

Guia docent

820746 - BMR - Biomassa i Residus

Última modificació: 13/03/2025

Unitat responsable: Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Industrial de Barcelona
Unitat que imparteix: 724 - MMT - Departament de Màquines i Motors Tèrmics.

Titulació: **Curs:** 2025 **Crèdits ECTS:** 2.5
Idiomes: Anglès

PROFESSORAT

Professorat responsable: Velo Garcia, Enrique
Altres: César Alberto Valderrama
Frederic Horta Sellarés
Pol Arranz Piera

CAPACITATS PRÈVIES

- Estequiometria de les reaccions químiques.
- Fonaments de termodinàmica.
- Fonaments de transferència de calor.

REQUISITS

- Equips tèrmics.

COMPETÈNCIES DE LA TITULACIÓ A LES QUALS CONTRIBUEIX L'ASSIGNATURA

Específiques:

CEMT-1. Entendre, descriure i analitzar, de forma clara i àmplia tota la cadena de conversió energètica, des del seu estat com a font d'energia fins al seu ús com a servei energètic. Identificar, descriure i analitzar la situació i característiques dels diferents recursos energètics i dels usos finals de l'energia, en les seves dimensions econòmica, social i ambiental; i formular judicis valoratius.

CEMT-4. Realitzar de forma eficient l'obtenció de dades de recursos renovables d'energia i el seu tractament estadístic, així com aplicar coneixements i criteris de valoració en el disseny i avaluació de solucions tecnològiques per a l'aprofitament de recursos renovables d'energia, tant per a sistemes aïllats com connectats a xarxa. Reconèixer i valorar les aplicacions tecnològiques innovadores en l'àmbit de l'aprofitament dels recursos renovables d'energia.

CEMT-5. Aplicar criteris tècnics i econòmics en la selecció de l'equip tèrmic més adequat per a una determinada aplicació. Dimensionar equips i instal·lacions tèrmiques. Reconèixer i valorar les aplicacions tecnològiques innovadores en l'àmbit de la producció, transport, distribució, emmagatzematge i ús de l'energia tèrmica.

CEMT-7. Analitzar el comportament d'equips i instal·lacions en operació per tal d'elaborar un diagnòstic valoratiu sobre el seu règim d'explotació i d'establir mesures dirigides a millorar l'eficiència energètica dels mateixos.

METODOLOGIES DOCENTS

Metodologies docents

Durant el desenvolupament de l'assignatura es faran servir les següents metodologies docents:

- Classe magistral o conferència (EXP): exposició de coneixements per part del professorat mitjançant classes magistrals o bé per persones externes mitjançant conferències convidades.
- Classes participatives (CP): resolució col·lectiva d'exercicis, realització de debats i dinàmiques de grup amb el professor o professora i altres estudiants a l'aula; presentació a l'aula d'una activitat realitzada de manera individual o en grups reduïts.
- Treball teòric-pràctic dirigit (TD): realització a l'aula d'una activitat o exercici de caràcter teòric o pràctic, individualment o en grups reduïts, amb l'assessorament del professor o professora.
- Projecte, activitat o treball d'abast reduït (PR): aprenentatge basat en la realització, individual o en grup, d'un treball de reduïda complexitat o extensió, aplicant coneixements i presentant resultats.
- Projecte o treball d'abast ampli (PA): aprenentatge basat en el disseny, la planificació i realització en grup d'un projecte o treball d'àmplia complexitat o extensió, aplicant i ampliant coneixements i redactant una memòria on s'aboca el plantejament d'aquest i els resultats i conclusions.
- Activitats d'Avaluació (EV).

Activitats formatives:

Durant el desenvolupament de l'assignatura es faran servir les següents activitats formatives:

Presencials

- Classes magistrals i conferències (CM): conèixer, comprendre i sintetitzar els coneixements exposats pel professorat mitjançant classes magistrals o bé per conferenciant.
- Classes participatives (CP): participar en la resolució col·lectiva d'exercicis, així com en debats i dinàmiques de grup, amb el professor o professora i altres estudiants a l'aula.
- Presentacions (PS): presentar a l'aula una activitat realitzada de manera individual o en grups reduïts.
- Treball teòric pràctic dirigit (TD): realitzar a l'aula una activitat o exercici de caràcter teòric o pràctic, individualment o en grups reduïts, amb l'assessorament del professor o professora.

No Presencials

- Projecte, activitat o treball d'abast reduït (PR): dur a terme, individualment o en grup, un treball de reduïda complexitat o extensió, aplicant coneixements i presentant resultats.
- Projecte o treball d'abast ampli (PA): dissenyar, planificar i dur a terme individualment o en grup un projecte o treball d'àmplia complexitat o extensió, aplicant i ampliant coneixements i redactant una memòria on s'aboca el plantejament d'aquest i els resultats i conclusions.
- Estudi autònom (EA): estudiar o ampliar els continguts de la matèria de forma individual o en grup, comprenent, assimilant, analitzant i sintetitzant coneixements.

OBJECTIUS D'APRENTATGE DE L'ASSIGNATURA

Objectius

L'àmbit de l'assignatura correspon a les tecnologies d'aprofitament energètic de la biomassa i dels residus. En aquest àmbit es pretén que els estudiants adquireixin els coneixements i habilitats necessaris per a la descripció i selecció d'equips, així com per al càlcul de prestacions d'equips i instal·lacions preexistents a nivell bàsic o de pre-projecte. Es pretén donar un visió global de les tecnologies i mètodes que permeti l'estudiant fer valoracions i estudis d'alternatives en la realització de projectes d'enginyeria.

Resultats de l'aprenentatge

Al finalitzar l'assignatura, el/la estudiant:

- Entén el paper de la biomassa en el context del sistema energètic mundial i regional, les seves connotacions econòmiques, socials i ambientals, així com l'impacte de les tecnologies en un context local i global i és capaç d'elaborar judicis valoratius sobre oportunitats, amenaces i barreres en la seva utilització.
- Coneix de les organitzacions rellevants, els principals projectes en l'àmbit internacional, les principals fonts d'informació i les normatives relacionades amb les tecnologies de la biomassa.
- Disposa dels coneixements, habilitats i elements d'anàlisi i judici necessaris per dur a terme un projecte, a escala d'enginyeria bàsica, relacionat amb la qualitat i/o el proveïment d'energia utilitzant les tecnologies de la biomassa.
- Disposa dels coneixements, habilitats i elements d'anàlisi i judici necessaris per plantejar un estudi de pre-viabilitat, relacionat amb la utilització de sistemes d'energia de la biomassa en diferents sectors industrials i de serveis.
- Coneix les principals línies de recerca en l'àmbit de les tecnologies de la biomassa i els residus i es capaç d'aportar idees innovadores.

HORES TOTALES DE DEDICACIÓ DE L'ESTUDIANTAT

Tipus	Hores	Percentatge
Hores grup mitjà	15,0	24.00
Hores aprenentatge autònom	42,5	68.00
Hores activitats dirigides	5,0	8.00

Dedicació total: 62.5 h

CONTINGUTS

1. Biomass as energy resource

Descripció:

Definition of biomass.
Nature and types of biomass according to their composition.
Sources of biomass.
Biomass utilization for energy purposes.
utilització de la biomassa a escala global i local.
Les polítiques regionals i nacionals de promoció de l'ús de la biomassa.

Objectius específics:

- The student understands the role of biomass as a renewable source of energy in production and service sectors, as well as its importance in the energy chain: processing, transportation, distribution and end-use of energy; and is able to develop value judgments about the opportunities, threats and barriers on biomass utilization.
- The student knows and understands the relevant organizations, major projects at the international level, the main sources of information and regulations related to biomass technologies.

Competències relacionades:

CEMT-1. Entendre, descriure i analitzar, de forma clara i àmplia tota la cadena de conversió energètica, des del seu estat com a font d'energia fins al seu ús com a servei energètic. Identificar, descriure i analitzar la situació i característiques dels diferents recursos energètics i dels usos finals de l'energia, en les seves dimensions econòmica, social i ambiental; i formular judicis valoratius.

Dedicació: 6h

Grup gran/Teoria: 3h

Aprenentatge autònom: 3h

2. Characterization and properties.

Descripció:

Characteristics of biomass as a fuel

- Solids, liquids and gases
- Types of analysis
- Heating value

Objectius específics:

- The student knows and understands the main characteristics of biofuels and methods for determining their properties.
- The student has the knowledge and skills necessary for the determination of the energy characteristics of biofuels.

Activitats vinculades:

1. Exercise on characterization and properties of biofuels.

Competències relacionades:

CEMT-4. Realitzar de forma eficient l'obtenció de dades de recursos renovables d'energia i el seu tractament estadístic, així com aplicar coneixements i criteris de valoració en el disseny i avaluació de solucions tecnològiques per a l'aprofitament de recursos renovables d'energia, tant per a sistemes aïllats com connectats a xarxa. Reconèixer i valorar les aplicacions tecnològiques innovadores en l'àmbit de l'aprofitament dels recursos renovables d'energia.

Dedicació: 3h 30m

Grup gran/Teoria: 0h 30m

Aprenentatge autònom: 3h

3. Energy crops & forestry biomass

Descripció:

- Characteristics.
- Types of crops.
- Forest crops.
- Agricultural species.
- Strategic Projects.
- Policies for their development, and future prospects of energy crops.

Objectius específics:

- The student understands the role of energy crops in the context of the energy system at the global and regional scale, their economic, social and environmental connotations, and the impact of technologies on a local and global context and is able to develop value judgments about the opportunities, threats and barriers on their utilization.
- The student knows the main lines of research in the field of energy crops.

Competències relacionades:

CEMT-4. Realitzar de forma eficient l'obtenció de dades de recursos renovables d'energia i el seu tractament estadístic, així com aplicar coneixements i criteris de valoració en el disseny i avaluació de solucions tecnològiques per a l'aprofitament de recursos renovables d'energia, tant per a sistemes aïllats com connectats a xarxa. Reconèixer i valorar les aplicacions tecnològiques innovadores en l'àmbit de l'aprofitament dels recursos renovables d'energia.

CEMT-1. Entendre, descriure i analitzar, de forma clara i àmplia tota la cadena de conversió energètica, des del seu estat com a font d'energia fins al seu ús com a servei energètic. Identificar, descriure i analitzar la situació i característiques dels diferents recursos energètics i dels usos finals de l'energia, en les seves dimensions econòmica, social i ambiental; i formular judicis valoratius.

Dedicació: 8h

Grup gran/Teoria: 2h

Aprenentatge autònom: 6h

4. Supply chain

Descripció:

- Theory of supply chain, strategic planning and its components.
- Stages of the chain, example of sustainability indicators.
- Configurations: technologies & efficiencies.
- Comparisons between configurations markets.
- Leading companies.

Objectius específics:

- The student understands the components of a biomass supply chain and their main characteristics.
- The student is able to make a preliminary design and analysis of a supply chain

Activitats vinculades:

2. Exercise on designing and planning a supply chain

Competències relacionades:

CEMT-1. Entendre, descriure i analitzar, de forma clara i àmplia tota la cadena de conversió energètica, des del seu estat com a font d'energia fins al seu ús com a servei energètic. Identificar, descriure i analitzar la situació i característiques dels diferents recursos energètics i dels usos finals de l'energia, en les seves dimensions econòmica, social i ambiental; i formular judicis valoratius.

CEMT-5. Aplicar criteris tècnics i econòmics en la selecció de l'equip tèrmic més adequat per a una determinada aplicació. Dimensionar equips i instal·lacions tèrmiques. Reconèixer i valorar les aplicacions tecnològiques innovadores en l'àmbit de la producció, transport, distribució, emmagatzematge i ús de l'energia tèrmica.

Dedicació: 11h

Grup gran/Teoria: 1h

Aprenentatge autònom: 10h

5. The combustion process with electricity and heat production

Descripció:

Fundamentals of combustion.
Heat and power using combustion technologies.
Burners and combustion equipment.
Heating and DHW
Power generation.
Other applications
Thermochemical Basis.
Energy analysis.

Objectius específics:

- The student is able to prepare a pre-feasibility study, related to the use of biomass combustion systems in different industrial and service sectors, by assessing the available resources.
- The student is able to carry out a basic engineering project related to energy supply using biomass combustion technologies.

Activitats vinculades:

3. Exercises on biomass combustion with electric and thermal energy production.

Competències relacionades:

CEMT-5. Aplicar criteris tècnics i econòmics en la selecció de l'equip tèrmic més adequat per a una determinada aplicació. Dimensionar equips i instal·lacions tèrmiques. Reconèixer i valorar les aplicacions tecnològiques innovadores en l'àmbit de la producció, transport, distribució, emmagatzematge i ús de l'energia tèrmica.
CEMT-7. Analitzar el comportament d'equips i instal·lacions en operació per tal d'elaborar un diagnòstic valoratiu sobre el seu règim d'explotació i d'establir mesures dirigides a millorar l'eficiència energètica dels mateixos.

Dedicació: 20h

Grup gran/Teoria: 2h

Aprenentatge autònom: 18h

6. Pyrolysis and gasification processes

Descripció:

Introduction
Opportunities and Future Prospects
Thermochemical principles
Classification of technologies
Electricity production by gasification
Pyrolysis processes

Objectius específics:

- The student is able to prepare a pre-feasibility study, related to the use of biomass gasification systems in different industrial and service sectors, by assessing the available resources.
- The student is able to carry out a basic engineering project related to energy supply using biomass gasification technologies.

Activitats vinculades:

4. Exercises about power generation by biomass gasification.

Competències relacionades:

CEMT-5. Aplicar criteris tècnics i econòmics en la selecció de l'equip tèrmic més adequat per a una determinada aplicació. Dimensionar equips i instal·lacions tèrmiques. Reconèixer i valorar les aplicacions tecnològiques innovadores en l'àmbit de la producció, transport, distribució, emmagatzematge i ús de l'energia tèrmica.
CEMT-7. Analitzar el comportament d'equips i instal·lacions en operació per tal d'elaborar un diagnòstic valoratiu sobre el seu règim d'explotació i d'establir mesures dirigides a millorar l'eficiència energètica dels mateixos.

Dedicació: 14h

Grup gran/Teoria: 2h

Aprenentatge autònom: 12h

7. Waste to energy

Descripció:

Environmental impacts of waste to energy (WTE) conversion plants
Types of feedstock for WTE systems and their characteristics
Waste to energy systems, engineering and technology
Pollution control systems for waste to energy technologies
WTE conversion plants in the framework of Circular Economy Policy

Objectius específics:

- The student is able to analyse and estimate the potential energy recovery from feedstock and the significant benefits that represent their valorisation in waste-to-energy systems.
- The student is able to evaluate a waste-to-energy conversion plant from a sustainable perspective.

Activitats vinculades:

Exercises devoted to estimate: the calorific value of waste-feedstock; the energy production and the emissions generated in waste-to-energy facilities.

Competències relacionades:

CEMT-1. Entendre, descriure i analitzar, de forma clara i àmplia tota la cadena de conversió energètica, des del seu estat com a font d'energia fins al seu ús com a servei energètic. Identificar, descriure i analitzar la situació i característiques dels diferents recursos energètics i dels usos finals de l'energia, en les seves dimensions econòmica, social i ambiental; i formular judicis valoratius.

Dedicació: 7h

Grup gran/Teoria: 2h

Aprenentatge autònom: 5h

8. Legislation and regulatory frameworks

Descripció:

European regulations.
Spanish legislation.

Objectius específics:

- The student knows and understands the environmental connotations of the use of biomass and waste as energy sources and be able to make value judgments.
- The student knows the main regulatory frameworks for the use of biomass and waste as energy sources.

Competències relacionades:

CEMT-1. Entendre, descriure i analitzar, de forma clara i àmplia tota la cadena de conversió energètica, des del seu estat com a font d'energia fins al seu ús com a servei energètic. Identificar, descriure i analitzar la situació i característiques dels diferents recursos energètics i dels usos finals de l'energia, en les seves dimensions econòmica, social i ambiental; i formular judicis valoratius.

Dedicació: 3h

Grup gran/Teoria: 1h

Aprenentatge autònom: 2h

9. Socioeconomic aspects

Descripció:

Social and economic impact.
Value Chain
Business Case Studies

Objectius específics:

- The student knows and understands the role of biomass in the context of the energy system at the global and regional scale, its economic, social and environmental connotations, and the impact of technologies on a local and global context and is able to develop value judgments about the opportunities, threats and barriers on biomass utilization.
- The student knows the policies of promotion of biomass as an energy resource and is able to critically analyse them.

Activitats vinculades:

5. Study visit

Competències relacionades:

CEMT-1. Entendre, descriure i analitzar, de forma clara i àmplia tota la cadena de conversió energètica, des del seu estat com a font d'energia fins al seu ús com a servei energètic. Identificar, descriure i analitzar la situació i característiques dels diferents recursos energètics i dels usos finals de l'energia, en les seves dimensions econòmica, social i ambiental; i formular judicis valoratius.

Dedicació: 9h

Grup gran/Teoria: 1h

Grup mitjà/Pràctiques: 2h

Aprenentatge autònom: 6h

ACTIVITATS

1. Exercises on characterization and properties of biofuels.

Descripció:

Autonomous resolution of exercises about characterization and properties of biofuels

Objectius específics:

To deepen in the theoretical knowledge and its application to solve practical exercises on characterization and properties of biofuels.

Material:

Exercise statement
Bibliographic references and data sources.

Lliurament:

Results report

Competències relacionades:

CEMT-4. Realitzar de forma eficient l'obtenció de dades de recursos renovables d'energia i el seu tractament estadístic, així com aplicar coneixements i criteris de valoració en el disseny i avaluació de solucions tecnològiques per a l'aprofitament de recursos renovables d'energia, tant per a sistemes aïllats com connectats a xarxa. Reconèixer i valorar les aplicacions tecnològiques innovadores en l'àmbit de l'aprofitament dels recursos renovables d'energia.

Dedicació: 4h 30m

Aprenentatge autònom: 2h

Activitats dirigides: 2h

Grup petit/Laboratori: 0h 30m

2. Exercise on designing and planning a supply chain

Descripció:

Group work on an exercise about designing and planning a supply chain (role game)

Objectius específics:

To deepen in the theoretical knowledge and its application to solve practical exercises on supply chains design and planning.

Material:

Exercise statement

Bibliographic references and data sources.

Lliurament:

Results report

Competències relacionades:

CEMT-4. Realitzar de forma eficient l'obtenció de dades de recursos renovables d'energia i el seu tractament estadístic, així com aplicar coneixements i criteris de valoració en el disseny i avaluació de solucions tecnològiques per a l'aprofitament de recursos renovables d'energia, tant per a sistemes aïllats com connectats a xarxa. Reconèixer i valorar les aplicacions tecnològiques innovadores en l'àmbit de l'aprofitament dels recursos renovables d'energia.

Dedicació: 11h

Aprenentatge autònom: 3h

Activitats dirigides: 5h

Grup petit/Laboratori: 3h

3. Exercises on biomass combustion with electric and thermal energy production.

Descripció:

Autonomous resolution of an exercise about biomass combustion with electric and thermal energy production.

Objectius específics:

To deepen in the theoretical knowledge and its application to solve practical exercises on biomass combustion.

Material:

Exercise statement

Bibliographic references and data sources.

Solved examples

Lliurament:

Results report

Competències relacionades:

CEMT-7. Analitzar el comportament d'equips i instal·lacions en operació per tal d'elaborar un diagnòstic valoratiu sobre el seu règim d'explotació i d'establir mesures dirigides a millorar l'eficiència energètica dels mateixos.

CEMT-5. Aplicar criteris tècnics i econòmics en la selecció de l'equip tèrmic més adequat per a una determinada aplicació.

Dimensionar equips i instal·lacions tèrmiques. Reconèixer i valorar les aplicacions tecnològiques innovadores en l'àmbit de la producció, transport, distribució, emmagatzematge i ús de l'energia tèrmica.

Dedicació: 13h

Aprenentatge autònom: 5h

Activitats dirigides: 4h

Grup petit/Laboratori: 4h

4. Exercises about power generation by biomass gasification.

Descripció:

Autonomous resolution of an exercise about power generation by biomass gasification.

Objectius específics:

To deepen in the theoretical knowledge and its application to solve practical exercises on biomass gasification.

Material:

Exercise statement

Bibliographic references and data sources.

Solved examples

Lliurament:

Results report

Competències relacionades:

CEMT-5. Aplicar criteris tècnics i econòmics en la selecció de l'equip tèrmic més adequat per a una determinada aplicació.

Dimensionar equips i instal·lacions tèrmiques. Reconèixer i valorar les aplicacions tecnològiques innovadores en l'àmbit de la producció, transport, distribució, emmagatzematge i ús de l'energia tèrmica.

CEMT-7. Analitzar el comportament d'equips i instal·lacions en operació per tal d'elaborar un diagnòstic valoratiu sobre el seu règim d'explotació i d'establir mesures dirigides a millorar l'eficiència energètica dels mateixos.

Dedicació: 11h

Aprenentatge autònom: 5h

Activitats dirigides: 4h

Grup petit/Laboratori: 2h

5. Study visit

Descripció:

Visit to a biomass related business activity

Objectius específics:

To deepen in the knowledge of biomass related business models.

Lliurament:

Visit report. Main conclusions and takeaways.

Competències relacionades:

CEMT-1. Entendre, descriure i analitzar, de forma clara i àmplia tota la cadena de conversió energètica, des del seu estat com a font d'energia fins al seu ús com a servei energètic. Identificar, descriure i analitzar la situació i característiques dels diferents recursos energètics i dels usos finals de l'energia, en les seves dimensions econòmica, social i ambiental; i formular judicis valoratius.

Dedicació: 2h

Grup petit/Laboratori: 2h

Exam

Descripció:

Written exam

Objectius específics:

Assess the student attainment on the course learning outcomes, as a complement of the practical work done by the student during the semester.

Lliurament:

The answers to the test questions, and the results of the exercises.

Dedicació: 2h

Grup gran/Teoria: 2h

SISTEMA DE QUALIFICACIÓ

35% Prova escrita de control de coneixements (PE)
15% Assistència i participació en classes i laboratoris (AP)
50% Treballs realitzats en forma individual o en grup al llarg del curs (TR)

NORMES PER A LA REALITZACIÓ DE LES PROVES.

Per a la prova escrita de control de coneixements l'estudiant podrà disposar només d'un formulari i una calculadora programable. Les normes específiques dels treballs individuals i en grup es publicaran a la intranet docent.

BIBLIOGRAFIA

Complementària:

- McGowan, Tom. Biomass and alternate fuel systems : an engineering and economic guide [en línia]. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, cop. 2009 Disponible a: <http://lib.mylibrary.com?id=277426>. ISBN 9780470410288.
- BESEL, S.A. (Departamento de Energía). Biomasa: Cultivos energéticos [en línia]. Madrid: IDAE (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía), 2007 [Consulta: 08/06/2014]. Disponible a: http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_10737_Biomasa_cultivos_energeticos_07_4bd9c8e7.pdf.
- Van Loo, Sjaak; Koppejan, Jaap. The handbook of biomass combustion and co-firing. London: Earthscan, cop. 2008. ISBN 9781844072491.
- Knoef, H.A.M. [ed]. Handbook biomass gasification. 2nd ed. Enschede, the Netherlands: BTG Biomass Technology Group, 2012. ISBN 9789081938501.
- Larson, Eric D. Sustainable bioenergy: a framework for decision makers [en línia]. New York: UN-Energy, 2007 [Consulta: 08/06/2014]. Disponible a: <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/010/a1094e/a1094e00.pdf>. ISBN 9789211261271.
- Hildegard Lyko, Görges Deerberg, Eckhard Weidner. "Coupled production in biorefineries - Combined use of biomass as a source of energy, fuels and materials". Journal of Biotechnology [en línia]. 142 (2009) 78-86 [Consulta: 08/02/2018]. Disponible a: <https://www.sciencedirect.com/science/journal/01681656>.

RECURSOS

Altres recursos:

International Energy Agency. Technology Roadmap: Bioenergy for Heat and Power. Release Date: 29 May 2012
http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/2012_Bioenergy_Roadmap_2nd_Edition_WEB.pdf />
The European Technology Platform on Renewable Heating and Cooling (RHC-Platform). Biomass Technology Roadmap. Brussels, 2014
http://www.rhc-platform.org/fileadmin/Publications/Biomass_Technology_Roadmap.pdf />
World Energy Outlook
<http://www.worldenergyoutlook.org/> />
REN21 RENEWABLES 2015. GLOBAL STATUS REPORT. Paris, 2015



http://www.ren21.net/wp-content/uploads/2015/07/REN12-GSR2015_Onlinebook_low1.pdf />