



Trabajo Final

Creación y diseño de un curso MOOC-Cálculo Integral en la plataforma
edX-Unalmed

Elaborado por

Hernán D. Quiroz Tobón

Asesor

Profesor Ph.D Alcides Montoya Canola

Maestría en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales

Facultad de Ciencias

Universidad Nacional de Colombia

Sede Medellín

2016

RESUMEN

Los MOOC (Massive Open Online Courses) han incursionado en la academia a un ritmo vertiginoso ofreciendo cursos formativos bien diseñados y orientados para la educación superior. Son un cúmulo de información en masa, que requieren de un análisis estadístico para conocer la forma de como permean al mundo científico y académico y así valorar su impacto en una red educativa. Este trabajo pretende que reflexionemos sobre la estructura MOOC, es decir su utilización para diseñar e implementar cualquier curso, en este caso MOOC- Cálculo Integral. Usando una metodología descriptiva, presento aquí en este trabajo lo más significativo para estructurar un curso MOOC de Cálculo Integral.

ABSTRACT

MOOCs (Massive Open Online Courses) have entered the academy at a breakneck pace offering courses with good designs and targeted for higher education. They are a wealth of information in mass, which require a statistical analysis to know how how pervade the scientific and academic world and thus to assess their impact on an educational network. This paper aims to reflect on the MOOC structure, ie use to design and implement any course, in this case MOOC- Integral Calculus. I use a descriptive methodology presented here in this work the most significant to structure a MOOC course of Integral Calculus.

PALABRAS CLAVE | KEYWORDS

MOOC, Integral calculus, Science, virtual courses, online courses, cursos virtuales, cursos en línea, ciencia, TIC, ICT.

Contenido

Introducción	4
Capítulo 1	6
1. MOOCs	6
1.1 Que son los MOOCs.....	6
1.2 Plataformas Integradas	7
1.3 Cursos MOOC de Matemáticas	10
Capítulo 2	13
2. Marco Referencial	13
2.1 Marco teórico.....	13
2.1.1 Porque hacer un curso de Cálculo Integral con MOOCs	13
2.1.2 Cuadros estadísticos de demanda de videos Cálculo Integral Canal	14
2.1.3 Plataforma edX – Unalmed	22
2.1.4 Matemáticas, MOOCs	22
2.1.5 La evaluación.....	25
Capítulo 3	27
3. Curso MOOC.....	27
3.1 Contenido del curso.	27
3.1.1 Unidad 1: Integrales	27
3.1.2 Unidad 2: Aplicaciones de la Integración.....	29
3.1.3 Unidad 3: Sucesiones y Series	30
3.2 Partes del curso.....	31
3.2.1 Logo.....	31
3.2.2 Navegación del MOOC-Cálculo Integral.....	31
3.2.3 Materiales	33
3.3 Comentarios.....	33
3.3.1 Planificación de un Curso MOOC- Cálculo Integral.	33
3.3.2 Forma como se construyó este curso.	35
Capítulo 4	37
4.1 Análisis de resultados.....	37
4.1.1 Conclusiones	39
4.1.2 Trabajo futuro.	40

Introducción

El curso en una plataforma MOOC va dirigido a miles de personas. Se basa en que el estudiante es el autogestor de su conocimiento, las dudas son resueltas por ellos mismos en los foros de discusión. Si estas dudas no son resueltas en un tiempo concreto, el orientador de contenidos entra en el foro a resolver los problemas. La colaboración de los participantes dentro de la plataforma hace que el conocimiento se retroalimente para hacer más rico y variado el proceso de aprendizaje del MOOC.

Una vez que el alumno completa las actividades propuestas durante el curso siguiendo todos los videos y contenidos textuales, llega el momento de hacer la evaluación. Por lo general, los MOOC tienen un test de autoevaluación, que al efectuarlo se obtiene una puntuación.

Un MOOC debe ser lo más pedagógico posible y tener una metodología y filosofía de un verdadero autoaprendizaje. Los cursos son abiertos, relacionados con cualquier área de conocimiento (en este caso Cálculo Integral), que sirven para capacitar y adiestrar a los estudiantes, docentes u otro profesional de todo el mundo, ya que el acceso es virtual.

Los cursos MOOC están soportados en la teoría del conectivismo y de la pedagogía abierta, con el aprendizaje en red.

Características:

- Capacitar y adiestrar a estudiantes, docentes u otros profesionales en cualquier otro curso en línea.
- Los MOOC son abiertos, participarán expertos de este u otros temas.
- Los MOOC son gratuitos.
- Los MOOC se centran en los estudiantes y no en los docentes.

- Los MOOC son soluciones para la creación de cursos masivos en línea.
- Los MOOC, hace que el estudiante participe en diferentes plataformas y formas de interacción.

Los cursos MOOC, tienen una estructura de docentes quienes hacen los contenidos y las lecturas para que el estudiante asimile lo contextual del curso, también elaboran los materiales de apoyo como videos, graficadores y simuladores, y las actividades y evaluaciones, su diferencia radica en que es virtual y no presencial y que dependerá de los estudiantes según su participación para dirigir su proceso cognoscitivo.

Capítulo 1

1. MOOCs

1.1 Que son los MOOCs

MOOC (sigla inglesa): son los cursos masivos, abiertos y en línea, y considerados como una revolución por el gran potencial de información académica que circula para el mundo educativo y en formación.

Los MOOC como tecnología emergente en el mundo educativo tienen incidencia en muchos países en vía de desarrollo, especialmente en la educación, las instituciones de educación superior comienzan a implementarlos debido a su potencial para ofrecer educación gratuita a cualquier persona que quiera su formación personal solo con hacer un click. Estos cursos virtuales irrumpen en el año del 2010 cuando comienzan actividades las universidades de Stanford, MIT y Toronto.

La comunidad científica toma este fenómeno como un movimiento educativo, acelerando su popularidad en el ámbito internacional ofreciendo formación a nivel superior. Pero a su vez hay diferencias sobre el alcance pedagógico de estos, unos lo ven como algo creativo, y otros como algo que discrepa de lo tradicional, es decir marginamiento de la presencialidad del profesor y la tiza o marcador con tablero.

Apenas es algo naciente, y no le hemos dado la oportunidad de emerger lo suficiente como para discrepar de algo novedoso, es sabido que las resistencias a los cambios siempre van a existir y habrá defensores como detractores.

Solo veremos los cambios a partir de algunos pocos años y ahí si podremos saber que tal grado de aceptación van a tener estos cursos MOOCs.

David Wiley, profesor de Utah's University, creó el primer MOOC de la historia, sobre educación (2007). Le siguieron, George Siemens y Stephen Downes (2008) con el MOOC: «Connectivism and Connective Knowledge. Y en el 2011 se matriculan 160.000 personas en la universidad de Stanford para un curso de inteligencia artificial, dictado por los profesores Sebastian Thrun (creador de Udacity) y Peter Norvig. Lo que motivó a un gran

número de académicos a diseñar cursos y exponerlos en las plataformas (LMS), administradas por las universidades en las cuales han trabajado. Los MOOC muestran sus bondades cuando una gran cantidad de profesores investigadores, publican abiertamente, es decir el conectivismo lleva a que los mismos académicos den un toque de originalidad, creatividad y credibilidad a sus trabajos.

Con esto se quiere decir que se ha creado una herramienta más para masificar la educación, los modelos pedagógicos serán reevaluados, se diversificará el modelo educativo de la educación superior, y las editoriales como es el caso de Elsevier ya se ha integrado a la plataforma edX.

1.2 Plataformas Integradas

Las principales plataformas MOOC que hay en el mundo y las entidades que guardan sus contenidos aparecen en la tabla, abajo:

https://en.wikipedia.org/wiki/Massive_open_online_course

MOOCS	ENTIDADES QUE ELABORAN CONTENIDOS
Stanford Online	Stanford University
Coursera	Stanford University, Princeton University, Arizona State University
NPTEL	Indian Institutes of Technology, Indian Institute of Science
Peer to Peer University	n/a
Academic Earth	UC Berkeley, UCLA, University of Michigan, Oxford University

Udacity	Georgia Institute of Technology, San Jose State University, Google, Salesforce.com, Facebook, Cloudera, Nvidia, Autodesk, Cadence
openHPI	launched in September 2012 by the Hasso Plattner Institute at the University of Potsdam, Germany
FutureLearn	University of Birmingham, University of Edinburgh, King's College London, University of Reading, Open University, Monash University, Trinity College Dublin, Warwick University, University of Bath, University of Southampton
OpenClassrooms	Google, Microsoft, IBM, Zendesk, École Polytechnique, CentraleSupélec
OpenLearning	University of New South Wales, Taylor's University, University of Canberra
edX	MIT, Harvard University, Boston University, UC Berkeley, Kyoto University, Australian National University, University of Adelaide, University of Queensland, IIT Bombay, IIM Bangalore, Dartmouth College, Universidad Autonoma de Madrid
iversity	Universidad Autonoma de Madrid, University of Florence, University of Hamburg
One Month	School of Visual Arts

NovoEd	Stanford University, Wharton, Princeton, Darden, Comcast, Carnegie Foundation, Universidad Católica de Chile
Coursmos	Stanford University, Draper University, MIT
Open2Study	James Cook University, Griffith University, University of Wollongong, Flinders University, RMIT University, Central Institute of Technology, Sydney Institute, University of Western Sydney, Polytechnic West, Macquarie Graduate School of Management, Swinburne University of Technology, University of Newcastle, Jordan University of Science and Technology, University of Tasmania, International College of Management, Sydney, Massey University, Macquarie University, South China University of Technology, TAFE SA, Curtin University
Kadenze	Stanford University, Princeton University, UCLA, California Institute of the Arts, School of Art Institute of Chicago, Maryland Institute College of Art, California College of Art, Goldsmiths College, MassArt, Seoul Institute of the Arts, Paris College of Art, National University of Singapore, Cornish College of Art, University of Texas at Austin

1.3 Cursos MOOC de Matemáticas

Ahora bien, si deseamos aprender matemáticas (estadística, álgebra y cálculo), en línea y gratuita, estos se pueden hallar fácilmente.

Son cursos puestos en línea por diferentes universidades, y que son lo más excelso de las matemáticas básicas que se encuentran en las plataformas edX, FutureLearn, Coursera, NovoEd, y Udacity. Tomado de www.skilledup.com

CURSOS PROFESOR	UNIVERSIDAD MOOC	DURACIÓN DEL CURSO	HORAS POR SEMANA
Introduction to Statistics Sebastian Thrun	Udacity	8 weeks	6 hr/week
Visualizing Algebra	San Jose State / Udacity	16 weeks	6 hr/week
College Algebra Julie Sliva Spitzer	San Jose State / Udacity	N/A	N/A
Statistics Sean Laraway	San Jose State / Udacity	16 weeks	6 hrs/week
Calculus One Jim Fowler	Ohio State / Coursera	15 hours	N/A
Calculus: Single Variable Robert Ghrist	UPenn / Coursera	13 weeks	10-12 hrs/wk
Algebra Sarah Eichhorn	UC Irvine / Coursera	N/A	8-10 hrs/wk

<u>Pre-Calculus</u> <u>Sarah Eichhorn</u>	UC Irvine / Coursera	10 weeks	10-12 hrs/wk
<u>Analytic</u> <u>Combinatorics</u> <u>Robert Sedgewick</u>	Princeton / Coursera	6 weeks	6-8 hrs/wk
<u>Linear and Discrete</u> <u>Optimization</u> <u>Friedrich Eisenbrand</u>	Ecole Poytech / Coursera	7 weeks	3-6 hrs/wk
<u>Introduction to</u> <u>Statistics:</u> <u>Descriptive Statistics</u> <u>Ani Adhikari</u>	Berkeley / edX	5 weeks	N/A
<u>Games without</u> <u>Chance:</u> <u>Combinatorial Game</u> <u>Theory</u> <u>Tom Morley</u>	Georgia Tech / Coursera	N/A	1-3 hrs/wk
<u>Introduction to</u> <u>Mathematical</u> <u>Thinking</u> <u>Keith Devlin</u>	Stanford / Coursera	10 weeks	8-10 hrs/wk
<u>Introduction to</u> <u>Logic</u> <u>Michael Genesereth</u>	Stanford / Coursera	8 weeks	5-7 hrs/wk
<u>Elements of</u> <u>Structures</u>	MIT / edX	12 weeks	12 hrs/wk

[Simona Socrate](#)

[Coding the Matrix:](#)

[Linear Algebra](#)

[through Computer](#)

Brown / Coursera

N/A

7-10 hrs/wk

[Science Applications](#)

[Philip Klein](#)

Si vemos bien la tabla, observamos que lo más próximo a Cálculo Integral es Cálculus: Simple Variable impartido por Penn University. Lo que indica que son escasas las universidades que tienen Cálculo Integral en MOOCs y los escasos que aparecen tienen contenidos muy cortos, y en inglés.

Solo hay un curso de MOOC - Cálculo Integral en Latino América para solo 6 semanas en el Tecnológico Nacional de México.

Y este trabajo ofrece un curso MOOC- Cálculo Integral para 14 semanas y que se encuentra alojado en <http://moocs.medellin.unal.edu.co>

Capítulo 2

2. Marco Referencial

En este capítulo se hace una exposición de las estadísticas relacionadas con la demanda de temas de Cálculo Integral a nivel mundial en un solo canal de Youtube, propiedad del autor de este trabajo.

Comprenderemos bajo el sustento gráfico y de cifras, las condiciones de la necesidad técnica e indispensable, de la utilización de los entornos virtuales de aprendizaje (plataformas LMS), la importancia de las TICs en el proceso de enseñanza-aprendizaje y porque es necesario la creación de MOOCs de matemáticas.

2.1 Marco teórico

2.1.1 Porque hacer un curso de Cálculo Integral con MOOCs

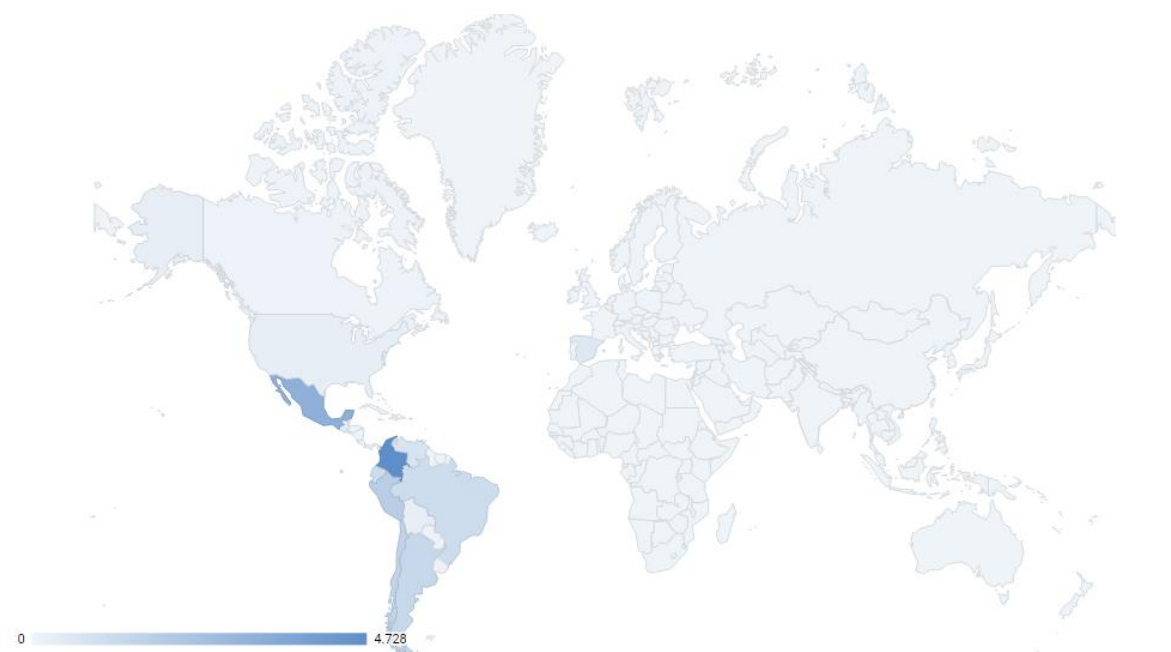
Cálculo Integral con MOOC, el potencial de aprendizaje en línea referido a las matemáticas comienza con varios sitios que hay en la red, y que iniciaron con videos caseros puestos en Youtube que mostraban como resolver un problema matemático, y esta información iba para amigos o familiares de la persona que sin ánimo de lucro ponía el video con el proceso y respuesta del problema a solucionar. Y así otras personas ajenas al entorno familiar de estas personas que solucionaban los problemas matemáticos también veían los videos hasta que se fue masificando su popularidad en la red, se entraba a la era de la educación gratuita y de calidad con acceso de esta información en cualquier lugar del mundo, con conexión a internet. Después de esto, otras personas comenzaron a imitar lo mismo, dentro de ellos el autor de este trabajo, creando video-tutoriales.

Se dio esto porque los estudiantes que tenía a cargo, carecían de muchos conceptos matemáticos, entre ellos, conocimientos básicos de álgebra, que son necesarios para un curso de Cálculo Integral.

Esto incidió para crear dos canales de matemáticas, uno específicamente orientado a álgebra y sus conceptos básicos, y el otro de Cálculo Integral con todos sus temas.

Se ha logrado una cobertura para 70 países del mundo, dentro de ellos hay países de toda América, Europa, Asia, Oceanía hasta Rusia. Lo que se muestra en el gráfico de tráfico de Youtube.

2.1.2 Cuadros estadísticos de demanda de videos Cálculo Integral Canal [Hernan .quiroz - YouTube](#)



Los países con mayor demanda de estos videos, son Colombia y México en Latino américa, pero prácticamente casi todos los países de esta región demandan estos tipos de videos, se observa el color azul de desvanecimiento.

Regiones geográficas principales

Tiempo de visualización

Colombia (27%)
México (19%)
Perú (9,0%)
Chile (8,2%)
Argentina (7,3%)



Fuentes de tráfico

Tiempo de visualización

● Búsqueda en YouTube (57%)
● De reproductores insertados (19%)
● Vídeos sugeridos (19%)
● Otros (5,4%)



Sexo

Visualizaciones

● Hombre (63%)
● Mujer (37%)



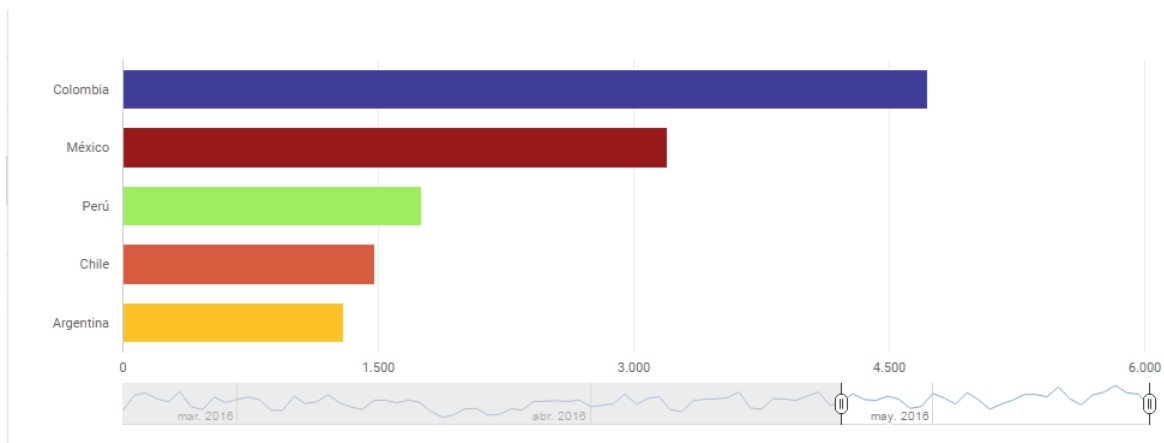
Ubicaciones de reproducción

Tiempo de visualización

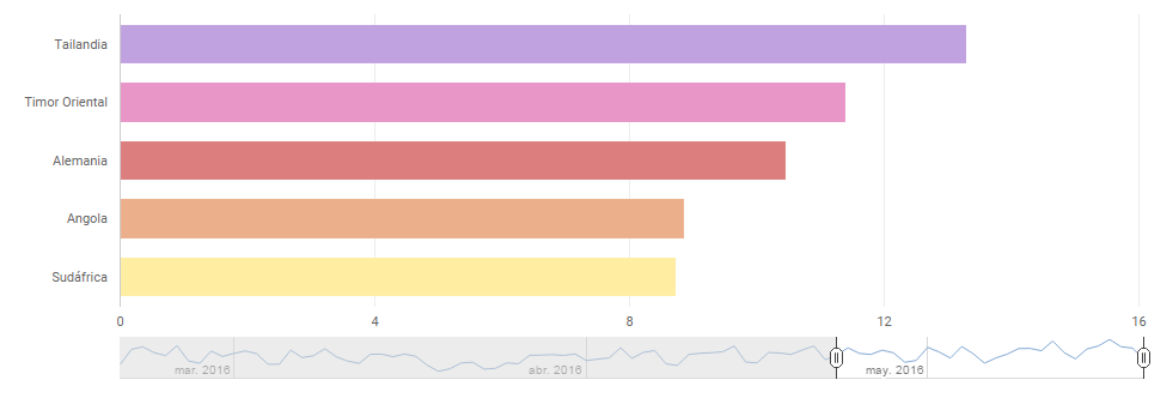
● Página de visualización de YouTube (100%)
● Inserciones en aplicaciones y sitios web externos (0,3%)
● Otras páginas de YouTube (0,0%)



El gráfico de barras muestra los cinco principales países que consultan los videos de Cálculo Integral y de Algebra



Países fuera de América que más ven estos videos de Cálculo integral



Observamos que Alemania es el único país de Europa que se encuentra aquí, entre países Asiaticos y Africanos.

Listado de los países que demandan en el mundo videos de Cálculo Integral y Algebra.

Área geográfica	Tiempo de visualización (minutos)	Visualizaciones
Colombia	4.728 (26%)	2.006 (20%)
México	3.194 (18%)	1.935 (20%)
Perú	1.753 (9,8%)	795 (8,1%)
Chile	1.478 (8,2%)	993 (10%)
Argentina	1.294 (7,2%)	780 (7,9%)
Brasil	1.089 (6,1%)	787 (8,0%)
Ecuador	1.057 (5,9%)	562 (5,7%)
Venezuela	761 (4,2%)	308 (3,1%)
España	550 (3,1%)	430 (4,4%)
Guatemala	313 (1,7%)	115 (1,2%)
El Salvador	293 (1,6%)	188 (1,9%)
Bolivia	278 (1,5%)	162 (1,7%)
Estados Unidos	264 (1,5%)	145 (1,5%)
Panamá	145 (0,8%)	81 (0,8%)
República Dominicana	104 (0,6%)	65 (0,7%)
Costa Rica	98 (0,5%)	55 (0,6%)
Uruguay	86 (0,5%)	51 (0,5%)
Honduras	68 (0,4%)	38 (0,4%)

Italia	64 (0,4%)	82 (0,8%)
Puerto Rico	43 (0,2%)	31 (0,3%)
Nicaragua	39 (0,2%)	24 (0,2%)
Paraguay	34 (0,2%)	32 (0,3%)
Región desconocida	28 (0,2%)	23 (0,2%)
Canadá	25 (0,1%)	12 (0,1%)
Indonesia	15 (0,1%)	6 (0,1%)
Tailandia	13 (0,1%)	2 (0,0%)
Timor Oriental	11 (0,1%)	1 (0,0%)
Alemania	10 (0,1%)	10 (0,1%)
Angola	9 (0,0%)	7 (0,1%)
Sudáfrica	9 (0,0%)	2 (0,0%)
Argelia	7 (0,0%)	2 (0,0%)
Moldavia	6 (0,0%)	2 (0,0%)
Senegal	6 (0,0%)	2 (0,0%)
Guinea Ecuatorial	6 (0,0%)	2 (0,0%)
Portugal	5 (0,0%)	6 (0,1%)
Mozambique	5 (0,0%)	5 (0,1%)
Reino Unido	4 (0,0%)	4 (0,0%)

Croacia	4 (0,0%)	2 (0,0%)
Filipinas	4 (0,0%)	2 (0,0%)
Rusia	4 (0,0%)	2 (0,0%)
Australia	4 (0,0%)	3 (0,0%)
Austria	3 (0,0%)	4 (0,0%)
Cabo Verde	3 (0,0%)	1 (0,0%)
Rumanía	3 (0,0%)	2 (0,0%)
Francia	3 (0,0%)	7 (0,1%)
Marruecos	3 (0,0%)	4 (0,0%)
Bélgica	2 (0,0%)	5 (0,1%)
Bangladés	2 (0,0%)	1 (0,0%)
Polonia	2 (0,0%)	2 (0,0%)
Emiratos Árabes Unidos	2 (0,0%)	1 (0,0%)

Suecia	2 (0,0%)	2 (0,0%)
Pakistán	2 (0,0%)	1 (0,0%)
Curazao	1 (0,0%)	2 (0,0%)
Macedonia	1 (0,0%)	1 (0,0%)
Serbia	1 (0,0%)	2 (0,0%)
Albania	1 (0,0%)	1 (0,0%)

República Democrática del Congo	1 (0,0%)	1 (0,0%)
Chipre	1 (0,0%)	2 (0,0%)
Noruega	1 (0,0%)	1 (0,0%)
Suiza	1 (0,0%)	2 (0,0%)
Arabia Saudí	1 (0,0%)	2 (0,0%)
Cuba	0 (0,0%)	1 (0,0%)
Japón	0 (0,0%)	2 (0,0%)
Bulgaria	0 (0,0%)	1 (0,0%)
Finlandia	0 (0,0%)	1 (0,0%)
Malasia	0 (0,0%)	2 (0,0%)
Aruba	0 (0,0%)	1 (0,0%)
Turquía	0 (0,0%)	1 (0,0%)
Países Bajos	0 (0,0%)	1 (0,0%)
Andorra	0 (0,0%)	1 (0,0%)

Como se ve aquí en esta estadística, el problema es generalizado, los estudiantes en cualquier país del mundo tienen problemas para trabajar con Cálculo Integral por eso acuden a otras fuentes de conocimiento a otras formas de ver de cómo se enseña el Cálculo Integral y que otras técnicas nuevas pueden aprender. La comprensión real del problema lo arroja esta estadística. Hay países desarrollados o industrializados donde la educación es de calidad, mas sin embargo se observa en las estadísticas que los estudiantes recurren a otros profesores virtuales para tratar de entender lo que estudian.

Y también se observa en esta estadística que hay países pobres, donde la necesidad de textos es grande, pero que con conexión a internet acceden a este tipo de canales, también para observar las técnicas de solución de los problemas de Cálculo integral.

Fue toda esta estadística la que hizo repensar sobre como potenciar el video puesto aquí, y la solución era la creación de un curso MOOC- Cálculo Integral, puesto que permite poner texto y complementarlo con los videos.

2.1.3 Plataforma edX - Unalmed

Plataforma LMS-edX (Learning Manegement System) cedida a Unalmed por las universidades de Harvard y el MIT para el almacenamiento de información en forma de MOOCs, y alojada en un servidor Web administrado por Unalmed, quién distribuye y controla las actividades del diseño e implementación de los cursos virtuales (MOOCs), no presenciales (autogestión electrónica) elaborados por docentes que tienen experiencia en enseñar diferentes materias o cursos a nivel universitario.

Dentro de las principales funciones de la plataforma LMS están; matricular usuarios, dar recursos, así como materiales y actividades de formación, permitir el acceso mediante una contraseña, hacer seguimiento del proceso de aprendizaje con evaluaciones virtuales, realizar cuestionarios, gestionar la comunicación entre estudiante y profesor entre otros.

2.1.4 Matemáticas, MOOCs

Se han creado algunos MOOCs para matemáticas por profesores que pertenecen a los departamentos de matemáticas de algunas universidades. El Profesor Robert Ghrist es uno de ellos. (<https://www.coursera.org/instructor/robghrist>)

(Universidad de Pennsylvania) fue el primero en crear con éxito un MOOC de Cálculo.



<https://www.coursera.org/learn/single-variable-calculus/lecture/d8CQu/introduction>

Con los siguientes temas:

Part 1: Functions

Part 2: Differentiation

Part 3: Integration

Part 4: Applications

Part 5: Discrete Calculus

El Profesor Ghrist dice que su motivación fue por la oportunidad de presentar el cálculo desde su punto de vista [1].

La parte 3 que es de Integración está estructurada y compuesta por los siguientes temas:

Week 1	Integrating Differential Equations	Week 2	Techniques of Integration
	About this Course Indefinite Integrals A Simple O.D.E. More O.D.E.s O.D.E. Linearization		Integration by Substitution Integration by Parts Trig Substitution Partial Fractions
	Quiz: Core Homework: Indefinite Integrals Quiz: Core Homework: A Simple O.D.E. Quiz: Core Homework: More O.D.E.s Quiz: Core Homework: O.D.E. Linearization		Quiz: Core Homework: Integration by Substitution Quiz: Core Homework: Integration by Parts Quiz: Core Homework: Trig Substitution Quiz: Core Homework: Partial Fractions
Week 3	The Fundamental Theorem of Integral Calculus	Week 4	Dealing with Difficult Integrals
	Definite Integrals The F.T.I.C.		Improper Integrals Trigonometric Integrals Tables and Software Chapter 3 Review & Exam
	Quiz: Core Homework: Definite Integrals Quiz: Core Homework: The F.T.I.C.		Quiz: Core Homework: Improper Integrals Quiz: Core Homework: Trigonometric Integrals Quiz: Chapter 3: Integration - Exam

<https://www.coursera.org/learn/integration-calculus>

Muchos matemáticos se resisten a la idea de crear un curso en línea de su materia. Aún no hay razones claras para esto, cuando pueden llegar a una audiencia de más de 100.000 estudiantes de educación superior.

Alguien puede decir que las matemáticas son muy duras como para ser plasmadas y enseñadas en un MOOC.

En un artículo escrito por Harvey Diamond [3], dice que es una oportunidad para que los estudiantes reproduzcan apartes de las clases localizadas en los MOOC.

Es difícil saber de cómo aprenden los estudiantes, que estrategias, metodologías o herramientas usan para aprender y podemos decir que un MOOC es una herramienta más o una extensión del profesor que puede por lo menos ayudar a algunos estudiantes a su logro personal.

Se pueden estructurar estos cursos de una forma eficiente si tanto el profesor que enseña matemáticas así como los ingenieros informáticos o de sistemas se unen para plantear un diseño eficiente que corresponda con los cursos de matemáticas.

Es necesario crear una cultura y experiencia MOOC total para los estudiantes de la educación superior ya que su alcance en combinación con las clases presenciales magistrales puede potenciar el desarrollo de las matemáticas.

2.1.5 La evaluación

Un MOOC en Cálculo Integral puede evaluar, ya que hay seres humanos detrás de todo esto que intervienen en el diseño y la escritura y que pueden muy bien supervisar y clasificar todo tipo de preguntas.

Se sabe que Cálculo Integral es un curso para tener disciplina de estudio, capacidad de análisis, por lo que puede tener un poco de dificultad inicialmente, cuando el estudiante comience su proceso de autogestión.

Proceso que consiste en que los estudiantes siguen los videos MOOC, es decir extra clase y, hacen y practican los ejercicios planteados allí, luego discuten los problemas y hacen las preguntas pertinentes en clase, es una propuesta académica que se ha venido dando, llamada clase al revés ya probada en algunas instituciones, especialmente en la universidad de Potsdam (Alemania) por el Profesor Christian Spannagel.

En la universidad de Yale [5] se informa del éxito de un MOOC –Cálculo Integral alojado en Coursera. Donde el departamento de matemáticas enseña lo básico de la integración como son las técnicas de integración. Los estudiantes ven algunas clases, las vuelven a ver cuando sea necesario, y luego trabajan problemas planteados en el MOOC. Los estudiantes dicen que cuando toman las clases magistrales presenciales, previamente han visto un MOOC de Cálculo Integral para ver como un profesor ya profesional plantea y resuelve un problema de estos.

Los MOOCs permiten que los estudiantes más avanzados puedan ir a un ritmo más acelerado, y que su progreso no pueda ser estancado por sus compañeros rezagados.

Todos los que enseñamos matemáticas, tenemos diferentes talentos, algunos somos capaces de resolver problemas, otros pueden ver el mundo real plasmado en formulas, algunos son rápidos para seguir una tendencia, y otros lo hacen mejor que nadie.

Entonces porque no suponer que los estudiantes de matemáticas o ingenierías también poseen diferentes talentos matemáticos, y podemos darles la oportunidad de experimentar una amplia variedad de métodos de enseñanza, incluyendo un MOOC de

Cálculo Integral, permitiéndoles a algunos estudiantes de experimentar un mejor resultado junto con las clases magistrales.




Capítulo 3


3. Curso MOOC


3.1 Contenido del curso.




El contenido del curso de Cálculo Integral en este MOOC consta de tres secciones o cuerpos distribuidos así, teniendo en cuenta el programa oficial de Cálculo Integral ofrecido por la Universidad Nacional Sede Medellín:


3.1.1 Unidad 1: Integrales




▼ Unidad 1: Integrales   


 Scheduled: Jan 02, 2020 at 00:00 UTC




 Contains staff only content


▶ Sumatoria   




 Scheduled: Jan 02, 2020 at 00:00 UTC


▶ El problema del área   




 Scheduled: Jan 02, 2020 at 00:00 UTC


▶ La integral definida   




 Scheduled: Jan 02, 2020 at 00:00 UTC


▶ Antiderivadas   




 Scheduled: Jan 02, 2020 at 00:00 UTC


▶ Evaluación de integrales definidas   

 Scheduled: Jan 02, 2020 at 00:00 UTC

▶ El teorema fundamental del cálculo.   

 Scheduled: Jan 02, 2020 at 00:00 UTC

▶ Técnicas de integración   

 Scheduled: Jan 02, 2020 at 00:00 UTC

En esta unidad veremos la parte introductoria al Cálculo Integral, que va desde la comprensión de la sumatoria hasta las técnicas de Integración, es la parte neurálgica del curso, si así se le puede llamar, puesto que entramos a la parte donde debemos aplicar todo lo que sabemos de álgebra o matemáticas operativas y donde aprenderemos a

confrontar nuestra capacidad analítica para resolver un problema con cierto grado de dificultad.

Es básico saber que es el área, como se halla esta, tratar de entender que el área que sabemos buscar se encuentra con las figuras geométricas regulares conocidas (cuadrados, rectángulos triángulos, trapecios, círculos), pero cuando tenemos áreas irregulares, qué hacer?, como hallar estas áreas?, precisamente para eso surge el Cálculo Integral, para hacer uso de estas figuras regulares y aplicarlas a las áreas irregulares, que en combinación con la sumatoria, nos dará un resultado sorprendente.

Aprenderemos de esta sección sobre las antiderivadas, es decir, que tanto las integrales como las derivadas son procesos totalmente inversos, pero no siempre será así, depende de la integral y de la función inicial. En muchas ocasiones hay soluciones de una ecuación diferencial que dan en forma integral, y requerimos analizar si crece o decrece, entonces debemos derivar la integral y luego estudiar el signo de la derivada.

Y por último las técnicas de integración que son vitales para solucionar problemas de aplicación de la vida real.

3.1.2 Unidad 2: Aplicaciones de la Integración

The screenshot shows a course unit interface. At the top, it displays the unit title 'Unidad 2: Aplicaciones de la integración' with a gear icon, a trash icon, and a vertical ellipsis. Below the title, there is a clock icon and the text 'Scheduled: Jan 02, 2020 at 00:00 UTC'. A lock icon is followed by the text 'Contains staff only content'. The main content area consists of five expandable sections, each with a right-pointing arrow, a title, a clock icon, and the text 'Scheduled: Jan 02, 2020 at 00:00 UTC'. Each section also has a gear icon, a trash icon, and a vertical ellipsis on the right side. The sections are: 'Cálculo de áreas', 'Longitud de Arco y Área de Superficie de Revol...', 'Cálculo de volúmenes', 'Modelos de crecimiento poblacional', and 'Aplicaciones a la física y a la ingeniería'.

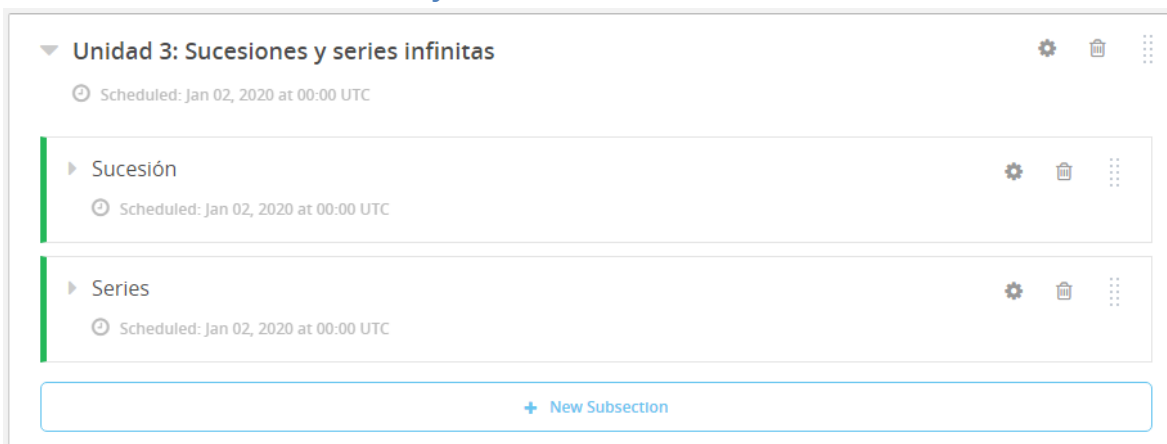
Aquí en esta sección veremos el campo de aplicación de las integrales, desde como hallar un área hasta llegar a los problemas de la vida real o del mundo real.

En esta sección se adaptaron algunos problemas para que el estudiante se familiarizase con las integrales y poder ver el campo de acción de estas en su entorno.

Otra de las cosas es que aprenda a ver y hacer objetos en 3D partiendo de una figura 2D, y así potenciar su imaginación para que vaya más allá de lo que se le entrega en estos capítulos.

Es de anotar que la imaginación puede ir más allá si se hace uso de los simuladores y graficadores que se les entrega aquí, aunque si el estudiante es recursivo puede usar otros para tratar de entender el mundo que lo rodea con la tecnología apropiada.

3.1.3 Unidad 3: Sucesiones y Series



Y por último la sección se Sucesiones y Series, donde trataremos la convergencia o divergencia de una serie, aquí vamos a aprender a diferenciar una sucesión de una serie y las clases de series que hay, como diferenciarlas entre si y como operar con ellas.

Es un capítulo de mucho análisis al hacer uso de los diferentes criterios o pruebas para probar que una serie converge o diverge, los graficos que ayudarán a comprender con rigor lo que sucede.

3.2 Partes del curso.

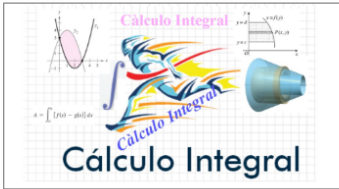
3.2.1 Logo

Este MOOC de Cálculo Integral se identifica con el logo, acompañado de una breve descripción.

Cálculo Integral *Unalmed*

YOU ARE REGISTERED FOR THIS COURSE

VIEW COURSEWARE



overview

CÁLCULO INTEGRAL

Bienvenidos a la clase de Cálculo Integral!! Estamos muy contentos de ofrecer este curso en forma virtual, un curso que le ayudará a prepararse para Ecuaciones Diferenciales y a otra materias que tienen que ver con tu carrera. Cada semana, van a ver pruebas de práctica, enlaces a simuladores para que verifiquen sus problemas elaborados a mano y videos asociados con el material, es decir hay una multimedia completa para que ustedes la usen y saquen el mejor provecho de esto

REQUISITOS

Para este curso, deberás haber aprobado Cálculo Diferencial, tener buenos conocimientos de álgebra y ser habilidoso para graficar

ESTE CURSO ES ELABORADO POR HERNAN DARIO QUIROZ, DOCENTE CÁTEDRA DE LA UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA Y ASPIRANTE A LA MAESTRIA EN ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA-SEDE MEDELLÍN



Hernán Quiroz

Ingeniero Químico, egresado de la Universidad de Antioquia, he sido docente en varias universidades de Medellín, entre ellas Eafit, Colegio Mayor de Antioquia, Instituto Tecnológico Metropolitano de Medellín (I.T.M), Universidad de Antioquia y con experiencia internacional docente (Overseas), trabajando para South Caroline University en Africa, propiamente en Guinea Ecuatorial junto con la Universidad Nacional de Guinea Ecuatorial(UNGE-EUIT), en todas ellas enseñando Cálculo diferencial e Integral, Química General y Geometría Euclidiana.

Course Number	1000005
Classes Start	Jan 02, 2020
Classes End	Jan 03, 2020

3.2.2 Navegación del MOOC-Cálculo Integral

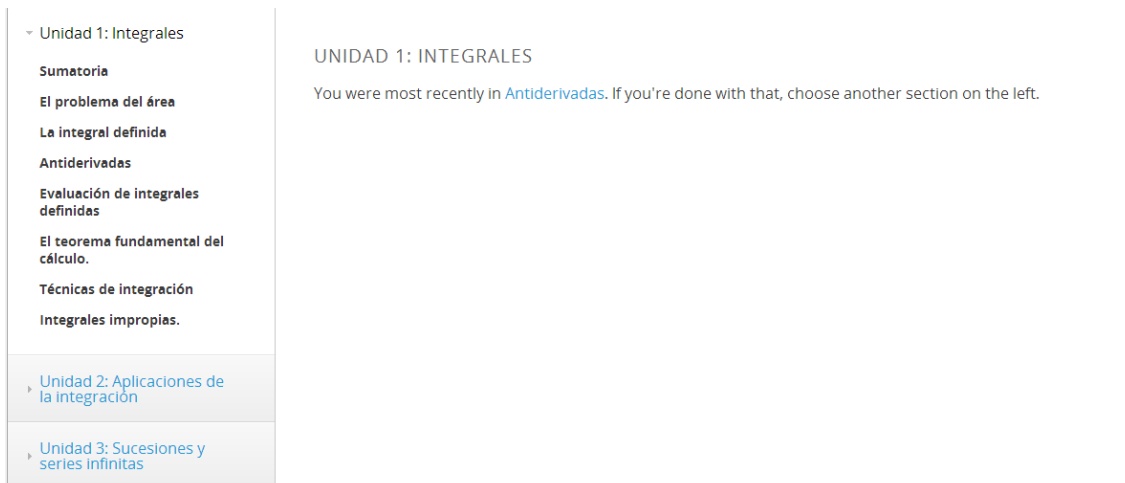
Para ubicar el sitio de este MOOC, se accede a través del link

<http://moocs.medellin.unal.edu.co>

Y deberá salir una interfaz como esta, donde aparece el repositorio de cursos que aloja la plataforma edX-Unalmed, se le dá click al curso de Cálculo Integral y se comienza a navegar.



Cuando comienzo a navegar, veremos esta interfaz, con el menú que aparece a la izquierda, y donde aparecen los tres cuerpos que tiene este curso, representados a Unidad 1, Unidad 2 y Unidad 3, se le da click a la unidad que se quiera ver. Cada unidad tiene los temas a tratar, con un solo click sobre cualquiera de los temas que aparece debajo de cada unidad se accede a la información.



Ejemplo se hace click a **Sumatoria**, aparece esta interfaz con una barra de navegación en la parte superior como se ve en la imagen, y para comenzar el tema se accede en orden dando click de izquierda a derecha sobre cada ícono (etiquetas) de la barra y donde aparece un índice de los temas a tratar, solo en esa sección, y así sucesivamente para el resto de unidades.

3.2.3 Materiales

Para los módulos y su estructura genérica vamos a implementar material audiovisual (Videos elaborados por el autor de este trabajo), material complementario de texto para contextualizar el concepto, autoevaluaciones centradas en actividades para él estudiante, y material generado con ayuda de simuladores y graficadores.

Si un estudiante deseara estudiar un módulo de un MOOC, debe de invertir por lo menos 8 horas en dos semanas, el estudiante debe saber que un MOOC supone trabajo, y es dedicación de 4 horas semanales.

-Audiovisuales. En cada módulo hay vídeos de presentación de los problemas referentes a cada tema, que abordan la resolución de estos con técnicas conocidas dentro del Cálculo. Esto videos se alojan en YouTube e incorporados luego al MOOC de Cálculo Integral.

-Complementos. El diseño de un módulo MOOC debe ser equilibrado, es decir no hacerlo todo en audiovisuales, pero tampoco todo en texto escrito, debe haber material documental escrito para facilitar la comprensión de las definiciones y poder entender lo que hay en el video. El texto escrito y el material audiovisual son un complemento alojados en un MOOC, y que facilita al estudiante ver y leer cuantas veces quiera. El material de texto no es un resumen del video, y el video es un apoyo para el material de texto cuando en él se muestra cómo se resuelve un problema.

-Actividades. Una vez leído y entendido el texto y una vez visto y comprendido el video debe haber una actividad. Es un bloque de 10 preguntas representadas en problemas a resolver con respuestas de múltiple escogencia en las primeras secciones de este curso virtual (Unidad 1), cuando la respuesta es errada, se le aconseja al estudiante volver a repasar el módulo

-Gráficos y dibujos. Servirá de material de apoyo tanto para el texto escrito como para los videos, y dentro de los videos también habrá dibujos y figuras, todo esto en un MOOC.

3.3 Comentarios.

3.3.1 Planificación de un Curso MOOC- Cálculo Integral.

La planificación de un MOOC-Cálculo Integral parte de saber con qué recursos cuenta, que recursos va a consumir, cuáles serán los recursos tecnológicos extras o

complementarios que va a usar y tener previo conocimiento del manejo de la plataforma donde va a estar alojado el curso virtual.

De tanta tecnología educativa que está llegando y que hay, siempre nos vamos a formular preguntas, de por qué un MOOC, de que por qué una plataforma MOODLE, pero habrán respuestas a estos interrogantes, y una de esas respuestas es que podemos almacenar información académica de una forma más dinámica y activa, la comunidad educativa debe tener presente el factor de la inclusión de los datos en plataformas virtuales, es decir una especie de bitácora en forma de MOOC, para que los docentes que imparten un curso puedan diseñar, rediseñar y formular nuevos conceptos en matemáticas, ejemplo, un nuevo método para integrar como es el caso de la integración por partes y el uso de la técnica de tabulación. Las instituciones de educación superior deben de hacer inversión en estos recursos tecnológicos, en este nuevo método de entregar la educación a las nuevas generaciones.

Razones por la cuales se puede dar: alcance y acceso fácil, construcción y mantenimiento del MOOC sin problemas, rendimiento en aspectos económicos, posibles cambios en resultados educativos, innovación en estrategias para enseñar y aprender, y por último es una puerta de entrada a la investigación en enseñanza y aprendizaje.

Para hacer un MOOC se requiere de intensos esfuerzos, el desarrollo de un MOOC va en dirección de planeación por parte del docente que lo quiera impartir, y debe facilitar la visualización del curso una vez que esté en vivo (con acceso a los estudiantes), también requiere de una gran cantidad de tiempo significativo para un solo docente que quiera diseñarlo (500 horas aprox.= 21 días sin parar), por lo tanto el trabajo debe ser colaborativo para acortar tiempos y que los docentes que van a diseñar e implementar deban tener disposición y voluntad para aunar esfuerzos. El docente experto en la materia o curso a dictar, que se prepare para diseñar un curso MOOC, requiere de un equipo, cada uno con diferentes funciones en las áreas que domina, de tal forma que pueda dar apoyo y poder así darle vida al contenido del curso, y que tenga la capacidad de crear un ambiente de aprendizaje a los estudiantes del curso.

3.3.2 Forma como se construyó este curso.

En el mundo hay varias universidades ofreciendo sus contenidos en plataformas dinámicas llamadas MOOCs, una forma de ofrecer conocimiento a gran cantidad de personas ya sean estudiantes o no.

Pues bien, la Universidad Nacional de Colombia a través de sus profesores de informática no se quedarían atrás en este empeño de ofrecer conocimientos, la universidad adquiere un nexo con la universidades de Harvard el MIT a través de su plataforma virtual *edX*, para almacenar información académica de los cursos que imparte y comienza por el departamento de Física, que es donde se le ha dado empuje a esta iniciativa, se plantea la necesidad de un curso de Cálculo Integral, y se comienza el proceso con un solo docente (autor de este trabajo), estudiante de la Maestría en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales.

Debido a la experiencia de dictar este curso durante 20 años, se planea como diseñar el curso con el Profesor- Director del departamento de Física quien aparece aquí en el encabezamiento y direccionando este trabajo junto con el autor del mismo, y lo primero es hacer un reconocimiento de este nuevo ambiente virtual, conocer una nueva plataforma dinámica, aprender a operarla e inmergirse en ella, para entenderla.

Una vez que se logra esto, se parte del programa oficial de Cálculo Integral que se imparte a los estudiantes de la Universidad Nacional en Medellín, se toma como material de trabajo los talleres que los profesores de Cálculo Integral de la Universidad Nacional dan a sus estudiantes para que practiquen como trabajo independiente. Se toman estos problemas propuestos como material de referencia para hacer los videos, ya que ahí reside la filosofía de la esencia de los contenidos y lo que los profesores desean enseñar.

Se hace un sondeo a través de la red de algunos MOOCs, especialmente de las universidades de Ohio, Pensilvania, y Stanford, (no aparecen completos), para ver bajo que estándares debería hacerse un curso de Cálculo Integral, y se toma como premisa de trabajo que el curso a diseñar mantendría estos estándares o debería mejorarlos, todo

esto teniendo como referencia el programa oficial de Cálculo Integral de la Universidad Nacional de Colombia sede Medellín.

Una vez establecidos estos protocolos, se formaliza el diseño, desde texto, contexto, definiciones, graficos, videos y algo nuevo, uno: enrutar al estudiante en la utilización de las TICs, desde graficadores hasta simuladores en línea, y dos: mostrar al estudiante que el Cálculo Integral está en la vida real, con la presentación de algunos problemas adaptados para esto.

Se busca también en la red el software que va a servir de soporte para los diseños, es decir software para escritura, para dibujo (2D, 3D), de interacción (simuladores, graficadores), y se analiza la forma de integrarlos a la vez para el diseño de los graficos, es decir que para el diseño de un dibujo se pueden integrar hasta 4 software (puede tomar hasta dos horas hacer un dibujo con todo sus detalles) , todo esto libre o gratuito.

Los videos se logran, gracias al software libre, y a la utilización de tecnología de infrarrojo, en combinación con video proyectores para proporcionar la escritura, debido a la amplitud de la imagen, el audio puede desmejorar, pero todos los videos son audibles.

Los problemas que aparecen resueltos en los videos son los problemas que están en los talleres que envían los profesores a sus estudiantes para que resuelvan en casa, es una forma de potenciar el conocimiento al estudiante.

Se tuvo como principio general, no copiar libros, no copiar imágenes, las imágenes fueron creadas por el autor de este trabajo.

Muchas veces uno como docente de matemáticas, se enfrenta a preguntas de los estudiantes como son: *profe y para qué sirve eso?*, *profe y en la vida real en que se aplica eso?*, y muchas veces no sabemos contestar o no tenemos la respuesta precisa para responder, debido a esto se le da ese enfoque a este MOOC.

Capítulo 4

4.1 Análisis de resultados.

De acuerdo al Programa oficial de Cálculo Integral (2015) de la Universidad Nacional de Colombia- Sede Medellín, se estructuró y planificó el curso MOOC-Cálculo Integral para ser puesto en escena en su totalidad.

Clase	Sección	Tema
		Capítulo 1 – Integrales
1	(5.1)	Operador sumatoria. Propiedades. Algunas sumatorias comunes El problema del Área y el problema de la distancia.
2	(5.2)	La integral definida: definición, evaluación de integrales utilizando Sumas de Riemann, propiedades de la integral definida.
3	(4.8)	Antiderivadas. Integrales indefinidas. Aplicaciones de las antiderivadas (movimiento rectilíneo).
4	(5.3)	Evaluación de integrales definidas: Teorema de evaluación. Aplicaciones: Teorema de cambio total.
5 y 6	(5.4), (5.5) y (5.6)	El teorema fundamental del cálculo. La regla de sustitución. Integración de funciones simétricas. Integración por partes.
7	(5.7)	Técnicas de integración adicionales: integrales trigonométricas, sustitución trigonométrica.
8	(5.7) y Apéndice G	Técnicas de integración adicionales: integración de funciones racionales por fracciones parciales.
9	(5.10)	Integrales impropias. Teorema de comparación.
		Capítulo 2 – Aplicaciones de la integración (En este capítulo se sugiere que el estudiante use tablas de integración para resolver los problemas)
10 y 11	(6.1) y (1.7)	Cálculo de áreas: áreas entre curvas, curvas paramétricas y áreas encerradas por curvas paramétricas.
12	Apéndices H1 y H2	Coordenadas polares, curvas en polares, áreas en coordenadas polares.
13	(6.4) y (6.5)	Longitud de arco (paramétricas, cartesianas y polares), valor promedio de una función, teorema del valor medio para integrales.
14	(6.2) y (6.3)	Cálculo de volúmenes.

15 y 16	(6.6)	Aplicaciones a la física y a la ingeniería: trabajo, momentos y centros de masa, presión y fuerza hidrostática.
17 y 18	(7.1), (7.3), (7.4)	Modelos de crecimiento poblacional. Ecuaciones diferenciales generales. Ecuaciones separables. Problemas de mezclas. Ley de crecimiento natural, ley de desintegración natural. Ley de enfriamiento de Newton. Ejemplos.
		Capítulo 3 – Sucesiones y series infinitas
19	(8.1)	Sucesiones.
20	(8.2)	Sucesiones monótonas y acotadas. Series: suma parcial, series convergente y divergente, la serie geométrica, la serie armónica, prueba de la divergencia.
21	(8.3)	Pruebas de la integral, series p , prueba de comparación y comparación en el límite.
22	(8.4)	Otras pruebas de convergencia de series: series alternantes, estimación de la serie alternante, convergencia absoluta.
23	(8.4) y (8.5)	Prueba de la razón y prueba de la raíz. Series de potencias. Intervalo y radio de convergencia.
24	(8.6)	Representación de funciones como series de potencias, derivación e integración de series de potencias.
25	(8.7)	Series de Maclaurin y de Taylor. Polinomio de Taylor.
26	(8.8)	Aproximación de funciones por polinomios de Taylor.

Se hicieron evaluaciones de otros MOOCs con estándares internacionales para acoplar este curso virtual a las necesidades del estudiantado de la Universidad Nacional Sede Medellín.

En comparación con el programa que aparece en el numeral [2.1.3](#), vemos que es más robusto este curso que se plantea aquí.

En el programa de Cálculo que aparece en este numeral, al verlo, vemos que carece de texto de apoyo, pero si tiene mucho material audiovisual, y muchas tareas pero con escasos tres problemas por sección para hacer, además de esto solo aparece como grueso del curso las técnica de integración omitiendo lo demás, y así hay otros MOOCs consultados que solo remite al enfoque personal del autor pero no al de una Institución. Sugiero que es por el tiempo a invertir en estos cursos, la planificación y el desarrollo de ellos demanda mucho tiempo.

4.1.1 Conclusiones

El MOOC-Cálculo Integral se origina porque las estadísticas arrojadas por el canal Youtube del autor de este trabajo, revela la necesidad imperiosa de los estudiantes de otros países y del nuestro (Colombia), ya sean ricos o pobres de acceder al conocimiento que a veces muchos libros o textos no saben transmitir al estudiante, hablamos de que muchos textos omiten pasos intermedios en los ejercicios ejemplo, o que a veces están mal redactados y obliga a los estudiantes a otras alternativas para aprender como es el caso de un texto dinámico, muchas veces también se recurre a la búsqueda de videos por la metodología utilizada por muchos profesores para transmitir sus conocimientos.

Nace el fenómeno MOOC que ha removido las viejas estructuras anquilosadas de la educación superior, teniendo como protagonista principal las tecnologías.

Donde el video y el texto dan vida al conocimiento de una forma dinámica, contextualizada y didáctica a través de los gráficos y dibujos y que fue algo que se quiso demostrar en este trabajo.

Se sabe que aún va a ver mucha resistencia a este tipo de tecnologías, pero como dice el Rector de la Universidad de Stanford, *“esta vino para quedarse”*, y obviamente es motivo de cuestionamientos y reflexiones desde el punto de vista pedagógico.

Lo vídeos que aparecen aquí en este trabajo, solo aparecen con el texto dinámico de infrarrojo y el audio del autor de este trabajo, se hizo así ya que es de considerar que si aparece la imagen de un profesor en primer plano este resulta ser un distractor para el estudiante, mientras que en primer plano solo debe aparecer la escritura y resolución del problema.

4.1.2 Trabajo futuro.

-El MOOC-Cálculo Integral debería tener un componente que acredite al estudiante que ha hecho la tarea, es decir dar una calificación dentro de lo normal como una actividad extra clase de tal manera de incentivar su esfuerzo por estudiar y eso se hace midiéndolo con las actividades propuestas aquí.

-Enlazar las universidades locales en un esfuerzo para hacer material didáctico y un banco de pruebas, preguntas o actividades parecidas a exámenes, para que el estudiante se pruebe.

-Probar que los MOOCs ofrecen información de calidad con una estructura pedagógica coherente y así sacar partido a las tecnologías de aprendizaje emergentes como son los MOOCs.

-Para que este MOOC- Cálculo Integral sea más realístico debemos integrar las tecnologías de realidad virtual y realidad aumentada, solo para los dibujos que aparecen en este curso, y que el estudiante vea las ventajas que puede traer esto cuando se pasa de la imagen 2D a 3D rotando él objeto.

References

- [1] R. Ghrist, MOOCs and the future of mathematics, Notices of the AMS, www.ams.org/notices/201310/rnoti-p1277.pdf
- [2] Musings on MOOCs, Notices of the AMS, www.ams.org/notices/201401/rnoti-p69.pdf
- [4] Presidential Views, Interview with Eric Friedlander, Notices of the AMS, www.ams.org/notices/201302/rnoti-p218.pdf
- [5] <https://yalealumnimagazine.com/articles/4268/the-digital-evolution-of-teaching-at-yale>