNDICE DE TABLAS

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
ρ	matriz de densidad
\mathcal{E}	canal cuántico

OBJETIVOS

General

Estudiar las operaciones de borrado de componentes de Pauli (PCE por su nombre en inglés “*Pauli component erasing operations*”) en sistemas de 2 y 3 qubits.

Específicos

1. Estudiar numéricamente la completa positividad de las operaciones PCE en sistemas de 2 y 3 qubits.
2. Estudiar las características que debe satisfacer una operación PCE para ser un canal cuántico.
3. Estudiar la existencia de subconjuntos de canales cuánticos PCE cuyos elementos sean equivalentes.
4. Desarrollar una herramienta geométrica para entender las operaciones PCE.
5. Comparar los canales cuánticos PCE con otros canales de Pauli que han sido previamente estudiados.

INTRODUCCIÓN

1. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

1.1. Introducción

Escribiré que la matriz de densidad y la teoría de canales cuánticos es el marco teórico para el problema de las operaciones PCE. Luego un enunciado que resuma de manera introductoria la idea de cada uno de los conceptos.

Por último enunciar la estructura del capítulo.

1.2. Ensamblajes de estados cuánticos

Un copy-paste de la sección 1.1 del informe final de prácticas. Voy a retocar alguna parte si fuera necesario, como ser más formal o agregar alguna prueba.

1.3. Propiedades de la matriz de densidad

Revisando esta sección en el informe de prácticas veo que me gustaría ir aquí más al grano y mandar al lector a las pruebas en el Chuang (para no copiar otra vez las pruebas aquí). Puntualizaré: (1) caracterización de la matriz de densidad, (2) postulados de la mecánica cuántica usando la matriz de densidad y (3) matriz de densidad reducida. Para la matriz de densidad reducida voy a omitir el ejemplo que coloqué en el informe de prácticas.

1.4. Canales cuánticos

Copy-paste del informe final, sección mapeos completamente positivos.

1.5. Representaciones de los canales cuánticos

Enunciar que existen las representaciones de Kraus y de superoperador. Copy-paste de las secciones en las que hablamos de las representaciones en el informe final. Planeo dejar sólo un ejemplo y matar los ejemplos de las dos representaciones en un tiro.

2. OPERACIONES PCE

2.1. Introducción

2.2. Operaciones PCE

2.3. 1 qubit

2.4. El problema de n qubits

2.5. Solución numérica

3. RESULTADOS DE 2 Y 3 QUBITS

3.1. Introducción

3.2. Resultados

3.3. Una representación geométrica

3.4. Discusión de resultados

4. CANALES DIAGONALES DE PAULI CONSTANTES SOBRE LOS EJES

4.1. Introducción

4.2. Canales diagonales de Pauli constantes sobre los ejes

4.3. Relación con canales cuánticos PCE

CONCLUSIONES

1. Conclusión 1.
2. Conclusión 2.
3. Conclusión 3.

RECOMENDACIONES

1. Recomendación 1.
2. Recomendación 2.
3. Recomendación 3.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] P. Albin, E. Leichtnam, R. Mazzeo y P. Piazza. The signature package on Witt spaces. *Ann. Sci. Ec. Norm. Supér. (4)*, **45**(2):241–310, 2012.
- [2] H. Brezis. *Analyse fonctionnelle, théorie et applications*. (Collection Mathématiques Appliquées pour la Maîtrise) Masson, Paris, 1992.
- [3] Y. Choquet-Bruhat y otros. *Analysis, manifolds and physics. (volumen 1)* North-Holland Publishing Company, Amsterdam, 1996.
- [4] R. Courant y D. Hilbert. *Methods of mathematical physics. (volumen 2)* Interscience Publishers, Nueva York, 1962.
- [5] R. De la Madrid. The rigged Hilbert space of the free hamiltonian. Consultado en marzo de 2005 en <http://arxiv.org/abs/quant-ph/0210167>.
- [6] J. Escamilla-Castillo. *Topología*. 2.^a ed. s.e., Guatemala, 1992.
- [7] N. Haaser y J. Sullivan. *Análisis real*. Tr. Ricardo Vinós. Trillas, México, 1978.
- [8] P. Halmos. *Teoría intuitiva de los conjuntos*. 8.^a ed. Tr. Antonio Martín. Compañía Editorial Continental, S.A., México, 1973.
- [9] F. Hausdorff. *Set theory*. 2.^a ed. Chelsea Publishing Company, Nueva York, 1962.
- [10] W. Heisenberg. *The physical principles of the quantum theory*. Dover Publications, Inc., Nueva York, 1949.
- [11] E. Hewitt y K. Stromberg. *Real and abstract analysis*. Springer-Verlag, Nueva York, 1965.
- [12] A. Kolmogorov y S. Fomin. *Elementos de la teoría de funciones y del análisis funcional*. Tr. Carlos Vega. MIR, Moscú, 1975.

- [13] F. Kronz. Quantum theory: von Neumann versus Dirac. Consultado en marzo de 2005 en <http://plato.stanford.edu/entries/qt-nvd/>.
- [14] K. Liu, X. Sun, and S.-T. Yau. Goodness of canonical metrics on the moduli space of Riemann surfaces. *Pure Appl. Math. Q.*, **10**(2):223–243, 2014
- [15] E. Leader and C. Lorcé, The angular momentum controversy: What’s it all about and does it matter?, *Phys. Rept.* **541**, 163 (2014).
- [16] Omnès, R. *The interpretation of quantum mechanics*. (Princeton Series in Physics) Princeton University Press, Princeton, 1994.
- [17] R. Penrose. *La mente nueva del emperador*. Tr. José García. Fondo de Cultura Económica, México, 1996.
- [18] S. Sternberg. Theory of functions of a real variable. Consultado en abril de 2005 en <http://www.math.harvard.edu/~shlomo>.
- [19] G. Teschl. Mathematical methods in quantum mechanics with applications to Schrödinger operators. Consultado en abril de 2005 en <http://www.mat.univie.ac.at/~gerald>.